

## Variabilidad Fenotípica en Maíz (*Zea Mays*) del Sitio de Caserones- I, Región de Tarapacá

*Phenotypic Variability in Maize (Zea Mays) from Caserones-I, Tarapacá Region, Northern Chile.*

Alejandra Vidal-Elgueta<sup>i</sup>, Erika Salazar<sup>ii</sup>, Luis Felipe Hinojosa<sup>iii</sup>, Mauricio Uribe<sup>iv</sup> y Sergio Flores<sup>iv</sup>.

### RESUMEN

En este artículo se analiza la variabilidad fenotípica del maíz en el sitio Caserones-I, comparando siete caracteres entre ejemplares pertenecientes a dos períodos: Formativo e Intermedio Tardío (cal. 20-1.020 d.C.). Considerando la antigua relación entre esta especie y diversos grupos humanos en América (ca. 7.500 AP), así como la tendencia generalizada a la disminución de la variabilidad genética como resultado de los procesos de selección y domesticación, es que aquí ponemos a prueba la hipótesis de disminución de la variabilidad fenotípica desde el Formativo al Período Intermedio Tardío como consecuencia del manejo antrópico. Los resultados aquí mostrados refutan la hipótesis anterior, describiendo un panorama inverso: de acuerdo al Análisis de Componentes Principales, la longitud es el atributo que presenta la transformación más intensa entre estos dos periodos, ampliando considerablemente su rango superior e incrementando la variabilidad alcanzada en el Formativo. Estos resultados aportan evidencia sobre las dinámicas de selección y manejo antrópico por parte de algunas comunidades prehispánicas tarapaqueñas, las que aquí son interpretadas como espacios de experimentación agrícola desde el Formativo Tardío.

Palabras clave: *Domesticación, Maíz, Análisis de Componentes Principales, Caserones, Tarapacá*

### ABSTRACT

This study examines the Phenotypic variability of maize from the Archaeological site Caserones-I, comparing seven characters in samples from two periods: Formative and Late Intermediate (LIP) (cal. 20-1.020 d.C.). Considering the ancient relationship between this species and several human groups in America (ca. 7.500 AP), as well as the general tendency of genetic variability to decrease as a consequence of selection and domestication, the hypothesis presented here focuses on

- 
- i Laboratorio de Paleoecología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Chile. Las Palmeras 3425, Ñuñoa. Facultad de Patrimonio y Educación USEK. Correo-e: alejandra.vidal@usek.cl
- ii Unidad de Recursos Genéticos, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. La Platina, Av. Santa Rosa 11.610, La Pintana. Correo-e: esalazar@inia.cl
- iii Laboratorio de Paleoecología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Chile. Las Palmeras 3425, Ñuñoa. Correo-e: lfhinojosa@uchile.cl
- iv Departamento de Antropología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile. Av. Ignacio Carrera Pinto 1045, Ñuñoa. Correo-e: mur@uhile.cl, sfloresc@uchile.cl

decreasing phenotypic variability from the Formative to the Late Intermediate Period as a result of anthropic processes. The findings depict an inverse panorama: according to Principal Component Analyses, length is the characteristic showing the most intense transformation across both periods, considerably increasing in the upper range, and in the variability reached during the Formative Period. These results offer valuable evidence on the dynamics of selection and anthropic processes by some communities at pre-Hispanic Tarapacá.

Keywords: *Domestication, Maize, Principal Component Analysis, Caserones, Tarapacá*

## INTRODUCCIÓN

El estudio de *Zea mays* L. y su interacción con sociedades humanas ha sido una de las principales preocupaciones teóricas en la arqueología andina, puesto que un importante número de sociedades han estado asociadas a su cultivo y consumo (Staller 2010). Dada la importancia económica, cultural y social del maíz entre las poblaciones prehispánicas de América (Murra 2002) la discusión se ha centrado preferentemente en los grados de manipulación, la intencionalidad de ésta y las características particulares de su producción (Staller 2010).

En Andinoamérica el proceso de selección y entrecruzamiento de diversas poblaciones silvestres de *Zea mays* fue dinámico y extenso (Macneish 1964, 1992; MacNeish y Eubanks 2000), iniciándose entre sociedades del tipo cazadoras recolectoras y pescadoras de la costa ecuatoriana, con fechas que retrotraen la aparición de maíz entre el 3.500 A.P. (Pearsall 2002) y restos de fitolitos de la especie con rangos entre el  $7.150 \pm 70$  AP y los  $3.700 \pm 50$  AP (Grobman et al. 2012; Staller y Thompson 2002). No obstante, es entre las sociedades pertenecientes al Período Formativo de los Andes Centrales y Sur (ca. 1.000 a.C.-0 d.C.), donde la manipulación del maíz alcanzará una importante extensión; con la generación de diversas variedades fenotípicas prehispánicas (Murra 1999 [1978]), las que durante el siglo XVI aumentarán en número dada la revitalización llevada a cabo por los europeos (Staller 2010).

