

Prácticas de preparación y consumo de maíz (zea mays) de las poblaciones del oeste de Tinogasta (Catamarca, Argentina) a través del estudio de residuos en vasijas cerámicas (siglos III - XVI d.c)

Autor:

Lantos, Irene Johanna

Tutor:

Ratto, Norma

2014

Tesis presentada con el fin de cumplimentar con los requisitos finales para la obtención del título Doctor de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires en Arqueología

Posgrado

Irene J. Lantos

**PRÁCTICAS DE PREPARACIÓN Y CONSUMO DE MAÍZ (*Zea mays*)
DE LAS POBLACIONES DEL OESTE DE TINOGASTA (Catamarca,
Argentina) A TRAVÉS DEL ESTUDIO DE RESIDUOS EN VASIJAS
CERÁMICAS (Siglos III - XVI d.C.)**

2014



Facultad de Filosofía y Letras - Universidad de Buenos Aires

**PRÁCTICAS DE PREPARACIÓN Y CONSUMO DE MAÍZ (ZEA
MAYS) DE LAS POBLACIONES DEL OESTE DE TINOGASTA
(CATAMARCA, ARGENTINA) A TRAVÉS DEL ESTUDIO DE
RESIDUOS EN VASIJAS CERÁMICAS (SIGLOS III - XVI DC)**

Lic. Irene J. Lantos

Directoras

Dra. Norma Ratto

Dra. Marta S. Maier

Tesis para optar al grado de
Doctor de la Universidad de Buenos Aires

Área Arqueología

2014



A Ignacio y bebé

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis fue el resultado de un trabajo interdisciplinario que se desarrolló gracias a varias instituciones. Agradezco en primer lugar a la Facultad de Filosofía y Letras de Universidad de Buenos Aires por la posibilidad de desarrollar mis estudios de doctorado en esa casa. También agradezco al Conicet por la financiación de mis estudios mediante dos becas doctorales.

Mi profundo agradecimiento a mis dos hogares laborales, el IDECU-Museo Etnográfico (FFYL-UBA) y el UMYMFOR - Departamento de Química Orgánica (FCEN-UBA), y a sus directivos Dra. Myriam Tarragó, Dr. Gerardo Burton y Dra. Rosa Erra, que me brindaron espacio, uso del equipamiento y calidez humana para desarrollar mi investigación de doctorado.

Varias colaboraciones hicieron posible esta tesis. Con el Dr. Marco Giovannetti compartimos una larga y productiva colaboración en su laboratorio equipado para el de análisis de almidones (Museo de Ciencias Naturales, UNLP), que me enriqueció a nivel científico y también fue el inicio de una linda amistad. Con la Dra. Débora Kiligmann compartimos trabajo de campo, estudios experimentales y discusiones arqueológicas muy interesantes e inspiradoras. Con el Dr. Martín Orgaz tuvimos discusiones sumamente enriquecedoras que en gran medida dieron forma a esta tesis, y en el futuro cercano estaremos colaborando en un nuevo trabajo.

El Dr. Héctor Panarello (INGEIS Conicet-UBA) me abrió las puertas de su laboratorio y me brindó la posibilidad de realizar análisis isotópicos con su equipamiento. El Dr. Jorge Spangenberg fue un gran apoyo para la realización de esta tesis, ya que generosamente financió estadías en su laboratorio en la Universidad de Lausana

(Suiza) para realizar análisis químicos e isotópicos de las muestras, y discutir en profundidad los resultados obtenidos. Además, estoy le muy agradecida por la oportunidad de conocer otros ámbitos de investigación que ampliaron muchísimo mi formación científica y personal.

Debo reconocimiento a todos aquellos que me facilitaron las muestras de referencia que utilicé en esta tesis. Tal es el caso de la Ing. Raquel Defacio (INTA Pergamino) que me permitió el acceso al Banco de Germoplasma de maíz y me proveyó de muestras invaluable. Asimismo, agradezco a la Estancia La Candelaria por las muestras de llama que donaron desinteresadamente a esta investigación. Doy gracias a los ceramistas Daniel Verniers y a Néstor Wachsman por las réplicas de ollas cerámicas que realizaron con mucho cariño para mi tesis, y por entender con un poco de tristeza que debía romperlas luego de cocinar en ellas.

Agradezco a las técnicas que fueron importantísimas en el desarrollo de los análisis de mi tesis y me trataron con mucha paciencia y cariño, Mery Rivero y Estela Ducós.

