

---

## Procesamiento post-cosecha y carbonización experimental de granos de *Chenopodium berlandieri* ssp. *nuttalliae* cv. (chía roja). Acercamiento a datos actuales con inferencia arqueológica.

---

María Laura López<sup>1</sup> y Emily Seitz McClung Heumann<sup>2</sup>

### Resumen.

El objetivo de este trabajo es generar información que asista al reconocimiento arqueobotánico de las actividades de procesamiento post-cosecha relacionado con el patrón de consumo de chíá roja (*Chenopodium berlandieri* ssp. *nuttalliae* cv. chíá roja) in México Central. Mediante la experimentación se reprodujeron cuatro maneras diferentes de consumir granos pequeños y se procedió a su carbonización controlada en laboratorio. Los granos de chíá roja respondieron diferencialmente a los procesamiento post-cosecha pre-consumo a los que fueron sometidos y la carbonización no modificó los rasgos expuestos. Aunque los aspectos cuantitativos (diámetro y grosor) no son rasgos diagnósticos para utilizar en la inferencia arqueobotánica, los aspectos cualitativos muestran diferencias entre procesamiento que pueden permitir la identificación de las prácticas pre-consumo en niveles arqueológicos.

**Palabras clave:** Chíá roja. México. Procesamiento post-cosecha. Arqueología experimental

### Abstract.

The aim of this paper is to generate information to assist in the archaeobotanical recognition of post-harvest processing activities related with consumption pattern of Red Chia (*Chenopodium berlandieri* ssp. *nuttalliae* cv. chia roja) in the Central Mexico. Through experimentation are reproduced four different ways to consume small grains and then it is controlled laboratory carbonization. Red Chia grains responded differentially to post-harvest pre-consumption processing and the carbonization did not change the characteristics shown. Although quantitative aspects (diameter and thickness) are not diagnostic feature to use in archaeobotanical inference, quantitative aspects show differences among processes that may allow identifying these pre-consumption practices in archaeological levels.

**Keywords:** Red Chia, Mexico, Post-harvest processing, Experimental archaeology

---

<sup>1</sup> CONICET-División Arqueología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Av. 122 y 60, sin número, (1900), La Plata, Argentina. mlopezdepaoli@yahoo.com.ar

<sup>2</sup> Laboratorio de Paleoetnobotánica y Paleoambiente. Instituto de Investigaciones Arqueológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria, (04510), Delegación Coyoacán, Cd. México DF, México. mcclung@unam.mx.

## INTRODUCCIÓN

*Chenopodium berlandieri* es un pseudocereal, cuyos granos son considerados uno de los alimentos más completos nutricionalmente, proveyendo una calidad alimenticia similar al pseudocereal andino *Chenopodium quinoa*. Al igual que la especie sudamericana, *C. berlandieri* está adaptada a suelos salinos, por lo que suele encontrarse en las regiones de los antiguos lagos salobres de la cuenca de México (Barrón-Yáñez *et al.* 2009; García-Andrade *et al.* 2013; De la Cruz *et al.* 2013).

El consumo de este quenopodio ha sido registrado en diversos sitios arqueológicos de México y Estados Unidos de Norteamérica, con dataciones que determinan su manipulación hacia el cuarto milenio Antes del Presente (AP) por grupos forrajeadores y de agricultura incipiente (Gremillion 1993; Smith 2006; Wilson 1981; Wilson y Heiser Jr. 1979; Ford 1981; Fuentes *et al.* 2009; Powell 2000; Riley *et al.* 1990; Smith 2006; Smith y Funk 1985). Principalmente, esta especie ha sido analizada con objetivos a determinar su proceso de domesticación, como así también se ha dado cuenta de su importancia como cultivo pre-maíz (Gordon 2006; Smith 1992). No obstante ello, no ha sido evaluado su procesamiento post-cosecha y/o pre-consumo con fines etnoarqueológicos etnobotánicos (*sensu* Lema 2009).

El objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento de *Chenopodium berlandieri* y al reconocimiento de su procesamiento post-cosecha a nivel arqueológico. Tal como han demostrado numerosos trabajos etnoarqueológicos y experimentales (Capparelli *et al.* 2011; Hillman 1984; Hosoya 2011; Jones 1984; Stika 2011, entre otros), la evaluación de las etapas post-cosecha es una herramienta que ayuda a la posterior interpretación de los restos arqueobotánicos, permitiendo evaluar, entre otros, los modos de consumo y de almacenamiento de granos. Asimismo, la carbonización controlada en laboratorio (Braadbaart 2004; Dezendorf 2013; Märkle y Rösch 2008; Motuzaite-Matuzeviciute *et al.* 2012; Smith y Jones 1990) ha remarcado su importancia para la interpretación del material arqueobotánico que se ha conservado de esta manera a través del tiempo.

Esperamos con este estudio poder acercarnos a la interpretación del consumo de *C. berlandieri* en el pasado, permitiendo distinguir algún tipo de procesamiento post-cosecha realizado.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Características generales de *C. berlandieri* ssp. *nuttalliae*

El género *Chenopodium* (Amaranthaceae) incluye 260 especies, de las cuales algunas son económicamente importantes como grano, vegetal o forraje (Rana *et al.* 2010). Si bien la mayoría es de carácter malezoide o free-living, existen especies domesticadas actualmente cultivadas. *Chenopodium berlandieri* es el principal quenopodio de América del Norte, cuya distribución geográfica se extiende desde Guatemala a Alaska (López 2006). En México, la subespecie domesticada es *C. berlandieri* ssp. *nuttalliae* (Saff.) Wilson & Heiser (Wilson 1981). Con tres cultivares (quelite cenizo, Huauzontle y chía roja) su distribución es principalmente en las tierras altas de México Central, comprendiendo los Estados de Michoacán, Oaxaca, Estado de México, Distrito Federal, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Veracruz y Tamaulipas, aunque su producción está en disminución constante (Carrillo

Ocampo *et al.* 2010; Hunziker 1952; García-Andrade *et al.* 2013; Gordon 2006; López 2006; Simmonds 1965).

*Chenopodium berlandieri* ssp. *nuttalliae* es una planta herbácea de porte erecto con un tallo prominente y anguloso, con estrías y sin axilas pigmentadas. El tallo presenta ramificación y sus ramas salen oblicuamente del tallo principal; el número de ramas primarias oscila entre 32 y 41. Las hojas tienen el borde dentado generalmente de 3 a 12 dientes. Las panojas o inflorescencias son de forma amarantiforme y de panoja compacta (García-Andrade *et al.* 2013).

Un trabajo reciente sobre las características morfológicas de esta subespecie (Carrillo *et al.* 2011), ha reportado leves diferencias entre los tres cultivares que la integran. Si bien los autores mencionan que la forma general del fruto, el diámetro, el grosor, el peso y la características de la superficie del pericarpio no son rasgos diagnósticos para separar entre cultivares, si lo son la forma y el color de la semilla. Por ello consideramos importante describir cada tipo de quenopodio por separado.