Este largo proceso habría derivado en una cantidad de aproximadamente 250 variedades o subespecies fenotípicas, cada una de las cuales con sus diferentes características se adaptaron a los ambientes disímiles del área andina, como también a las necesidades y tradiciones particulares de cada grupo humano y cultural (Bonavia 2013). Por su parte, estudios fenotípicos clasifican las variedades de maíces latinoamericanos en 219 razas tradicio-

nales, las que se reducen a tan sólo 14 complejos raciales (Goodman y Bird 1977). En este sentido, se han descrito más de 50 variedades fenotípicas tan sólo para los Andes Centrales; de las cuales, al menos 24 se habrían desarrollado durante tiempos prehispánicos distribuyéndose en regiones bien circunscritas del área Andina (Grobman 1982). La excepción la constituye la raza *Cuzco* cuya amplia distribución desde Ecuador al sur de Perú, estaría ligada a la expansión del *Tawantinsuyu* o Estado Incaico (Grobman 1982).

En la región de Tarapacá (Lat. 20° S.) se cuenta con una importante cantidad de asentamientos aldeanos prehispánicos entre los que destacan el sitio de Caserones-I (cal. 20-1.020 d.C.), por manejar una agricultura intensiva basada en el manejo de *Zea mays* y los recursos forestales de la Pampa del Tamarugal (García et al. 2014). Si bien la agricultura y los procesos de domesticación han sido temas de debate permanente para la región tarapaqueña (García et al. 2014; Meighan 1980; Núñez 1966; True 1980), recién comenzamos entrever el rol antrópico en la instalación, modificación e implementación de una agricultura intensiva, así como también de las consecuencias biológicas de estas prácticas sobre los cultivos y su uso humano (Santana-Sagredo et al. 2015).

Las investigaciones que han tratado esta relación en la región, en general, la han estudiado desde perspectivas arqueológicas e históricas enfocándose en la cultura material asociada (i.e., campos de cultivo, instrumentos líticos, sistemas de irrigación, basuras domésticas, ecofactos, entre otros.), (García et al. 2014; Núñez 1984; Rivera y Dodd 2013; Rivera et al. 1994-1995); lo que si bien da cuenta indirectamente del manejo de *Zea mays*, no ahondan en las variaciones morfológicas de la especie como resultado del proceso de selección artificial.

Caserones-I se ubica en la desembocadura de la quebrada de Tarapacá (Figura 1), a 1000 msnm

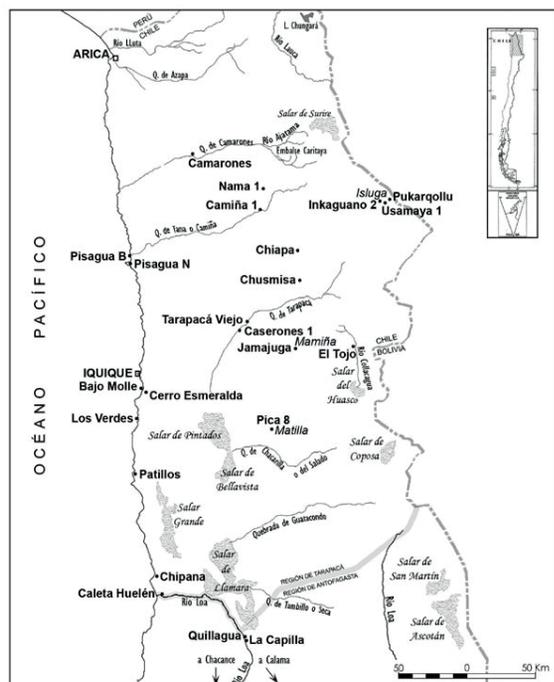


Figura 1: Ubicación de Caserones-1 y sitios del Período Intermedio Tardío de Tarapacá.

Figure 1: Caserones-1 location and settlements from Late Intermediate Period of Tarapacá.

en plena Pampa del Tamarugal. Se conforma de 645 estructuras arquitectónicas aglutinadas, circunscritas a un muro perimetral en una superficie de 3,75 ha (Adán *et al.* 2010). En los recintos que lo componen se visualizan improntas de postes de madera, ventanas y hornacinas, ramadas en el subsuelo que han sido interpretadas como techumbres colapsadas, estructuras de almacenaje, espacios amplios y despejados interpretados como espacios públicos (Figura 2). Desde las estructuras de almacenaje, así como de los desechos domésticos, se ha recuperado una cantidad significativa de restos de cariósides, corontas o marlos de *Zea mays* (Adán *et al.* 2010; García *et al.* 2014; Núñez 1966, 1982; Urbina *et al.* 2012; Uribe y Adán 2009)