Gracias a mi tío Carlos por haberse interiorizado en mi tema de tesis e interesarse por él, y por haberme presentado a Marta muy al inicio de este camino.

Un reconocimiento muy especial va para mis compañeros de grupos de investigación PACHA, Anabel, Martín, Mara, Luis, Juampi, Lau y Dolo, con quienes compartí trabajos de campo, días en el gabinete y ricos asados. Además agradezco a Luis por su inmensa ayuda con los mapas de la tesis.

Un profundo agradecimiento a mis compañeros de grupo de investigación LIAMA y Labo 8: Euge, Vicky, Vale, Diana, Blanca, Adri, Gastón, Mati y Andrés. Gracias por ayudarme a aprender a trabajar en una mesada química, por contestar generosamente todas mis preguntas hasta las más básicas, por compartir conmigo días de trabajo en el labo y salidas divertidas.

A Norma y Marta, mis directoras, les debo todo lo que aprendí y crecí en estos años de doctorado. Muchas gracias a ambas por ser tan generosas con su conocimiento, tiempo y dedicación. Por inspirarme, discutir ideas y datos, aconsejarme, indicarme el camino, corregir mis errores con cariño y permitirme aprender de ellos. Son las mejores directoras que una becaria puede pedir.

Gracias a mis amigas Tati, Vale, Euge, Vic, Ana, Flor M., Flor S. y Mechi, que me bancaron hablando de laboratorios, análisis, informes y presentaciones a becas en nuestros encuentros, cafés y salidas. Las quiero mucho y son mi cable a tierra.

Por último, mi más profunda gratitud es a mi familia. Ignacio, mi sostén y compañero de vida, y nuestro bebé en camino me llenan de amor y felicidad. Mis padres, Vicky y Steve estuvieron siempre presentes, de fierro, al pie del cañón, apoyándome, alentándome y aconsejándome en cada paso del camino a convertirme en doctora. Mis hermanos Andy y Mike son los mejores que una hermana podría elegir, compinches leales. Mis abuelas Vera y Jutta son mi inspiración y mis abuelos que ya no están, Federico y Hans, también estuvieron presentes con las enseñanzas que me dejaron. Mi familia extendida me acompañó con cariño durante todo este proceso: Graciela, Roberto, Martín, Ana, María Cecilia (¡gracias por el diseño de tapa!), Ignacio, Kari, Mía y Juana. A toda mi gran familia le estoy muy agradecida.

Buenos Aires, junio de 2014

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS	2
1.1 Tema y objetivos de la investigación	8
1.2 Estudios de los residuos culinarios	9
1.3 Tesis a sostener	11
1.4 Organización de la tesis	
CAPÍTULO 2 - EL MAÍZ EN EL MUNDO ANDINO	
2.1 Arqueología alimentaria: consumo, identidad y materialidad	15
2.2 El consumo de maíz en el mundo andino	18
CAPÍTULO 3 - SOCIEDAD, AMBIENTE Y ALIMENTACIÓN EN EL OESTE DE TINOGASTA	
3.1 Historia cultural y ambiental del oeste de Tinogasta	23
3.1.1 Breve referencia a las características geográficas de la región	23
3.1.2 Paisaje cultural del área de estudio	26
3.1.3 Prácticas de preparación y consumo en los sitios arqueológicos del oeste de Tinogasta	33
3.1.4 Relación entre las prácticas de consumo de bienes cerámicos y las prácticas culinarias en el oeste de Tinogasta	38
3.2 Prácticas de cultivo y consumo de maíz en la región del oeste de Tinogasta	40
3.3 Prácticas de consumo de otros recursos alimenticios en el oeste de Tinogasta	43
CAPÍTULO 4 - LOS ESTUDIOS ARQUEOMÉTRICOS PARA LA DETECCIÓN DEL	

MAÍZ

4.1 La arqueometría y las prácticas de consumo de maíz	50
4.2 Antecedentes de la caracterización química de lípidos en materiales arqueológicos	51
4.2.1 Cromatografía gaseosa	51
4.2.2 Cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa	52
4.2.3 Aplicaciones arqueométricas	52
4.2.3 Estudios de degradación de lípidos de maíz	53
4.3 Antecedentes del análisis isotópico de residuos	56
4.3.1 Análisis isotópico de muestras enteras (AIME)	56
4.3.2 Análisis isotópico de compuestos específicos	58
4.3.3 Los isótopos estables de carbono y los ciclos de fotosíntesis	59
4.3.4 Aplicaciones arqueométricas	61
4.4 Antecedentes del análisis microscópico de residuos	65
4.4.1 Gránulos de almidón de maíz preservados en materiales arqueológicos	66
4.4.2 Hallazgo de gránulos de almidón de maíz en residuos culinarios adheridos a cerámica arqueológica	67
4.5 Breve reseña de los compuestos químicos analizados	71
4.5.1 Los lípidos	71
4.5.2 El almidón	74