El quelite cenizo presenta un diámetro medio de 1,8 mm y espesor medio de 0,8 mm, con márgenes redondeados. La superficie del pericarpio es alveolada-papilosa, con células alargadas radialmente alrededor de las cicatrices estigmáticas y del pedicelo floral, y color blanquecino transparente. El episperma o testa es color castaño muy oscuro y muy brillante, y presenta una superficie fuertemente alveolada.

El huauzontle posee un diámetro medio de 1,7 mm y espesor medio de 0,9 mm. Sus márgenes son truncados. La superficie del pericarpio es alveolada-papilosa con numerosas células notoriamente alargadas en sentido radial alrededor de las cicatrices estigmáticas y del pedicelo floral, y de color castaño a rojizo. El episperma es finamente reticulada-alveolar, y de color pajizo o crema.

Con referencia a chíá roja, ésta presenta un diámetro medio de 2,5 mm y un espesor medio de 1 mm. Sus márgenes son truncadas. El pericarpio se caracteriza por una superficie alveolada con pocas células alargadas en sentido radial cerca y alrededor de las cicatrices estigmáticas y del pedicelo floral. La superficie de la testa presenta pequeñas verrugas y alveolos intercalados, y su color es rojizo.

### **Procesamientos experimentales post-cosecha**

El consumo actual de esta especie domesticada mexicana puede ser dividido en tres modos, dependiendo de la etapa de desarrollo de la planta. En primer lugar encontramos al quelite (denominado quelite cenizo), del cual se consumen las hojas tiernas en las primeras etapas de crecimiento; este cultivar crece a modo de maleza o arvense entre los cultivos, siendo tolerado y fomentado en las parcelas. En segundo lugar existe el huauzontle, del cual se consumen sus inflorescencias; de este cultivar, las semillas están aún inmaduras. Finalmente, el consumo del grano (chía roja); cultivada intencionalmente en la milpa, sus frutos son cosechados y empleados a modo de pseudocereal. La producción y el consumo tradicional de los granos de chíá roja o colorada se efectúa actualmente en el Estado de Michoacán. Si bien se restringe el consumo de los granos de este quenopodio a los ejidos de Opopeo y Santa María Huiramangaro (Michoacán), parece haber constituido parte

importante en la dieta pretérita de la población Tarasca (actuales Purépechas) (López Monroy 2006).

Este trabajo se centra en los granos ya maduros de esta subespecie domesticada. Ejemplares de chíja roja fueron otorgadas por la Dra. Mapes Sánchez del Jardín Botánico (UNAM). Si bien actualmente solo se registra la molienda de los granos para preparar tortillas y “chapatas” (tamales dulces en base a chíja roja y maíz) (García-Andrade *et al.* 2013; Gordon 2006), hemos decidido reproducir otros métodos de procesamiento post-cosecha pre-consumo, similar a las empleadas para otras semillas pequeñas, especialmente *Chenopodium quinoa* (pseudocereal andino con gran semejanza en morfología y calidad nutritiva) (Bruno 2008; López 2012). De esta manera pretendemos obtener rasgos diagnósticos que permitan indagar sobre otras formas de procesar los granos de chíja roja que pudieron existir en el pasado.

Se reprodujeron 4 procesamientos para consumir granos: 1.- remojado en agua durante 24 h; 2.- tostado en sartén sobre fuego lento sin lavado previo de los granos; 3.- tostado en sartén a fuego lento con lavado y frotado previo de los granos y 4.- hervido durante 15 minutos. Si bien algunos pueden requerir un doble procesamiento para su consumo (ej. remojado y hervido), solo reproducimos una sola etapa a modo de análisis incipiente y considerando la posibilidad del descarte accidental de restos a medida que se van procesando los granos. Una vez finalizadas los distintos procesamientos se obtuvieron los rasgos cuali y cuantitativos de 100 granos. Se adicionan las características de aquellos provenientes del almacenamiento a granel a modo de registrar las medidas sin la manipulación del hombre pre-consumo.

Paso siguiente, se procedió a la carbonización experimental. La carbonización de las muestras de almacenamiento a granel y de los distintos procesamientos se realizó en horno-mufla a 350° C por 1 hora. Las muestras fueron expuestas a condiciones reductoras, cubiertas con papel aluminio. Se distribuyeron los 100 granos en grupos de 20. Se dispusieron dentro de la mufla fría y se programó la temperatura. Se retiraron pasadas las 24 h, cuando ya estaban frías. Se realizaron 3 réplicas en iguales condiciones para evaluar las características registradas.

## RESULTADOS

### Procesamientos post-cosecha pre-consumo

#### *1-Granos almacenados a granel:*

Del total de los granos analizados (N=100), se registra que el 98% están enteros, mientras que el 2% están quebrados tras el procesamiento de trilla. De los granos enteros, el 97% se observan bien desarrollados, logrando el diámetro y espesor promedio para esta subespecie, mientras que el 3% restante, son pequeños y chatos, posiblemente inmaduros. El 1% del total inicial de granos almacenados posee cáliz fructífero.