Hemos propuesto que la recolección intensiva de los productos de *Prosopis* sp. (algarrobo) y la agricultura del maíz permitieron el sustento de las grupos humanos de Caserones-I, en conjunto con una estrecha explotación o intercambio de recursos costeros (García *et al.* 2014). Este planteamiento es apoyado por la importante cantidad de evidencias

agrícolas entre las que destacan aquellos restos de *Zea mays* (1.177 cariósides y 396 corontas, además de hojas y tallos de la especie); al igual que también un conjunto de otros productos agrícolas tales como *Lagenaria siceraria*, *Phaseolus lunatus* y *Phaseolus* sp., entre otros (García y Santoro 2014; García *et al.* 2014; Uribe y Adán 2009). Asimismo, asociados a este sitio existe un amplio despliegue de campos agrícolas (canchones) claramente delimitados y que en total se componen de 1.839 eras que abarcan una superficie de 35,7 hectáreas (Vidal *et al.* 2012). En al menos uno de los sistemas de campos agrícolas relevados (Figura 3), la presencia de material lítico y cerámico prehispánico, del tipo Pica Charcollo, permiten plantear su adscripción al Período Intermedio Tardío sugiriendo esta área para agricultura en su última fase de ocupación (Uribe y Vidal 2012; Vidal *et al.* 2012).

En este contexto arqueológico, Caserones-I brinda la oportunidad temporal de estudiar el resultado del proceso de selección artificial del cultivo de *Zea mays*, sumado al buen nivel de conservación de maíces arqueológicos, producto de su depositación en sedimentos salinos, arenosos bajo condiciones de un clima hiperárido. En este marco, nos preguntamos si las sociedades tarapaqueñas habrían seleccionado sus cultivos de maíz y si es así ¿a qué rasgos o elementos fenotípicos les dieron preferencia?

Dado que el resultado de un largo período de selección es la disminución de las frecuencias alélicas (variabilidad genética) y consecuentemente de la variabilidad fenotípica (Coyac *et al.* 2013) esperamos que a lo largo del Período Formativo al Período Intermedio Tardío en Caserones I se reduzca la variabilidad fenotípica en *Zea mays*.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizó un total de 200 marlos completos, secos y no carbonizados, provenientes de Caserones-I (Figuras 1 y 2), de los cuales 24 se obtuvieron desde el recinto 61 cuyo único fechado lo posiciona hacia cal. 20-240 d.C.2, correspondiente a la transición entre el Formativo Temprano (~400 a.C.-200 d.C.) y el Formativo Tardío (~200-900 d.C.). Las restantes 176 mazorcas provienen del recinto 7, el cual ha fue fechado a inicios del Período Intermedio Tardío con una datación cal. 890-1020 d.C.<sup>3</sup>.