CAPÍTULO 5 - ESTRATEGIA METODOLÓGICA Y CONFORMACIÓN DE LA

MUESTRA

5.1 Estrategia metodológica	79
5.2 Muestras de referencia	82
5.2.1 Material referencial para la caracterización química	85
5.2.2 Material referencial para el análisis isotópico de muestras enteras (AIME)	93
5.2.3 Material referencial para el análisis isotópico de compuestos específicos (AICE)	94
5.2.4 Material referencial para el análisis microscópico de almidones	95

5.3 Muestras arqueológicas	97
----------------------------	----

CAPÍTULO 6 - MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Laboratorios donde se realizaron los análisis	102
6.2. Caracterización química de los ácidos grasos	103
6.2.1 Preparación de las muestras	103
6.2.2 Extracción de los lípidos	104
6.2.3 Saponificación y metilación	104
6.2.4 Cromatografía gaseosa con detector de ionización de llama (CG-FID)	105
6.2.5 Cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa (CG-EM)	106
6.3 Análisis isotópico de muestras enteras (AIME)	106
6.4 Análisis isotópico de compuestos específicos (AICE)	108
6.4.1 Preparación de las muestras	108
6.4.2 Método	108
6.5 Análisis microscópico de almidones	110
6.5.1 Preparación de muestras	110
6.5.2 Método	111
6.6 Tratamiento numérico de los datos	112

CAPÍTULO 7 - RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS GRASOS

7.1 Caracterización química de los residuos grasos en muestras de referencia	114
7.1.1 Ingredientes crudos	114
7.1.2 Ingredientes cocidos	123
7.1.3 Comidas andinas	126
7.1.4 Ollas réplica	130
7.1.5 Degradación de lípidos en sedimentos	135
7.2 Caracterización química de los residuos grasos en muestras arqueológicas	137
7.3 Síntesis de resultados obtenidos en este capítulo	144

CAPÍTULO 8 - RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS ISOTÓPICOS DE LOS RESIDUOS GRASOS

8.1 Caracterización isotópica de los residuos grasos en muestras de referencia	149
8.1.1 Análisis isotópico de muestras enteras (AIME)	149
8.1.2 Análisis isotópico por compuestos específicos (AICE)	153
8.2 Caracterización isotópica de los residuos en muestras arqueológicas	156
8.2.1 Análisis isotópico de muestras enteras (AIME)	156
8.2.2 Análisis isotópico de compuestos específicos (AICE)	160
8.2 Síntesis de los resultados obtenidos en este capítulo	165

CAPÍTULO 9 - RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS DE LOS RESIDUOS DE ALMIDÓN

9.1 Muestras de referencia de almidones	171
9.1.1 Base de referencia de almidones de maíces nativos actuales del noroeste argentino	171
9.1.1. Degradación natural de los almidones	193
9.1.1. Degradación de los almidones por acción térmica durante la cocción	195
9.2 Análisis microscópicos de almidones recuperados en vasijas arqueológicas	198
8.2 Síntesis de los resultados obtenidos en este capítulo	204