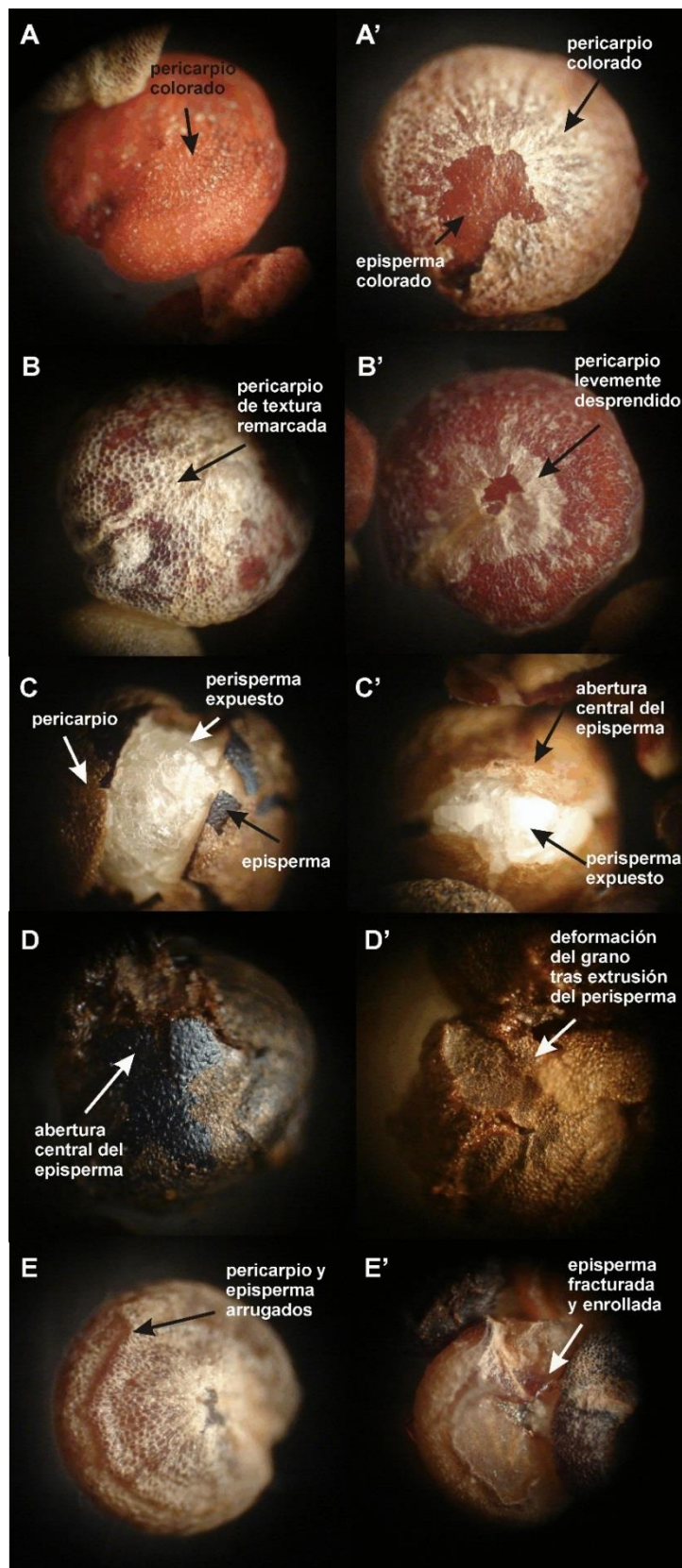


Figura 1. Rasgos en chíya roja sin carbonizar. A-A' Granos en estado de almacenamiento a granel. B-B' Granos remojados 12 horas y posterior secado. C-C' Granos tostados sin lavado previo. D-D' Granos tostados con lavado previo. E-E' Granos hervidos.



De los granos maduros sin cáliz fructífero, el 33% se corresponde con granos de pericarpio rojo o colorado y episperma transparente o traslúcido, y el 67% restante son granos con pericarpio blanco, de los cuales el 98% posee episperma rojo y el 2% episperma negro (Fig. 1: A-A').

Las medidas obtenidas son de un diámetro medio de 1,67 mm y un espesor medio de 0,98 mm (Tabla 1).

Medidas (mm)	Procesamiento post-cosecha de granos									
	Almacenamiento a granel		Remojo de 12hs		Tostado sin lavado		Tostado con lavado		Hervido 15min	
	Diám.	Esp.	Diám.	Esp.	Diám.	Esp.	Diám.	Esp.	Diám.	Esp.
Media	1,65	0,96	1,64	0,94	1,66	1,27	1,83	1,63	1,53	0,77
Mínimo	1,40	0,75	1,30	0,60	1,25	0,70	1,20	0,90	1,15	0,45
Máximo	1,95	1,15	1,90	1,15	2,25	1,90	2,40	2,30	1,90	1,20
Desv. Standard	0,10	0,10	0,13	0,12	0,22	0,30	0,24	0,27	0,15	0,18

Tabla 1. Medidas diametrales y de espesor de los granos de chíja roja en los distintos procesamiento post-cosecha. Diám.=Diámetro; Esp.=Espesor.

## 2-Granos remojados 12 horas y posterior secado:

Los granos con pericarpio rojo o colorado quedaron blanco-transparentes tras la hidratación y la característica reticulada-alveolar del mismo es levemente observada. Los granos con pericarpio blanco continúan con este color pero se observa como un tejido más denso y bien marcada la textura del mismo (Fig. 1 B).

Luego del secado de los granos, éstos se han deshidratado, observándose el plegamiento del pericarpio y testa juntos. Los pericarpios blancos se observan desprendidos en algunos sectores del grano (Fig. 1 B'), mientras que los de pericarpio rojo (ahora transparente) se notaron con mayor adherencia a la testa. Con relación a las medidas de diámetro y espesor base (presentes en los granos almacenados granel) se observa que hay una disminución del 5% del tamaño del grano tras este procesamiento (Tabla 1).

## 3-Granos tostados en sartén sin lavado previo:

El tostado se hizo en sartén sobre fuego directo. El procesamiento no duró más de un minuto. Se dejó sobre fuego hasta que se observara que los granos no extruían el perisperma y adquirieran color café. Se observa el desprendimiento de testas y de pericarpio durante este procesamiento.

El 10% de los granos no posee testa. Del grupos restante (90%), se observan dos características adquiridas: A.- Granos en florcita o pop (43% del total), en los cuales hay abertura del pericarpio y episperma con exposición del perisperma (Fig. 1 C). B.- Granos que mantienen su morfología inicial pero con incitación a la exposición del perisperma (57%); no siempre hay rotura del perisperma y testa. Del segundo grupo, el 17% de los granos no presenta abertura ni exposición del perisperma, mientras que el 83% restante

presenta una leve abertura en su testa incitando a la exposición del tejido reservante. El mismo puede ser mediante abertura lateral (36%) o con abertura central (64%) (Fig. 1 C').

En relación al aspecto cuantitativo, observamos un aumento del 4% en su diámetro y del 39% en su espesor (Tabla 1).

#### *4-Granos tostados en sartén con lavado previo:*

Se comenzó con el lavado de los granos, sumergiéndolos en agua limpia y moviendo los granos a modo de lavado (similar al lavado de otros granos, como quínoa, arroz, lentejas, etc.). Se observa que los pericarpios se destiñeron. Se tostaron en sartén directamente sobre fuego. Al tocar los granos la sartén, éstos parecieron como hervir y se unieron. Al avanzar el tostado, se separaron permitiendo nuevamente la extrusión del perisperma, pero luego algunos se volvieron a unir quedando pegados por el mismo. El tostado siguió hasta que los granos no se saltaron más y obtuvieron color café. El procesamiento no duró más de un minuto. Se observa el desprendimiento de testas y pericarpios, tanto fragmentos como hemisferios enteros.

El 9% de los granos hay escasa o nula presencia de la testa. En el porcentaje restante (91%) de los granos se registra el quiebre del pericarpio y del episperma para exposición del perisperma (Fig. 1 D). El 100% de los granos tostados presenta deformación su morfología (Fig. 1 D').

En cuanto a las medidas, observamos un aumento del 15% en el diámetro y del 84% en su espesor (Tabla 1).

#### *5-Granos hervidos por 15 minutos:*

Se cocinaron los granos de chíá roja por medio del hervido durante 15 minutos, al mismo estilo del arroz y de la quínoa. Durante el hervido se observó que todos los granos se destiñeron, dejando el agua rojiza.

Del total de los granos, se observa que todos (100%) mantienen su pericarpio y testa, sin pérdida de estos tejidos. En general, se observan arrugados al estilo de pasas de uva (Fig. 1 E), algunos tienen testa rota y la misma se presenta enrollada. Cuando se observa el perisperma, se ve gelatinizado.

El 95% de los granos presenta la testa y el pericarpio arrugados, con hundimiento central, destacándose el 5% con testa fracturada y enrollada (Fig. 1 E'). El 5% de los granos restantes presenta arrugas muy leves (casi imperceptibles) o sin arrugas.

Los cambios métricos observados en los granos tras este procesamiento son mínimos, con un aumento del 0,6% del diámetro y una disminución del 3% en su espesor (Tabla 1).