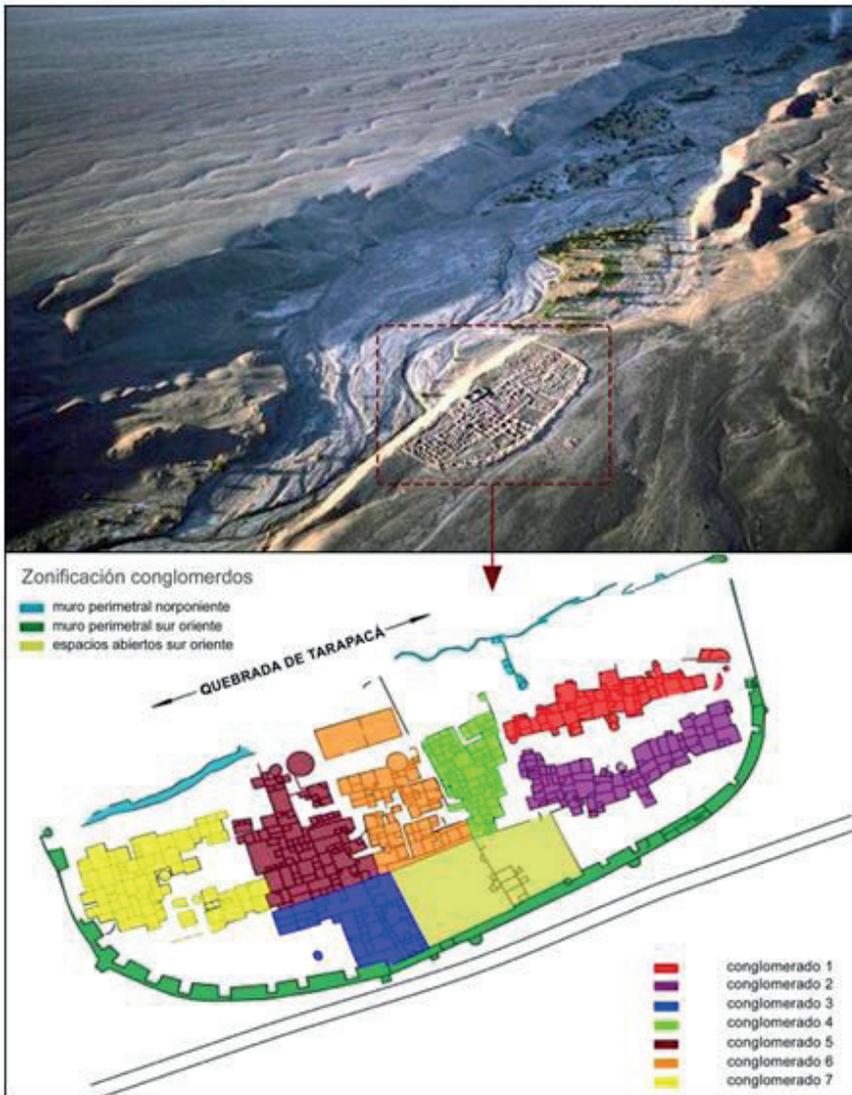


Figura 2: Fotografía y Plano del sitio Aldea Caserones o Caserones 1 (Fuente: Uribe et al. 2015).

Figure 2: Photography and plan of site Aldea Caserones or Caserones 1 (Source: Uribe et al. 2015)

Se construyó una matriz de caracteres recuperados en Caserones-I. Los rasgos utilizados son los siguientes: 1) Longitud del marlo [mm], 2) Diámetro medio del marlo [mm], 3) Diámetro del ápice, [mm] 4) Diámetro de la base del marlo [mm], 5) Raquis [mm], 6) Número de hileras de granos y 7) Granos por hilera (promedio entre dos hileras contrarias). Esta matriz de ejemplares con siete caracteres fue analizada mediante un Análisis de Com-

ponentes Principales (ACP), para detectar la diferencia entre ejemplares de distintas edades en el sitio arqueológico.

A partir de los resultados del ACP se eligió él los caracteres de mayor importancia para evaluar las diferencias estadísticas entre los promedios de marlos de distinta edad a través de una prueba de test de Student.

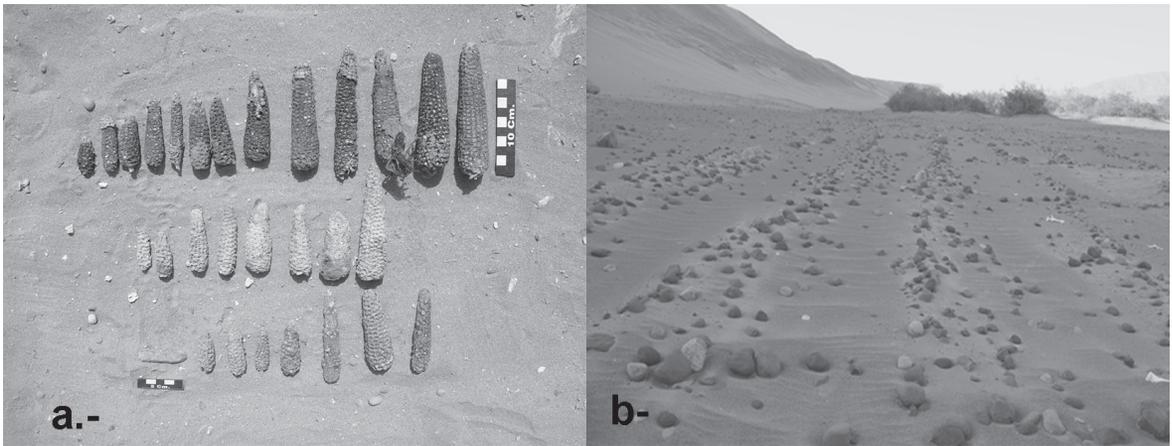


Figura 3: a.-Marlos recuperados del recinto 7 de Caserones-1. b.-Campos agrícolas adyacentes a Caserones-1 (Vidal et al. 2012)  
 Figure 3: a.-Cobs recovered from enclosure 7 of Caserones 1. b.-Agricultural fields near Caserones-1.(Vidal et al. 2012).