CAPÍTULO 10 - INTEGRACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

10.1 Integración de resultados	210
10.2 Discusión de las hipótesis a la luz de los resultados alcanzados	220

CAPÍTULO 11 - CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 2.1 Fotografías retratando los distintos tipos de comensalidad en zonas rurales de la provincia de Catamarca	17
Figura 3.1 Mapa de la región del Oeste de Tinogasta. Se observan los rasgos topográficos más relevantes y las localidades actuales de Fiambalá y Palo Blanco.	25
Figura 3.2 Mapa arqueológico de la región del Oeste de Tinogasta.	25
Figura 3.3 Paisajes arqueológicos del oeste de Tinogasta	29
Figura 3.4 Sitios arqueológicos del oeste de Tinogasta	30
Figura 3.5 Cariopses de maíz pisingallo arqueológico recuperado en el sitio Punta Colorada.	41
Figura 4.1 Estructuras químicas de los principales acilgliceroles y ácidos grasos analizados en esta Tesis	73
Figura 4.2 Estructura del almidón y sus dos componentes.	77
Figura 4.3 Gránulos de almidón de maíz Capia (ejemplar de la Provincia de Jujuy, Noroeste argentino)	77
Figura 5.1 Estrategia metodológica arqueométrica de vías múltiples utilizada en esta investigación	80
Figura 5.2 Esquema para la interpretación de las prácticas culinarias implementada en esta investigación	81
Figura 5.3 Manufactura de ollas réplica con técnicas tradicionales	92
Figura 5.4 Experimentación en el valle del río La Troya, Tinogasta, Catamarca	92
Figura 5.5 Cariopses de las ocho razas de maíz estudiadas.	100
Figura 5.6 Ejemplos de fragmentos de vasijas cerámicas arqueológicas analizadas en la tesis	100
Figura 7.1 Placas de cromatografía en capa delgada (CCD) mostrando la composición de los lípidos extraídos de las muestras de referencia	117
Figura 7.2 Cromatogramas de los ésteres metílicos de ácidos grasos extraídos de las muestras de referencia	120

Figura 7.3 Comparación de abundancias relativas de los ácidos grasos mayoritarios de los ingredientes en estado crudo y hervido	125
Figura 7.4 Concentraciones de lípidos absorbidos y comparación de perfiles de ácidos grasos en distintas regiones de la Olla A.	132
Figura 7.5 Concentraciones de lípidos absorbidos y comparación de perfiles de ácidos grasos en distintas regiones de la Olla B.	133
Figura 7.6 Concentraciones de lípidos absorbidos y comparación de perfiles de ácidos grasos en distintas regiones de la Olla C.	133
Figura 7.7 Comparación de abundancias relativas de los ácidos grasos mayoritarios entre las comidas y las ollas réplica	134
Figura 7.8 Comparación de concentraciones lipídicas entre las muestras de mazamorra y locro enterradas en arcilla y arena durante 18 meses	135
Figura 7.9 Comparación de los perfiles de ácidos grasos entre las comidas y las comidas enterradas en arcilla y arena	136
Figura 7.10 Cromatogramas de los ésteres metílicos de ácidos grasos extraídos de las muestras arqueológicas	141
Figura 7.11 Índice palmítico/estearico (P/E) de las muestras arqueológicas	144
Figura 8.1 Comparación de los valores $\delta^{13}\text{C}_{bulk}$ de los lípidos con los índices P/E	153
Figura 8.2 Comparación de valores $\delta^{13}\text{C}_{16:0}$ con valores $\delta^{13}\text{C}_{18:0}$ y $\delta^{13}\text{C}_{18:1}$	155
Figura 8.3 Análisis de componentes principales de las muestras de referencia y arqueológicas	162
Figura 8.4 Análisis de cluster jerárquico de las muestras de referencia y arqueológicas	163
Figura 9.1 Fotomicrografías tomadas a 400 aumentos con luz normal y polarizada	174
Figura 9.2 Ubicación de las variables analizadas dentro del espacio dimensional	188
Figura 9.3 Grupos pronosticados por el análisis discriminante realizado a nivel de agrupación por raza (8 grupos)	189
Figura 9.4 Grupos pronosticados por el análisis discriminante realizado a nivel de agrupación por textura del endosperma (5 grupos)	191
Figura 9.5 Evidencias de degradación natural en almidones naturales actuales	195
Figura 9.6 Gránulos de almidones recuperados de las ollas réplica y las cerámicas arqueológicas	197
Figura 9.7 Ubicación de los casos actuales y arqueológicos, y las variables analizadas, dentro del espacio dimensional del ACM	201
Figura 9.8 Grupos pronosticados por el AD realizado a nivel de agrupación por	201