## Carbonización experimental

### *1-Granos almacenados a granel:*

Los granos se abrieron permitiendo la expansión y extrusión del perisperma. Se observa que uno de los hemisferios permanece intacto mientras que el otro es el que se abre a modo de ostra (se hace la distinción porque el hemisferio intacto es el que mantiene el cotiledón). Hay rotura del pericarpio y testa para exponer el perisperma. El pericarpio se mantiene tras la carbonización y adherido a la testa. Hay exposición del perisperma esponjoso brillante y un tanto de aspecto estrellado, con adherencia de algunos granos, los cuales pueden ser medidos porque conservan su diámetro. Del total de los granos carbonizados (N=100), han sobrevivido 65 con posibilidades de ser analizados. De éstos se observan: A.- granos con abertura lateral o central sin deformidad del diámetro (83%) (Fig. 2 A); B.- granos con abertura lateral y deformación del diámetro por abertura entre embrión y radícula (9%); C.- granos con abertura central y exposición del perisperma en ambos hemisferios (3%) (Fig. 2 A'); D.- granos que solo conservan el embrión anular y la testa de uno de los hemisferios, adheridos al perisperma expuesto (5%).

### *2-Granos remojados 12 horas y posterior secado:*

Del total de granos carbonizados bajo este procesamiento pre-consumo (N=100), sobrevivieron el 100%. Los granos se presentan con abertura de la testa y pericarpio pero sin extrusión del perisperma (Fig. 2 B). En muchos casos se observa la testa fracturada y con leves plegamientos sin ser enrollamiento (Fig. 2 B').

### *3-Granos tostados en sartén sin lavado previo:*

Tras la carbonización se recuperó el 67% de los granos (del total de N=100). Se observa masa perispermática de aspecto esponjoso y brillante. Se recuperaron testas sueltas, tanto fragmentos como enteras (un hemisferio del grano). De los granos sobrevivientes analizados, pueden dividirse en tres grupos: A.- Granos con exposición leve del perisperma esponjoso, tanto central como lateral. El pericarpio y la testa están fracturados para la expansión del perisperma pero se mantienen adheridos. Mantienen su morfología (Fig. 2 C); B.- Granos con exposición del perisperma de ambos hemisferios, con rotura de testa para la extrusión del tejido reservante. No hay modificación del diámetro (Fig. 2 C'); y C.- Granos con deformación total del diámetro y del espesor, exposición del perisperma esponjoso tras fractura total del pericarpio y testa, que se mantienen adheridos.

### *4-Granos tostados en sartén con lavado previo:*

Se observa destrucción de la morfología de la mayoría granos tras la carbonización, sobreviviendo el 39% del total carbonizado (N=100). Hay exposición solo del perisperma de aspecto esponjoso y brillante con testas y embriones anulares unidos a la masa perispermática (Fig. 2 D). Asimismo, se observan testas sueltas, algunos con rastros de pericarpio adherido. Se observan granos sin testa, revelando una superficie de aspecto porosa. Los granos que quedaron morfológicamente visibles, exponen el perisperma lateralmente, revelando la abertura de la testa.



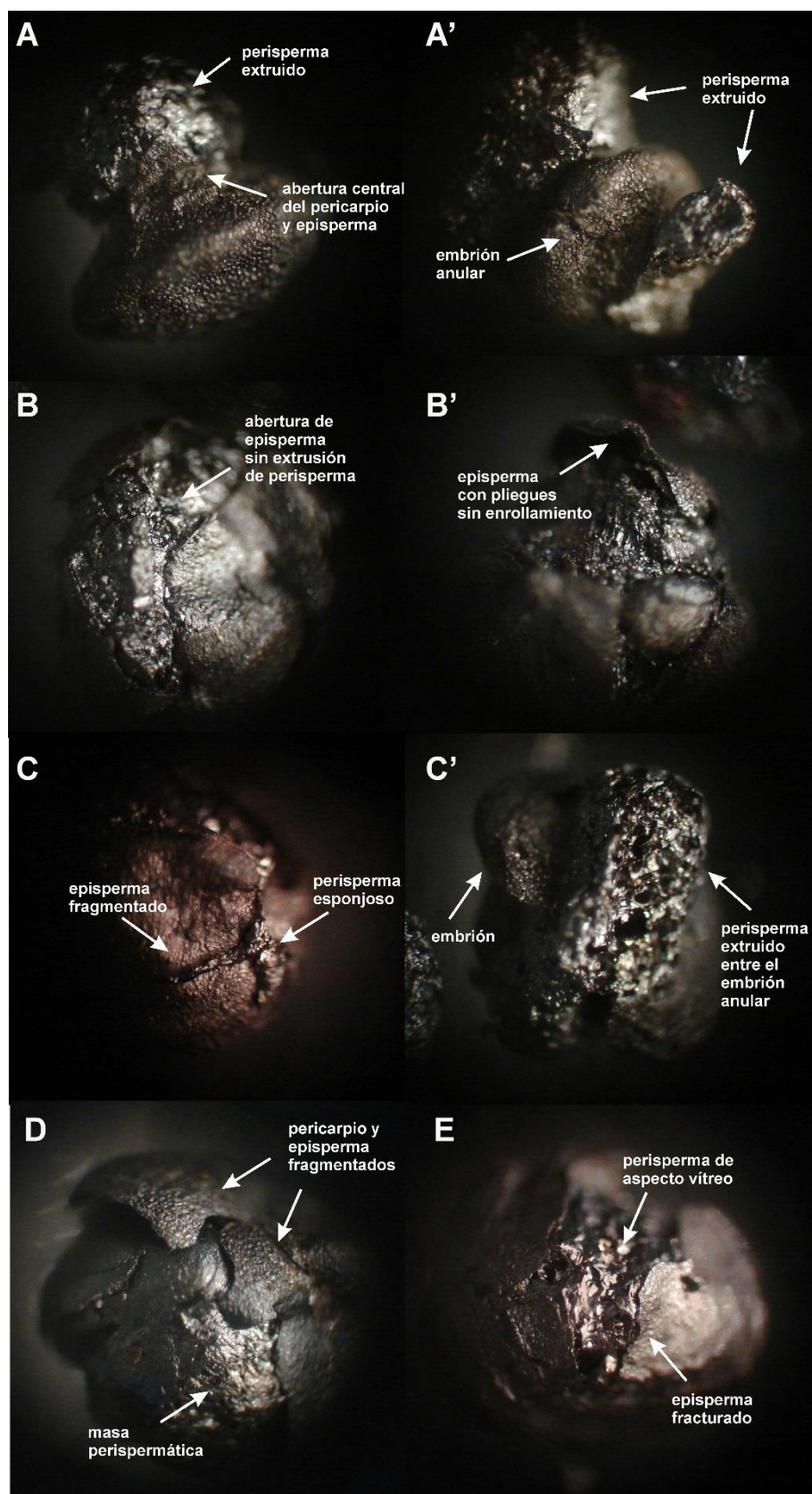


Figura 2. Rasgos en chíja roja carbonizada. A-A' Granos en estado de almacenamiento a granel. B-B' Granos remojados 12 horas y posterior secado. C-C' Granos tostados sin lavado previo. D Granos tostados con lavado previo. E Granos hervidos.