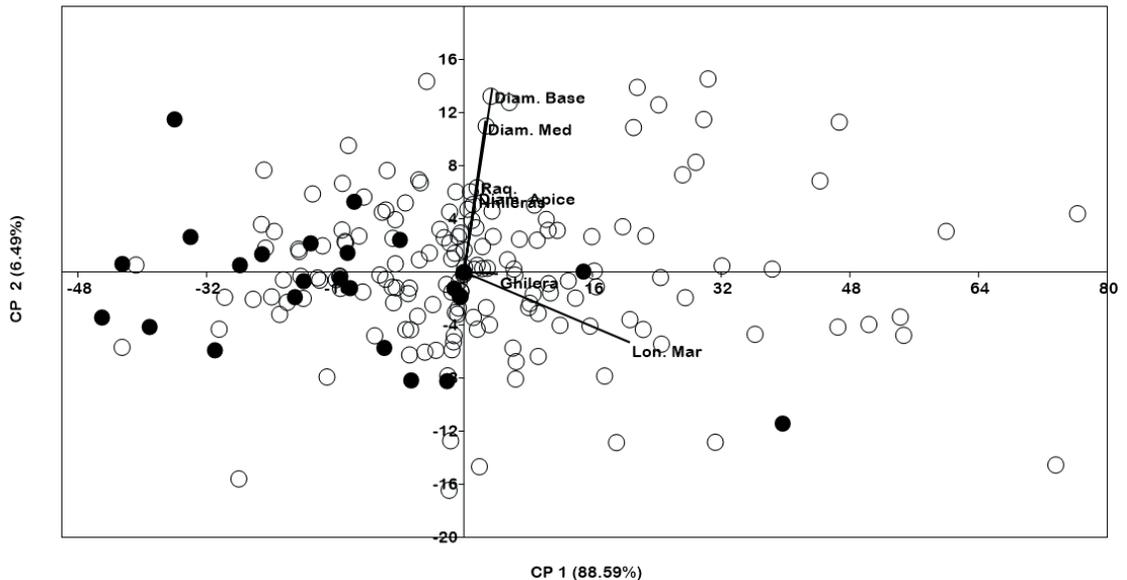


Figura 4: Análisis de Componentes Principales de los marlos. Puntos negros ejemplares del Formativo Tardío. Puntos blancos ejemplares del Periodo Intermedio Tardío.

Figure 4: Principal Component Analysis of cobs. Black dots indicates specimens from the Formative Period. Light dots indicates specimens from Late Intermediate Period.

## RESULTADOS

La figura muestra el gráfico bivariado del análisis de Componentes Principales. Los dos primeros componentes explican el 95.08 % de la varianza total. El CP1 explica el 88.59% de la varianza y se relaciona principalmente con la longitud de la mazorca

(0.9507) seguido del promedio de granos por hilera (0.1949). El CP2 explica el 6.49% de la varianza y se relaciona principalmente con el diámetro de la base (0.6364) y el diámetro medio (0.5256), (Figura 4).

En general, los ejemplares adscritos al Periodo Formativo (puntos negros), muestran menor

tamaño (longitud de la mazorca) que aquellos del Período Intermedio Tardío (puntos blancos), los cuales tienden a ocupar en forma más extendida el espacio multivariado, alcanzando mayores longitudes. Se observa también la existencia de dos *outliers*, pertenecientes al Período Formativo (de 84 mm y 108 mm de longitud respectivamente) que presentan fenotipos similares a los del Intermedio Tardío.

La prueba de T de Student sobre la variable largo del marlo, reafirma el resultado obtenido en el análisis multivariado, encontrándose una diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) entre los grupos de maíces de diferentes edades. Los ejemplares del Formativo midieron en promedio 70,1 mm (mínimo= 25,2; máximo= 108,3;  $SD=4,19$ ), mientras que los del Intermedio Tardío midieron en promedio 84 mm (mínimo= 28,2; máximo= 140,7;  $SD= 1,6$ ), (Figura 5).

Otras variables como número de hileras, número de granos por hileras y ancho de las mazorcas no son gravitantes en la variabilidad observada en el ACP. A pesar de lo anterior, la Longitud del Marlo se correlaciona positivamente con la cantidad granos por hilera ( $r=0.87476$ ,  $p < 0,01$ ) y el número de hileras ( $r=0.52067$ ,  $p < 0,01$ ).

## VARIABILIDAD Y PRODUCCIÓN MAICERA EN CASERONES

Los resultados obtenidos refutan la hipótesis de una reducción de la variabilidad fenotípica desde el Formativo al Intermedio Tardío. Contrariamente a lo esperado, durante este intervalo de tiempo se produce un notorio cambio en el tamaño del marlo, sugiriendo que para el Período Intermedio Tardío se suma variabilidad sin reemplazo. Así, una primera interpretación sugiere que en el Intermedio Tardío se logró la intensificación de uno o más rasgos, pero manteniéndose el stock de variabilidad presente en el Formativo. Esto puede deberse a la mantención de un stock original con introducción en la zona tarapaqueña de un subset de la variabilidad fenotípica del maíz andino, tal como ha sido sugerido por otros estudios en sectores aledaños (Grimaldo 2011; Lia *et al.* 2007).

Asimismo, dada la continuidad cultural y temporal de la ocupación de Caserones-I, la que se manifiesta en un uso permanente del espacio habitacional y agrícola, el aumento de esta variabilidad de

tamaño en los maíces sería el resultado de la selección antrópica. Si bien aún faltan más elementos para contrastar esta hipótesis, se infiere una optimización de la producción maicera que es concordante con la presencia de silos de almacenaje que corresponden a casi el 50% de las estructuras registradas en el asentamiento (Adán *et al.* 2007). Lo anterior, además, va a la par de la implementación de una agricultura diversificada con especies vegetales para el consumo humano como calabaza, zapallo, poroto y ají (García *et al.* 2014; Núñez 1966); al igual que para la fabricación de textiles con algodón (Agüero 2012). Esto nos da cuenta de un manejo agrícola intensivo, con conocimientos especializados de los recursos vegetales en general y que en un período de tiempo de tan sólo 600 años habría permitido la generación de transformaciones deseables en el maíz, conllevando a una optimización de dicho recurso en particular.