textura del endosperma (5 grupos) incluyendo a los almidones arqueológicos

Figura 10.1 Ingredientes vegetales y animales identificados en las muestras arqueológicas	213
Tabla 3.1 Emplazamiento geográfico y cronología de los sitios arqueológicos del oeste de Tinogasta	34
Tabla 3.2 Evidencia arqueobotánica de <i>Zea mays</i> L. hallada en el oeste de Tinogasta.	41
Tabla 3.3 Valores nutricionales de los principales alimentos andinos	45
Tabla 3.4 Evidencia arqueobotánica de otros productos alimenticios vegetales hallados en el oeste de Tinogasta	46
Tabla 4.1 Ácidos grasos más comunes	74
Tabla 5.1 Muestras de referencia analizadas	83
Tabla 5.2 Recetas experimentales con tres variedades nativas de maíz del Noroeste Argentino	90
Tabla 5.3 Muestras arqueológicas analizadas en la tesis.	99
Tabla 7.1 Concentraciones de lípidos extraídos en las muestras de referencia	115
Tabla 7.2 Abundancia relativa de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) de las muestras de referencia obtenidos por CG-FID	121
Tabla 7.3 Aporte de lípidos de cada ingrediente a la comida "Locro"	129
Tabla 7.4 Aporte lipídico de cada ingrediente a la comida "Pochoclo"	129
Tabla 7.5 Características tecno-morfológicas de las muestras cerámicas arqueológica y concentraciones de lípidos extraídos en las muestras arqueológicas.	139
Tabla 7.6 Promedios y desviaciones estándar de las concentraciones de lípidos recuperados en las matrices cerámicas de las vasijas arqueológicas	140
Tabla 7.7 Abundancia relativa de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) de las muestras de referencia obtenidos por CG-FID	142
Tabla 8.1 Valores de $\delta^{13}\text{C}$ de los extractos lipídicos enteros (AIME) y de los ácidos grasos principales derivados de los extractos lipídicos (AICE) de las muestras de referencia.	150
Tabla 8.2 Valores de $\delta^{13}\text{C}$ de los extractos lipídicos enteros (AIME) y de los ácidos grasos principales derivados de los extractos lipídicos (AICE) de las muestras arqueológicas	157
Tabla 9.1 Composición de la muestra de maíces nativos analizada	173
Tabla 9.2 Transformación de los estados de las variables cualitativas a escala ordinal	175
Tabla 9.3 Registro de variables de los gránulos de almidón por cariopsis de cada una	181

de las razas de maíz analizadas

Tabla 9.4 Estadística descriptiva de la variable diámetro máximo del gránulo de las cariopsis de las razas de maíz	184
Tabla 9.5 Resultados del test Kruskal Wallis de los estados registrados en las 32 cariopsis de maíces analizados. Nivel de agrupamiento por razas	185
Tabla 9.6 Resultados del test de Kruskal Wallis de los estados registrados en las 32 cariopsis de maíces estudiados. Nivel de agrupamiento por textura del endosperma	186
Tabla 9.7 Resumen de los estados de las variables que rechazan la H_0 del test de Kruskal Wallis e indican que los cariopsis de maíz ($N = 32$) pertenecen a poblaciones diferentes	187
Tabla 9.8 Asignación de Grupos pronosticados para cada raza de maíz nativo	189
Tabla 9.9 Asignación de Grupos pronosticados en función de la clasificación general por textura del endosperma	190
Tabla 9.10 Almidones arqueológicos recuperados en los residuos culinarios de las cerámicas arqueológicas del oeste de Tinogasta.	199
Tabla 9.11 Clasificación de los almidones arqueológicos en los grupos pronosticados mediante AD a nivel de agrupamiento por textura del endosperma (5 grupos)	200
Tabla 10.1 Integración de la información tecno-morfo-funcional, contextual arqueológica y arqueométrica para la identificación de las prácticas alimentarias del W de Tinogasta.	210

LISTADO DE ABREVIATURAS

a. C.	antes de Cristo
AALM	análisis de almidones
AE-EMRI	análisis elemental-espectrometría de masa de relaciones isotópicas
AICE	análisis isotópico de compuestos específicos
AIME	análisis isotópico de muestras enteras
CAM	metabolismo de ácido de las crasuláceas
C ₃	plantas que usan el ciclo Calvin-Benson para la fijación del CO ₂
C ₄	plantas que usan el ciclo Hatch-Slack para la fijación del CO ₂
CG	cromatografía gaseosa
CG-EM	cromatografía gaseosa-espectrometría de masa
CG-C-EMRI	cromatografía gaseosa-combustión-espectrometría de masa de relaciones isotópicas
CG-FID	cromatografía gaseosa-detector de ionización de llama
d. C.	después de Cristo
δ ¹³ C	delta ¹³ C
msnm	metros sobre el nivel del mar
NH	núcleo habitacional
PACHA	Proyecto Arqueológico Chaschuil Abaucán
VPDB	Vienna Pee Dee Belemnite