### *5-Granos hervidos por 15 minutos:*

El total de granos (N=100) sobrevivieron a la carbonización. Estos quedaron intactos en morfología, con poca o nula extrusión del perisperma. En aquellos granos donde se incita la expansión del tejido perispermático, es solo un proceso interno. La testa está quebrada junto al pericarpio adherido, la cual se desprende del grano a modo de láminas. El perisperma se observa brillante y de fractura vítrea, posiblemente por su gelatinización por el hervido previo (Fig. 2 E).

### **Réplicas de carbonización experimental**

Tras las características detalladas, que luego serán evaluadas con el objetivo de determinar si existen diferencias entre procesamientos pre-consumo (ver Discusión), se realizaron 3 réplicas de la carbonización. Las mismas se llevaron a cabo con grupos de 20 granos por cada procesamiento post-cosecha a iguales condiciones ya descritas. El objetivo es evaluar las modificaciones en diámetro y espesor tras la carbonización, a la vez de confirmar las características cualitativas ya detalladas.

Los resultados obtenidos remarcan los rasgos cualitativos descritos. A su vez, observamos que la posición de los granos dentro de la mufla es la que determinó la destrucción o no de cada ejemplar. Estas muestras de réplica estuvieron sobre el piso de la mufla y sobrevivieron el 100% tras la carbonización, diferente a la carbonización inicial donde hay muestras que sobrevivió solo un porcentaje, posiblemente debido a que recibieron el calor de forma diferente por encontrarse elevadas del piso de la mufla.

Los rasgos cuantitativos de la carbonización se muestran en la Tabla 2. Observamos que no hay claras diferencias entre las medidas de diámetro y espesor de los procesamientos post-cosecha. Así como también hay respuestas disímiles entre réplicas de un mismo procesamiento que no permiten determinar de manera concreta los cambios morfológicos tras los efectos de la carbonización. Hay reducciones y aumentos en distintos porcentajes. No hay un patrón diagnóstico de carácter cuantitativo.

Réplicas de carboniz.	Almacenamiento a granel				Remojo 12hs				Tostado sin lavar				Tostado con lavado				Hervido 15 min			
	M.S.		Medidas (mm)		M.S.		Medidas (mm)		M.S.		Medidas (mm)		M.S.		Medidas (mm)		M.S.		Medidas (mm)	
			M.C.				M.C.				M.C.				M.C.				M.C.	
	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E
1º	1,69	0,99	<b>1,84</b> <b>(+8,87)</b>	<b>1,69</b> <b>(+60,61)</b>	1,60	0,96	<b>1,59</b> <b>(-0,62)</b>	<b>1,43</b> <b>(+48,63)</b>	1,84	1,60	<b>1,90</b> <b>(+3,26)</b>	<b>1,70</b> <b>(+6,25)</b>	1,90	1,77	<b>1,78</b> <b>(-6,32)</b>	<b>1,61</b> <b>(-9,04)</b>	1,71	1,01	<b>1,70</b> <b>(-0,58)</b>	<b>1,51</b> <b>(+49,50)</b>
2º	1,65	1,01	<b>1,66</b> <b>(+0,60)</b>	<b>1,47</b> <b>(+45,54)</b>	1,57	0,91	<b>1,54</b> <b>(-1,91)</b>	<b>1,36</b> <b>(+49,45)</b>	1,73	1,31	<b>1,68</b> <b>(+24,43)</b>	<b>1,63</b> <b>(+24,43)</b>	1,89	1,80	<b>1,67</b> <b>(-11,64)</b>	<b>1,56</b> <b>(-13,33)</b>	1,62	0,92	<b>1,57</b> <b>(-3,08)</b>	<b>1,27</b> <b>(+38,04)</b>
3º	1,66	0,95	<b>1,68</b> <b>(+1,20)</b>	<b>1,42</b> <b>(+48,45)</b>	1,63	0,94	<b>1,51</b> <b>(-0,07)</b>	<b>1,35</b> <b>(+43,62)</b>	1,64	1,18	<b>1,63</b> <b>(-0,61)</b>	<b>1,31</b> <b>(+11,02)</b>	1,97	1,82	<b>1,73</b> <b>(-12,18)</b>	<b>1,54</b> <b>(-15,38)</b>	1,70	0,94	<b>1,71</b> <b>(+0,59)</b>	<b>1,37</b> <b>(+45,74)</b>

Tabla 2. Medidas de los granos de chía roja tras la carbonización de las muestras en sus distintos procesamiento post-cosecha. Datos de diámetro medio y espesor medio con porcentajes de aumento o disminución en sus medidas al carbonizarse. M.S.=Material Seco; M.C.=Material Carbonizado; D=Diámetro; E=Espesor.

## DISCUSIÓN

Las experimentaciones realizadas, tanto con los distintos procesamiento post-cosecha pre-consumo y sus carbonizaciones posteriores, han dado cuenta de rasgos diagnósticos que pueden ser observados en el material arqueobotánico. La importancia de evaluar los procesamiento post-cosecha de las plantas para la interpretación arqueológica del consumo rutinario y excepcional de alimentos ya ha sido explícito en varios trabajos (ver Capparelli *et al.* 2011; Hillman 1973, 1981, 1984; Jones 1984, 1987). Asimismo, los estudios experimentales y etnoarqueológicos de los efectos del procesamiento post-cosecha de una especie alimenticia en particular han permitido avanzar en el reconocimiento de prácticas tradicionales en el material arqueobotánico (Capparelli 2008; Capparelli y Lema 2011; Marinova *et al.* 2011; Valamoti 2011). No obstante ello, como mencionamos anteriormente, la réplica de procesamiento comunes a granos pequeños para su consumo son de utilidad para avanzar sobre el material arqueológico, aun cuando el registro actual de manipulación de estos granos difiere. Es el caso de nuestro material de estudio, *C. berlandieri* ssp. *nuttalliae*, cuyas evidencias etnobotánicas demuestran una constante pérdida de utilización alimenticia de este quenopodio por parte de las poblaciones nativas.

Los rasgos morfológicos registrados en cada procesamiento post-cosecha pre-consumo han demostrado ser diagnósticos. El almacenamiento a granel presenta los rasgos de limpieza de la trilla final, ya que hay un porcentaje muy bajo de presencia de cáliz fructífero en la muestra y sin otras estructuras pequeñas que indiquen falta de limpieza (ej. Tallitos de la infrutescencia y hojas pequeñas), además de corresponder principalmente a granos maduros. La cosecha y trilla de chíja roja (*C. Mapes* com. pers.) es similar a la realizada con quínoa (López y Capparelli 2010), no obstante ello, observamos que los granos inmaduros, aun en un bajo porcentaje, persisten luego de la trilla. La presencia de granos quebrados puede deberse al efecto del golpeado de la panoja para el desgranado, también diferente a la quínoa. Consideramos que al no realizarse el venteado final, quedan en la muestra almacenada aquellos granos que no son deseados por los productores del quenopodio andino. Este caso refleja una limpieza poco minuciosa, donde si bien se eliminan semillas de malezas y otras partículas no deseadas a lo largo de la trilla (Stevens 2003), hay restos que persisten y deben considerarse si se trabajará con *C. berlandieri* ssp. *nuttalliae* a nivel arqueológico, ya que las asociaciones de macrorrestos pueden confundir al momento de interpretar el estado de limpieza de dicho pseudocereal.