A partir del Intermedio Tardío, Caserones-I se insertó en lógicas de especialización laboral y sobreproducción, intercambio e interacción de los valles medios con la costa y las tierras altas (Uribe 2006), lo que también se evidencia en el recurso vegetal con el ingreso de productos exógenos y tropicales tales como cebil (*Anadenanthera* sp.), *Mucuna* sp. y maní (*Arachis hypogaea*), entre otros. En este escenario la producción maicera debió verse enfrentada a generar una sobreproducción capaz de suplir las necesidades y demandas de la costa e interior, además de los propios

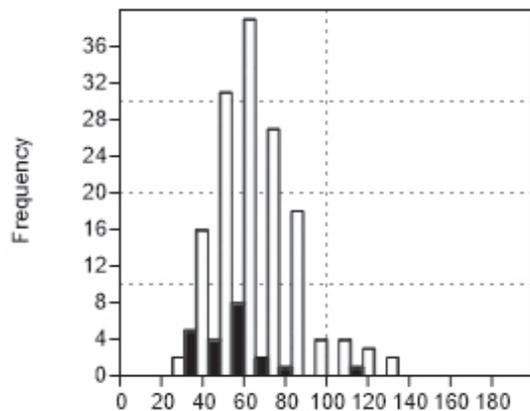


Figura 5: Histograma de tamaños de marlos. Barras oscuras corresponden a los ejemplares del Período Formativo y barras claras a los ejemplares del Período Intermedio Tardío

Figure 5: Histogram of size cobs. Dark bars correspond to Formative Period and light bars correspond to Late Intermediate Period.

grupos de la Pampa del Tamarugal. Sugerimos, entonces, que la optimización del recurso maicero habría actuado como una respuesta alternativa, al mismo tiempo que paralela, al incremento de una producción agrícola tan difícil de asegurar en condiciones ambientales áridas (Santoro *et al.* 2016).

Análisis similares a los presentados aquí, llevados a cabo para muestras de maíces de Pircas (Período Formativo), Tarapacá 13 (Intermedio Tardío) y Tarapacá Viejo (Período Tardío), datados para distintos momentos de la secuencia cultural tarapaqueña, no demuestran aumentos sustanciales en los tamaños o diferencias de otros rasgos fenotípicos (Vidal *et al.* 2016). Esta diferencia se debería a que las estrategias de manipulación de los recursos vegetales responden a situaciones históricas concretas y heterogéneas (Uribe 2006), por parte de grupos políticamente autónomos y diversos. Por lo tanto, en contraste a las situaciones descritas, sugerimos que la población de Caserones-I experimentó conscientemente con el maíz, lo que redundó en los cambios descritos y su singularidad como gran asentamiento. En concordancia, durante el Formativo de Tarapacá ya existían maíces de gran longitud en comparación con las del Intermedio Tardío. Sin embargo, su escasa frecuencia nos permite plantear que durante este momento, por opciones culturales, sociales, ecológicas e históricas particulares, se habría dado preferencia a las mazorcas de menor tamaño. A su vez, los mecanismos y tiempos de dicha experimentación/manipulación escapan a nuestros resultados actuales. Sin embargo, estudios experimentales han observado cambios fenotípicos en *Poaceae* en tan sólo una generación reproductiva (Piperno *et al.* 2015), lo que hace viable el cambio visto en Caserones.

## CONCLUSIONES

En resumen, los resultados de los análisis de los maíces de Caserones-I aquí presentados resultan prometedores para comprender las dinámicas de selección y manejo antrópico por parte de algunas poblaciones prehispánicas tarapaqueñas. Por otra parte, dada la magnitud del despliegue agrícola prehispánico de Tarapacá, postulamos que este asentamiento se comportó como un verdadero espacio de experimentación agrícola desde el Formativo Tardío. Finalmente, siguiendo el enfoque propuesto por Uribe (2006), es-

tos resultados son consistentes con el rol que cumplió el sustrato local en el Formativo, posicionando a grupos en apariencia marginales como potentes agentes de cambio en todos sus ámbitos culturales. En efecto, pareciera que no sólo las áreas nucleares del desarrollo americano fueron protagonistas de las connotadas transformaciones culturales del continente precolombino donde, en relación a la domesticación de *Zea mays*, la discusión se ha centrado en aspectos generales de su origen y microevolución. En este trabajo, en cambio, se ofrece una reflexión sobre las posibles formas y estrategias de transformación de esta importante especie doméstica a nivel local, en comunidades de los Andes Centro-Sur alejadas de los núcleos culturales tradicionales.

**Agradecimientos:** A las comunidades de Tarapacá por su constante apoyo en las labores de terreno y permanente acogida. También a los estudiantes de Antropología Física de la Universidad de Chile, Anahí Maturana, Carla Olivari, Contanza Pino y Felipe Rodríguez, quienes contribuyeron generosamente con este trabajo. A los proyectos FONDECYT Regular 1130279, ANILLO SOC-1405 y al Laboratorio de Paleocología de la Universidad de Chile.