CAPÍTULO 1:
INTRODUCCIÓN,
OBJETIVOS E
HIPOTESIS

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

En este capítulo se presenta el problema de investigación orientado a conocer las prácticas de preparación y consumo de maíz por parte de las poblaciones que habitaron el área de estudio del oeste del Departamento de Tinogasta (Provincia de Catamarca, Argentina) entre los siglos III a XVI d. C. Se busca entender cuáles fueron los cambios y las continuidades del largo proceso que se extiende desde el período Formativo que abarcó el primer milenio d. C. hasta el período incaico y contacto colonial en los siglos XIV a XVI d. C. En este sentido, se considera que las prácticas alimentarias son una vía para estudiar las dinámicas sociales y acercarse a las formas de vida de las poblaciones que habitaron el área de estudio en el lapso considerado. A continuación, se introducen los estudios de los residuos culinarios preservados en los enseres cerámicos arqueológicos. Seguidamente, se detallan el objetivo general, los objetivos específicos, las hipótesis y las expectativas que guían la investigación. Por último se presenta la forma en que se organiza la estructura de la tesis junto con una breve reseña de los capítulos que la componen.

1.1 TEMA Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Desde épocas prehispánicas el maíz (*Zea mays* L.) ha sido un alimento básico para las poblaciones americanas (Johannessen y Hastorf, 1994; Staller et al., 2006). La literatura sostiene que la domesticación de esta especie se originó en las tierras altas mexicanas ca. 4300 a. C. y luego se dispersó a las Américas (Piperno y Flannery, 2001; Matsuoka et al., 2002; Dickau et al., 2007). En los Andes, las evidencias de maíz más tempranas son de la costa pacífica de Perú y Ecuador ca. 3000 a. C. (Perry et al., 2006; Zarrillo et al., 2008; Haas et al., 2013). La expansión a los Andes Centro-Sur ocurrió más tardíamente, donde se desarrollaron variedades nativas a cada región (Oliszewski y Olivera, 2009). En el Noroeste argentino, el maíz más antiguo fue hallado en

ocupaciones correspondientes a sociedades en el tránsito a modos de vida productivos entre 500 a. C. y la primera centuria d. C. (Rodríguez y Aschero, 2007), aunque la recuperación de restos microscópicos de almidones y fitolitos de *Zea mays* podrían retrotraer este cultivo al Arcaico tardío ca. 2000 a. C. (Babot, 2005). En los períodos posteriores se generó una mayor dependencia de las comunidades de este alimento básico a medida que se desarrollaron sistemas sociopolíticos de mayor complejidad entre los siglos I y XIV d. C. (Hastorf, 1990). La expansión del imperio Inca entre 1450 y 1550 d. C. convirtió al cultivo y consumo de maíz -especialmente de chicha- en un elemento clave de dominación por parte de la administración estatal sobre las poblaciones locales incorporadas al imperio (Logan et al., 2012).

En el área de estudio del Proyecto Arqueológico Chaschuil Abaucán PACHA¹ (Ratto, 2013) se han recuperado abundantes evidencias de maíz (ver más adelante). Antes de presentarlas, se hace necesaria una breve introducción del área de estudio y su historia socio-ambiental. Se trata del área del oeste de Tinogasta, localizada en el extremo sudoeste de la Provincia de Catamarca, Argentina. Está conformada por dos valles longitudinales, Fiambalá y Chaschuil, encerrados y separados entre sí por las sierras de Fiambalá, las de las Planchadas y de Narváez y la cordillera de los Andes en dirección este-oeste, mientras que por el norte los circunda la cordillera de San Buenaventura. Es un área vasta integrada por ambientes contrastantes con pisos de valles mesotérmicos (1400-2000 msnm), precordillera (2200-3500 msnm), puna transicional (3500-4500 msnm) y cordillera (superior a 4500 msnm). Este área fue escenario de un complejo proceso histórico socio-ambiental sucedido particularmente entre los siglos I y XVII d. C. Las investigaciones de los últimos veinte años del PACHA fueron la base de un modelo general de poblamiento elaborado por Ratto (Ratto,

¹ El Proyecto Arqueológico Chaschuil-Abaucán (PACH-A) dirigido por la Dra. Norma Ratto es un nombre genérico que se desarrolló en el tiempo (1995 a la fecha) en el marco de proyectos específicos financiados por la Universidad Nacional de Catamarca, la Fundación Antorchas, y en la actualidad la Universidad de Buenos Aires (F-357) y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT12-0196). Página web: www.proyectorpacha.com.ar