Se observa un cambio morfo-métrico en los granos luego de su hidratación por 24 horas y posterior secado. No solo las características del pericarpio cambian (decoloración y plegamiento de pericarpio y testa) sino también la disminución de su diámetro y espesor, que aun siendo del 5% determina una medida media diferente al grano almacenado. Es importante este registro para no considerar que a nivel arqueológico una semilla más pequeña que la actual pueda corresponder a semillas en otro estado de domesticación o ancestro al quenopodio actual. Este tema ha sido abordado por Motuzaite-Matuzeviciute *et al.* (2012) quienes demostraron con la especie *Panicum miliaceum* las diferentes medidas de los granos durante el desarrollo del mismo y su posterior carbonización. Ellos dieron cuenta de medidas diferentes y que perfectamente pueden ser representados arqueológicamente. En nuestro caso, observamos que dependiendo del procesamiento post-cosecha pre-consumo

(principalmente la hidratación y secado) efectuado pueden surgir medidas más pequeñas a las establecidas en el grano domesticado actual, aún sin considerar aquellos inmaduros o de pequeño tamaño por su posición en la panoja.

Los granos procesados por tostado han respondido al calor no solo exponiendo el perisperma (granos en florcita o pop) como sucede con otros granos almidonosos (maíz reventón o pisingallo) sino también desprendiendo la testa del resto de la semilla. Es importante remarcar que reaccionó diferente a la quínoa domesticada cuando es tostada para su desaponificación (López *et al.* 2011), donde los granos solo desprenden el pericarpio sin extruir perisperma, pero similar a su contraparte malezoide (*C. quinoa* var. *melanospermum* —ajara o quínoa negra) (Capparelli *et al.* 2013). El tostado se realizó de igual manera que la quínoa pero se alcanzó un color amarronado más elevado. No obstante ello, los granos empezaron a reventar desde el momento que tocaron el sartén. Consideramos que esta reacción diferente de ambos quenopodios se debe a las propias características de los mismos, principalmente del grosor de su testa —chía roja entre 2-20  $\mu\text{m}$  y quínoa de 1,25-3,75  $\mu\text{m}$  (Bruno y Whitehead 2003)—, aunque se hubiese esperado una reacción a la inversa (testa gruesa sin romperse y extruir perisperma, testa fina más probable de romperse y extruir perisperma). Sin embargo, es probable que la causa del desprendimiento de testa en fragmentos o entera se deba al grosor que presentan sin una fácil rotura de las células que lo componen. La reacción obtenida con la ajara —cuya testa mide entre 22 y 51  $\mu\text{m}$  (Bruno y Whitehead 2003) — es similar al chia roja, desprendiendo las testas enteras ante el contacto con el fuego de sartén.

Observamos que en ambos modos de tostado (con y sin lavado previo de los granos), si bien las características cualitativas son iguales, los cambios en las medidas diametrales y de espesor son diferentes. En ambos hay aumento de las medidas pero a diferentes porcentajes. Aquellos que fueron lavados previamente aumentaron más del doble en porcentaje que aquellos que no habían sido lavados. Posiblemente una leve y rápida hidratación de los tejidos provocó una fácil expansión de los mismos, pero este es un aspecto que debe indagarse con mayor profundidad para obtener un dato concreto posible de evaluar o no en el material arqueobotánico.

En relación a los granos hervidos, éstos evidencian en primer lugar la gelatinización del almidón del perisperma. Sin embargo, es interesante observar la diferencia presente en los granos de Chia roja con respecto a la quínoa. Mientras este último quenopodio se deshace por el hervido, evidenciando principalmente una masa amorfa de perisperma gelatinizado (López *et al.* 2012), la chia roja se mantuvo intacta en morfología. El perisperma gelatinizado se observa en aquellos granos que presentan la abertura de la testa, pero cada grano puede ser individualizado. Si bien no hay cambios significativos en sus medidas diametrales y de espesor ni deformaciones morfológicas como puede suceder con otros granos como la quínoa, sus rasgos diagnósticos (perisperma gelatinizado y testa arrugada) permiten fácilmente identificar este procesamiento en granos secos. La gelatinización del almidón es una característica común cuando los granos de almidón entran en contacto con agua a más de 60° C. Ésta es registrada en material actual y distinguible a nivel arqueológico (Babot 2007; Hillman 1984; López *et al.* 2011; Valamoti 2002). Nuestro caso no es la excepción, y dadas las características en el material actual que presentamos consideramos que posee visibilidad arqueológica al momento de analizar el material arqueobotánico bajo los parámetros de procesamiento post-cosecha pre-consumo.



Con referencia a la carbonización de granos después de cada procesamiento, se presentan rasgos que por sí solos pueden o no ser considerados diagnósticos. Trabajos realizados sobre otras especies vegetales de origen europeo (Hillman 1984; Valamoti 2002), han dado cuenta de la identificación del procesamiento por hervido tras la presencia de superficies suaves y brillosas en el material carbonizado, tal como se observa en chíá roja tras el hervido de granos por 15 minutos. Asimismo, la nula extrusión del perisperma y la ausencia de fragmentación de la testa y pericarpio en granos hervidos, con la ausencia de deformación morfológica del grano, ayuda a la identificación de este procesamiento en el quenopodio mexicano.

El resto de los procesamientos post-cosecha no presentan rasgos diagnósticos más allá de los expuestos tras los procesamientos pre-consumo y que se conservan luego de la carbonización. Un caso llamativo es la pérdida de testa. Los granos tostados demuestran que la testa se desprende durante el procesamiento, y la carbonización de todas las muestras evidencia que la testa persiste aun quebrándose para extruir el perisperma. Esto conduce a sostener que al momento del análisis arqueobotánico de chíá roja, la presencia conjunta de granos sin testa y testas sueltas carbonizadas puede ser indicio del tostado de los granos para su consumo. Por su parte, la extrusión del perisperma esponjoso es una cualidad casi constante (a excepción de los granos hervidos) al igual que las modificaciones métricas de los granos.

Las medidas diametrales y de espesor han demostrado no ser diagnósticas. Esto se debe a las modificaciones en diferentes grados de los granos en los mismos procesamientos durante las réplicas realizadas. Si bien se observan que algunos procesamientos se diferencian por aumentos o reducciones en el diámetro medio y en el espesor medio, no podemos asegurar la reacción de los granos tras la carbonización.