## NOTAS

<sup>1</sup> De acuerdo con la metodología expuesta por García y colaboradores (2014), la cantidad de cariopses corresponden a granos completos; el número de corontas se contabiliza a partir del número máximo de bases o ápices de las mazorcas, escogiendo el número mayor entre estos dos elementos diagnósticos. Los restos de maíz, con escasas excepciones, se encuentran secos y sin carbonización.

<sup>2</sup> Muestra de carbón del recinto 61, estrato 7, Beta Analytic 294695, calibración 2 sigmas.

<sup>3</sup> Muestra de carbón del recinto 7, estrato 3 Beta Analytic 220917, calibración 2 sigmas.

## BIBLIOGRAFÍA

Adán, L., S. Urbina y M. Uribe. 2007. "Arquitectura pública y doméstica en las quebradas de Pica-Tarapacá: asentamiento y dinámica social en el norte grande de Chile (900-1450 dc)". En *Procesos Sociales Prehispánicos en el Sur Andino. La Vivienda, la Comunidad y el Territorio*, editado por A. Nielsen, C. Rivolta, V. Seldes, M. Vásquez y P. Mercolli, Pp. 183-206. Brujas, Argentina.

- Adán, L., S. Urbina, M. Uribe y C. Pellegrino.** 2013. *Aldeas en los bosques de Prosopis. Arquitectura residencial y congregacional en el período Formativo tarapaqueño (900 ac-900 DC)*. *Estudios Atacameños* 45:75-94.
- Agüero, C.** 2012. "Textiles del asentamiento de Caserones y su cementerio: Significado social y político para la población Tarapaqueña durante el período formativo (Norte de Chile)". *Revista Chilena de Antropología* 26:59-95.
- Athens, J. S., J. Ward, D. Persall, K. Chandler-Ezell, D. Blinn y A. Morrison.** 2016. "Early prehistoric maize in Northern Highland Ecuador". *Latin American Antiquity*, 27(1): 3-20.
- Bonavia, D.** 2013. *Maize. Origin, Domestication, and its role in the development of culture*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Coyac, J., J. Molina, J. García y L. Serrano.** 2013. "La selección masal permite aumentar el rendimiento sin agotar la variabilidad genética aditiva en el maíz zacatecas". *Revista Fitotécnica Mexicana* 36(1): 53-62.
- García, M. y C. Santoro.** 2014. "El maíz arqueológico como patrimonio genético cultural del valle de Lluta". En *Historia de los cultivos del maíz en un valle salado. Norte de Chile*, editado por A. Díaz y E. Bastías, Pp. 19-28. Ediciones Universidad de Tarapacá, Arica.
- García, M., A. Vidal, V. Mandakovic, A. Maldonado, M.P Peña, M. y E. Belmonte.** 2014. "Alimentos, tecnologías vegetales y paleoambiente en las aldeas formativas de la pampa del Tamarugal (ca. 900 a.C.-80 d.C.)". *Estudios Atacameños* 47: 33-58.
- Goodman, M. y Bird, R. M.** 1977. "The races of maize. IV Tentative grouping of 219 Latin American races". *Eco. Bot.* 31: 204-221.
- Grimaldo, C.** 2011. *Investigating the Evolutionary History of Maize in South America*. Tesis para optar al grado de Doctor of Philosophy, University of Manchester, Reino Unido.
- Grobman, A.** 1982. "Maíz (Zea mays)". En *Precerámico Peruano. Los Gavilanes. Mar, Desierto y Oasis en la Historia del Hombre*, editado por D. Bonavia, Pp. 157-179. , Lima. Corporación Financiera de Desarrollo e Instituto Arqueológico Alemán.
- Grobman, A., D. Bonavia, T. Dillehay, D. Piperno, J. Iriarte y I. Holst.** 2012. "Preceramic maize from Paredones and Huaca Prieta, Peru". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109 (5):1755-1759.
- Lia, V., V. Confalonieri, N. Ratto, J. Hernández, A. Alzogaray, L. Poggio y T. Brown.** 2007. "Microsatellite typing of ancient maize: insights into the history of agriculture in southern South America". *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 274 (1609): 545-554.
- Macneish, R.** 1964. *El Origen de la Civilización Mesoamericana visto desde Tehuacán*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- 1992. "The beginning of agriculture in the New World". *Journal of American Archaeology* 6: 7-33.
- Macneish, R. y M. Eubanks.** 2000. "Comparative analysis of the río Balsas and Tehuacán Models for the origin of maize". *Latin American Antiquity* 11: 3-20.
- Meighan, C.** 1980. "Archaeology of Guatacondo, Chile". En *Prehistoric trails of Atacama: Archaeology of northern Chile. Monumenta Archaeologica* 7, editado por C. Meighan y D. True, Pp. 99-126. The Institute of Archaeology, University of Los Angeles. Los Angeles. EEUU.