2013; Ratto et al., 2014) que sostiene que las tierras bajas del valle mesotérmico de Fiambalá atravesaron desde el siglo I hasta el XVII por procesos dinámicos de despoblamiento y repoblamiento vinculados básicamente a tres variables: (a) la inestabilidad ambiental (despoblamiento); (b) la intervención incaica (repoblamiento), y (c) la conquista y colonización española (traslados y despoblamiento). Entre los siglos I y XIII las sociedades agro-pastoriles habitaron e integraron las tierras tanto bajas como altas de las regiones de Fiambalá y Chaschuil. Sin embargo, la ocupación del valle mesotérmico se interrumpió a fines del siglo X mientras que continuó hasta el siglo XIII en las tierras altas, la puna transicional de Chaschuil y la Cordillera de San Buenaventura. Luego hubo abandono del fondo del valle por más de dos centurias debido a que el mismo no presentaba condiciones adecuadas para su habitabilidad (Valero Garcés y Ratto, 2005; Montero et al., 2009; Ratto et al., 2013).

En resumen, podemos decir que el proceso de inestabilidad ambiental ocasionó un impacto negativo sobre las sociedades agro-pastoriles asentadas en esos espacios entre los 500 y 1000 años de la era y afectaron la vida cotidiana y productiva de la gente, con modos de vida formativos, que provocó el despoblamiento del fondo del valle (ca. 1000 al 1250 d. C.) y el desplazamiento de las poblaciones a las tierras altas donde continuaron con sus prácticas (Ratto 2013). Los valles de Chaschuil y Fiambalá fueron repoblados cuando las condiciones ambientales mejoraron a mediados del siglo XIII d. C. (Ratto, 2013; Ratto et al., 2013). Este re-poblamiento ocurrió simultáneamente con la expansión del dominio Inca (siglos XIV a XVI d. C.) que movilizó gente de otras regiones del noroeste argentino con otras prácticas culturales como parte de la estrategia de dominación territorial. Hacia el siglo XVII d. C., la colonización española creó condiciones políticas de inestabilidad que causaron nuevas relocalizaciones de la comunidades y que generaron un proceso de despoblación de la zona (Ratto y Boxaidós, 2012).

Las evidencias más tempranas de maíz en el oeste de Tinogasta son restos botánicos de marlos y cariopses hallados en los sitios Palo Blanco NH1 (ca. 200-530 d. C.) y Punta Colorada (ca. 600-1000 d. C.), ambos localizados en el valle de Fiambalá (Sempé, 1983). Se propone que en ese momento las comunidades mantenían una forma de vida agropastoril aunque conservando prácticas de caza y recolección complementarias (Ratto y Orgaz, 2004; Ratto et al., 2010 b). Las evidencias posteriores provienen de los sitios de Batungasta (ca. 1450-1550 d. C.) y Lorohuasi (ca. 1550 d. C.) también localizados en este valle. El primer contexto arqueológico corresponde al período incaico y el segundo al primer momento de contacto colonial. El análisis morfológico de los restos arqueobotánicos y de ADN antiguo determinaron que existieron fuertes relaciones entre las razas locales antiguas y tres complejos del maíz: el andino, el de reventones sudamericanos y el de las nuevas razas derivadas de variedades introducidas luego de la conquista (Lía et al., 2007). La continuidad entre variedades arqueológicas y modernas fue planteada para aquellas razas pertenecientes al complejo andino (Cámara Hernández y Arancibia de Cabezas, 2007).

Por otra parte, el cultivo local de maíz fue inferido en la región del oeste de Tinogasta a partir de las extensas instalaciones agrícolas halladas a diferentes niveles de altitud en el valle de Fiambalá (Ratto et al., 2010 a; Orgaz y Ratto, 2013). Estas locaciones fueron construidas para la producción intensiva de alimentos y muestran un uso continuo a través del largo período Formativo de la región. Muchas fueron reutilizadas durante la ocupación Inca del territorio cuando el área cultivada se expandió en el contexto de la interacción de la organización sociopolítica local y grupos de mitimaes que fueron movilizados e instalados en la región por la administración estatal (Ratto y Boxaidós, 2012).