Un caso a destacar es la respuesta diferencial entre los granos tostados con y sin lavado previo, tanto en el diámetro como en el espesor. Aquellos con lavado previo reflejan una disminución en su diámetro a más del doble del porcentaje observado en los granos sin lavado. Esta respuesta puede ser similar a la observada por Stika (2011) en los granos de malta, quien demostró que los granos húmedos aumentaron en tamaño a más del doble de sus medidas originales. Sin embargo, si recabamos en el espesor adquirido por la chíá roja, observamos dos respuestas diferenciales: 1.- los granos sin lavado previo aumentaron su espesor, y 2.- los granos con lavado previo redujeron su espesor; en ambos casos los porcentajes de aumento y reducción son similares.

## CONCLUSION

En el presente trabajo hemos demostrado que los granos de *Chenopodium berlandieri* ssp. *nutalliae* cv. Chíá roja, responde diferencialmente a los procesamientos post-cosecha pre-consumo a los que fueron sometidos. Si bien los rasgos métricos (diámetro y espesor) no poseen diferencias tales para ser diagnósticos al momento de utilizarlos como muestras de referencia, si lo son los rasgos cualitativos de los mismos. Con ellos, las distintas prácticas pre-consumo reflejan características que pueden ser inferidas a nivel arqueológico.

Asimismo, la carbonización de los granos presenta rasgos que no son diferenciables de cada procesamiento, a excepción del hervido, ya que la gelatinización de los gránulos de almidón genera cualidades únicas. Es interesante a su vez observar que la supervivencia diferencial de los granos está más relacionada con la menor o mayor exposición al calor que con el procesamiento pre-consumo al que fue sometido. Esto nos da pautas interesantes al momento de recuperar los macrorrestos en los sitios arqueológicos, ya que no nos enfrentaríamos al sesgo de prácticas causado por falta de visualización de material arqueobotánico.

Consideramos que este trabajo es un punto inicial al análisis post-cosecha de este quenopodio mexicano. Debemos realizar más experimentaciones enfocadas en los otros dos cultivares, también comestibles en el actualidad como en el pasado. Son trabajos futuros que ayudaran a comprender el consumo de este pequeño pseudocereal por las sociedades pretéritas.

### Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias a la beca otorgada por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) en el Programa de Financiación Parcial para Estadías en el Exterior para becarios post-doctorales. Agradecemos a la Dra. C. Mapes Sánchez por brindar material de referencia e información etnobotánica sobre las prácticas post-cosecha de chíá roja.

### BIBLIOGRAFÍA

- BABOT, M. del P. (2007): "Granos de almidón en contextos arqueológicos: posibilidades y perspectivas a partir de casos del noroeste argentino". En B. MARCONETTO, P. BABOT y N. OLISZEWSKI, (comps.): *Paleobotánica del Cono Sur: estudios de caso y propuestas metodológicas*. Ferreyra ediciones, Córdoba: 95-125.
- BARRÓN-YÁNEZ, M.R.; VILLANUEVA, C.; GARCÍA, M.R. y COLINAS, M.T. (2009): "Valor nutritivo y contenido de saponinas en germinados de huauzontle (*Chenopodium nuttalliae* Saff.), calabacita (*Cucurbita pepo* L.), canola (*Brassica napus* L.) y amaranto (*Amaranthus leucocarpus* S. Watson syn. *Hypochondriacus* L.)". *Revista Chapingo, Serie horticultura*, 15(3):237-243. México.
- BRAADBAART, F. (2004): *Carbonization of peas and wheat –a window into the past. A laboratory study*. Tesis doctoral. Facultad de Matemáticas, Ciencias Exactas, Naturales y Medicina. Universidad de Leiden. Holanda.
- BRUNO, M.C. (2008): *Waranq waranqa: ethnobotanical perspectives on agricultural. Intensification in the Lake Titicaca basin (Taraco peninsula, Bolivia)*. Unpublished PhD Dissertation, University of Missouri, Missouri.
- BRUNO, M.C. y WHITEHEAD W.T. (2003): "Chenopodium Cultivation and Formative Period Agriculture at Chiripa, Bolivia". *Latin American Antiquity* 14(3):339-355.
- CAPPARELLI, A. (2008): "Caracterización cuantitativa de productos intermedios y residuos derivados de alimentos de algarrobo (*Prosopis flexuosa* DC y *P. chilensis*

- (Mol.) Stuntz, Fabaceae): aproximación experimental aplicada a restos arqueobotánicos desecados”. *Darwiniana* 46(2):175-200.
- CAPPARELLI, A. y LEMA V. (2011): “Recognition of post-harvest processing of algarrobo (*Prosopis* spp.) as food from two site of Northwestern Argentina: an ethnobotanical and experimental approach for desiccated macroremains”. *Archaeological and Anthropological Science* 3:71-92.
- CAPPARELLI, A.; VALAMOTI, S.M. y WOLLSTONECROFT M.M. (2011): “After the harvest: investigating the role of food processing in past human societies”. *Archaeological and Anthropological Science* 3:1-5.
- CAPPARELLI, A.; POCHETTINO, M.L.; LEMA, V.; LÓPEZ, M.L.; ANDREONI, D.; CIAMPAGNA, M.L. y LLANO C. (2013): “The contribution of ethnobotany to the interpretation of macroremains: a qualitative step in the history of archaeobotany in Argentina”. *Trabajo presentado en 16<sup>th</sup> International Work Group for Palaeoethnobotany*. 17-22 June 2013, Greece.
- CARRILLO, A.; CEDILLO, E.; MAPES, C.; DE LA CRUZ, E.; GARCÍA-ANDRADE, J.M. y CUEVAS J.A. (2010): *La Chía colorada (Chenopodium berlandieri ssp. nuttalliae cv. Chía roja) Un cultivo prehispánico, ¿en peligro de extinción?*. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- CARRILLO, A.; MÁRQUEZ, J. y ENGLEMAN E.M. (2011): “Chía roja, huazontle y quelite cenizo, tres quenopodios comestibles de los mexicanos”. En L.M. MERA; D. CASTRO y R. BYE BOETTLER (comps.): *Especies vegetales poco valoradas: una alternativa para la seguridad alimentaria*. UNAM-SNICS-SINAREFI, México: 179-190.
- DE LA CRUZ, E.; PALOMINO, G.; GARCÍA-ANDRADE, J.M.; MAPES, C.; GONZÁLEZ, J.; FALCÓN, T. y VÁZQUEZ, O. (2013): “The Genus *Chenopodium*: A potential Food Source”. En S.M. JAIN y S. DUTTA GUPTA (eds.): *Biotechnology of Neglected and Underutilized Crops*. Springer Science+Business Media, Dordrecht: Capítulo 1:1-29.
- FORD, R. (1981): “Gardening and farming before A.D. 1000: Patterns of prehistoric cultivation North of Mexico”. *Journal of Ethnobiology* 1(1):6-27.
- FUENTES, F.F.; MAUGHAN, P-J. y JELLEN E.R. (2009): “Diversidad genética y recursos genéticos para el mejoramiento de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)”. *Revista Geográfica de Valparaíso* 42:20-33.
- GARCÍA-ANDRADE, J.M.; DE LA CRUZ, E. y MAPES C. (2013): “Cultivos de chías *Chenopodium* y *Amaranthus* en la meseta purhépecha conservando el germoplasma y promoviendo la sustentabilidad”. *Agricultura sostenible* 5. Sociedad Mexicana de Agricultura sostenible. Accesible en: [http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs\\_libros/agriculturasostenible5/5\\_1/17.pdf](http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs_libros/agriculturasostenible5/5_1/17.pdf)
- GORDON, A. (2006): *Domesticated Chenopodium in North America. Comparing the Past and the Present*. PhD dissertation. Department of Anthropology, Washington University. Missouri.
- GREMILLION, K.J. (1993): “Crop and weed in prehistoric Eastern North America: the *Chenopodium* example”. *American Antiquity* 58(3):496-509.
- HILLMAN, G.C. (1973): “Crop husbandry and food production: modern models for the interpretation of plant remains”. *Anatolian Studies* 23:241-244
- HILLMAN, G.C. (1981): “Reconstructing crop husbandry practices from charred remains of crops”. En R. MERCER (ed.): *Farming practice in British prehistory* Edinburgh University Press, Edinburgh: 123-162.