- Murra, J.** 1999 [1978]. *La Organización Económica del Estado Inca*. S.V. Editores, México.
- 2002. *El Mundo Andino Población, Medio Ambiente y Economía*. IEP Ediciones, Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Núñez, L.** 1966. "Caserones-I, una aldea prehispánica del Norte de Chile". *Estudios Arqueológicos* 2: 25-29.
- 1982. "Temprana emergencia del sedentarismo en el desierto chileno: Proyecto Caserones". *Chungará* 9(1): 80-122
- 1984. "El asentamiento Pircas: nuevas evidencias de tempranas ocupaciones agrarias en el Norte de Chile". *Estudios Atacameños* 7: 117-134.
- Piperno, D., I. Holst, K. Winter y O. MacMillan.** 2015. "Teosinte before domestication: Experimental study of growth and phenotypic variability in Late Pleistocene and early Holocene environments". *Quaternary International* 363: 65-77.
- Rivera, M. y J. Dodd.** 2013. "Domesticando el desierto. Medio ambiente y ocupaciones humanas en Ramaditas, desierto de Atacama". *Diálogo Andino* 41: 45-60.
- Rivera, M., D. Shea, A. Carevic y G. Graffam.** 1994-1995. "En torno a los orígenes de las sociedades complejas andinas: excavaciones en Ramaditas, una aldea formativa del desierto de Atacama, Chile". *Diálogo Andino* 14-15: 205-239.
- Santana-Sagredo, F., M. Uribe, María José Herrera, Flores S.V.** 2015. "Dietary patterns in ancient populations from Northern Chile during the transition to agriculture (1000 BC- AD 900)". *American Journal of Physical Anthropology* 158(4):751-758.
- Santoro, C., J.M Capriles, E. Gayo, M. E de Porras, A. Maldonado, V.G. Standen, C. Latorre, V. Castro, D. Angelo, V. McRostie, M. Uribe, D. Valenzuela, P. Ugalde y P. A. Marquet.** "Continuities and discontinuities in the socio-environmental systems of the Atacama Desert during the last 13,000 years". *Journal of Anthropological Archaeology*. En prensa. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaa.2016.08.006>
- Staller, J.** 2010. *Maize Cob and Cultures: History of Zea mays* L. Editorial Springer, New York.
- Staller, J. y R. Thompson.** 2002. "A multidisciplinary approach to understanding the initial introduction of maize into coastal Ecuador". *Journal of Archaeological Science* 29(1): 33-50.
- True, D. L.** 1980. "Archaeological investigations in Northern Chile: Caserones". En *Prehistoric Trails of Atacama: Archaeology of Northern Chile. Monumenta Archaeologica* 7, editado por C. Meighan y D. True, Pp. 139-178. Institute of Archaeology, University of California, Los Angeles.
- Urbina S., Adán, L y C. Peregrino.** 2012. "Arquitecturas formativas de las quebradas de Guatacondo y Tarapacá a través del proceso aldeano (ca. 900 ac-1000 dc)". *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino* 17:31-60.
- Uribe, M.** 2006. "Acerca de la complejidad, desigualdad social y el complejo cultural Pica-Tarapacá en los Andes Centro-Sur (1000-1450 DC)". *Estudios Atacameños* 31: 91-114.
- Uribe, M., C. Agüero, D. Catalán, M. J. Herrera, y F. Santana.** 2015. "Nuevos fechados del sitio Tarapacá -40: recientes análisis y reflexiones sobre un cementerio clave del período Formativo del norte de Chile y Andes Centro Sur (1110 a.C.-660 d.C.). *Ñawpa Pacha*:57-89.

**Uribe, M. y Adán, L.** 2009. "Evolución, Neolítico, Formativo y complejidad: Pensando el cambio desde Tarapacá (900 AC-800 DC)". *Actas del XVIII Congreso Nacional de Arqueología Chilena*, Tomo I, Pp.21-32. Valparaíso, Chile.

**Uribe, M. y E. Vidal.** 2012. "Sobre la secuencia cerámica del Período Formativo de Tarapacá (900 A.C-900 D.C): Estudios de Pircas, Caserones, Guatacondo y Ramaditas, Norte de Chile". *Chungará* 44: 209-245.

**Vidal, A., M. García y P. Méndez-Quirós.** 2012. "Vida sedentaria y oportunismo: dos estrategias de producción agrícola durante el Período Formativo en Tarapacá". *Actas del XIX Congreso Nacional de Arqueología chilena*, Tomo I, Pp. 183-192. Arica, Chile.

**Vidal, A., L. F Hinojosa y M. F. Pérez.** 2016. Study of the Phenotypic diversity in *Zea mays* L. from modern and archaeological samples, Tarapacá Region, northern Chile. Poster presentado en *Fifth Meeting of the Network for Neotropical Biogeography (NNB5)*, 14-15 Enero, Santiago, Chile.