- HILLMAN, G.C. (1984): "Interpretation of archaeological plant remains: the application of ethnographic models from Turkey". En W. VAN ZEIST y W. CASPARIE (eds.): *Plant and ancient man. Studies in palaeoethnobotany*. A. Balkema, Rotterdam: 1-41.
- HOSOYA, L.A. (2011): "Staple or famine food?: ethnographic and archaeological approaches to nut processing in East Asian prehistory". *Archaeological and Anthropological Science* 3:7-17.
- HUNZIKER, A.T. (1952): *Los pseudocereales de la agricultura indígena de América*. Universidad Nacional de Córdoba. Buenos Aires.
- JONES, G. (1984): "Interpretation of archaeological plant remains: ethnographic models from Greece". En W. VAN ZEIST y W. CASPARIE (eds.): *Plants and ancient man*. A Balkema, Rotterdam: 43-61.
- JONES, G. (1987): "A statistical approach to the archaeological identification of crop processing". *Journal of Archaeological Science* 14:311-323.
- MARINOVA, E.; VAN DER VALK, J.M.A.; VALAMOTI, S.M. y BRETSCHNEIDER J. (2011): "An experimental approach for tracing olive processing residues in the archaeobotanical record, with preliminary examples from Tell Tweini, Syria". *Vegetation History and Archaeobotany* 20:471-478.
- MÄRKLE, M. y RÖSCH, M. (2008): "Experiments on the effects of carbonization on some cultivated plant seeds". *Vegetation History and Archaeobotany* 17(Suppl. 1):S257-S263.
- MOTUZAITE-MATUZEVICIUTE, G.; HUNT, H.V. y JONES, M.K. (2012): "Experimental approaches to understanding variation in grain size in *Panicum miliaceum* (broomcorn millet) and its relevance for interpreting archaeobotanical assemblages". *Vegetation History and Archaeobotany* 21:69-77.
- LEMA, V. (2009): *Domesticación vegetal y grados de dependencia ser humano-planta en el desarrollo cultural prehispánico del noroeste argentino*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad de La Plata, Argentina.
- LÓPEZ, M.L. (2012): *Estudio de macro y micro restos de quinoa de contextos arqueológicos del último milenio en dos regiones circumpuneñas*. Tesis Doctoral, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- LÓPEZ, M. L. y CAPPARELLI, A. (2010): "La producción actual de quinoa (*Chenopodium quinoa* W.). Datos de inferencia etnoarqueológica para identificar parcelas arqueológicas". *Revista de Arqueología Americana* 28:83-105.
- LÓPEZ, M. L.; CAPPARELLI, A. y NIELSEN, N. (2011): "Traditional post-harvest processing to make quinoa grains (*Chenopodium quinoa* var. *quinoa*) apt for consumption in Northern Lipez (Potosí, Bolivia): Ethnoarchaeological and archaeobotanical analyses". *Journal of Archaeological and Anthropological Science* 3 (1):49-70.
- LÓPEZ, M.L.; CAPPARELLI, A. y NIELSEN, A. (2012): "Procesamiento pre-consumo de granos de quinoa (*Chenopodium quinoa* – *Chenopodiaceae*) en momentos prehispánicos tardíos en el Norte de Lipez (Potosí, Bolivia)". *Darwiniana* 50(2):187-206.
- LÓPEZ, A. (2006): *Estudios de los recursos genéticos de los pseudocereales chíia roja (*Chenopodium berlandieri* ssp. *nuttalliae*) y amaranto (*Amaranthus* spp.) en los ejidos de Opopeo y Santa María Huiramangaro, Michoacán*. Tesis de grado. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México.

- POWELL, G.S. (2000): "Charred, non-maize seed concentrations in the American bottom area: Example from the Westpark site (11-MO-96), Monroe County, Illinois". *Midcontinental Journal of Archaeology* 25(1):27-48.
- RANA, T.S.; NARZARY, D. y OHRI, D. (2010): "Genetic diversity and relationships among some wild and cultivated species of *Chenopodium* L. (Amaranthaceae) using RAPD and DAMD methods". *Current Science* 98(6):840-846.
- RILEY, T.J.; EDGING, R. y ROSSEN, J. (1990): "Cultigens in Prehistoric Eastern North America: Changing Paradigms". *Current Anthropology* 31(5):525-541.
- SIMMONDS, N.W. (1965): "The grain Chenopods of the Tropical American Highlands". *Economic Botany* 19:223-235.
- SMITH, B.D. (1992): *Rivers of Change. Essays on Early Agriculture in Eastern North America*. Smithsonian Institution Press. Washington and London.
- SMITH, B.D. (2006): "Eastern North America as an independent center of plant domestication". *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 103(33):12223-12228.
- SMITH, B.D. y FUNK, V. (1985): "A newly described subfossil cultivar of *Chenopodium* (Chenopodiaceae)". *Phytologia* 57:584-587.
- STEVENS, C.J. (2003): "An Investigation of Agricultural Consumption and Production Models for Prehistoric and Roman Britain". *Environmental Archaeology* 8:61-76.
- STIKA, H-P. (2011): "Early Iron Age and Late Mediaeval malt finds from Germany – attempts at reconstruction of early Celtic brewing and the taste of Celtic beer". *Archaeological and Anthropological Science* 3(1):41-48.
- VALAMOTI, S.M. (2002): "Food remains from Bronze Age Archondiko and Mesimeriani Toumba in northern Greece?" *Vegetation History and Archaeobotany* 11:17-22.
- VALAMOTI, S.M. (2011): "Ground cereal food preparations from Greece: the prehistory and modern survival of traditional Mediterranean "fast food". *Archaeological and Anthropological Science* 3:19-39.
- WILSON, H. (1981): "Domesticated *Chenopodium* of the Ozark Bluff Dwellers". *Economic Botany* 35(2):233-239.
- WILSON, H.D. y HEISER Jr., C.B. (1979): "The origin and evolutionary relationships of "Huauzontle" (*Chenopodium nuttalliae* Safford), domesticated chenopod of Mexico". *American Journal of Botany* 66(2):198-206.
-