Aunque la evidencia arqueológica apunta a un importante apoyo alimentario en el maíz por parte de las poblaciones del oeste de Tinogasta a lo largo de todo su desarrollo sociohistórico, se desconocen aún en gran medida las maneras en las que este alimento fue preparado y consumido. Tampoco se ha estudiado si existieron

cambios sustanciales en las prácticas de preparación y consumo a través del tiempo. Para llenar este vacío de conocimiento se plantearon las preguntas que guiaron esta tesis. ¿Qué rol tuvo el maíz en la alimentación de las poblaciones del oeste tinogasteño en el lapso de los siglos III al XVI d. C.? ¿Cuáles fueron los cambios y las continuidades en las prácticas de preparación y consumo de maíz a raíz de los cambios sociopolíticos ocurridos a partir de la presencia incaica en la región?

La investigación se enmarcó teóricamente en la Arqueología Alimentaria que aborda el rol que tuvieron las prácticas de comensalidad en la construcción y mantenimiento de las relaciones sociales (Douglas y Isherwood, 1979; Appadurai, 1981; Miller, 1995; Mintz y Du Bois, 2002). En este sentido se consideró que las prácticas de consumo de comida en el mundo andino prehispánico se dieron fundamentalmente a través de dos modalidades: (i) la comensalidad simétrica que ocurrió en las unidades domésticas donde se inicia la socialización humana y se cristalizan las relaciones comunitarias y (ii) la comensalidad asimétrica que ocurrió en situaciones de monopolización del capital alimentario (en este caso el maíz) por parte de una organización estatal (en este caso la Inca) como estrategia de dominación política y simbólica. A su vez, el maíz tuvo un papel simbólico fundamental como bien de consumo e intercambio que participó de la configuración y articulación social a todos los niveles, tanto en ámbitos domésticos como aquellos comunitarios o festivos. Además, al protagonizar la elaboración de alimentos y bebidas ritualizadas y con alta carga simbólica tuvo un desempeño particular en las transformaciones políticas en contextos de jerarquización creciente (Moore, 1989; Goldstein, 2003; Williams et al., 2005; Dietler, 2006; Fallabella et al., 2008; Gil et al., 2009).

El objetivo general del proyecto PACHA propone conocer los cambios socio-culturales y medioambientales ocurridos en el oeste tinogasteño (Catamarca, Argentina) desde el Arcaico tardío (ca. 2000 a. C.) hasta fines de la ocupación incaica (ca. 1600 d. C.) definiendo los mecanismos de interacción entre el valle mesotérmico del bolsón de Fiambalá (1450-2700 msnm) y el área puneña-cordillerana de Chaschuil (3500-6000

msnm). Dentro del amplio lapso temporal se desarrollaron contextos socio-históricos caracterizados por sus diferentes organizaciones sociales, económicas, políticas e ideológicas, que ocuparon, aprehendieron e integraron ambas eco-zonas. Dichos contextos se sucedieron y transformaron en el tiempo ejerciendo mecanismos de competencia, negociación y acuerdo para privilegiar sus intereses, imponer sus sistemas simbólicos y/o reforzar la cohesión social.

Este proyecto de investigación doctoral se enmarcó en los objetivos del proyecto PACHA y buscó aportar conocimiento a la comprensión de la compleja dinámica de poblamiento a través del estudio de las prácticas alimentarias, ya que constituye una vía más para el acercamiento a las formas de vida de las poblaciones que habitaron esta región en el lapso considerado.

En este contexto, el objetivo general de esta tesis fue conocer las prácticas de preparación y consumo de maíz (*Zea mays*) llevadas a cabo por sociedades agropastoriles y estatal del oeste de Tinogasta entre los siglos III a XVI d. C.

Por su parte, los objetivos específicos fueron:

1. estudiar la variabilidad de las comidas y bebidas elaboradas a base de maíz, los productos alimenticios incorporados en la preparación de las recetas, las técnicas de procesamiento empleadas y los recipientes de alfarería utilizados para la preparación de alimentos;
2. estudiar la transmisión y reproducción de las prácticas relacionadas con el consumo de maíz tanto en los entornos domésticos como festivos de los diferentes contextos sociohistóricos de procedencia de las muestras, y

3. contribuir a la definición de la esfera simbólica del maíz, particularmente para establecer las continuidades y cambios ocurridos en los distintos contextos socio-históricos de donde provienen las muestras analizadas.

1.2 ESTUDIOS DE LOS RESIDUOS CULINARIOS

Para cumplir con estos objetivos se orientó la investigación a los estudios de los residuos de las actividades de cocina preservados en los enseres cerámicos arqueológicos. Los residuos culinarios son depositados en la superficie interna y penetran la matriz de la cerámica en el contacto con los alimentos durante las actividades de preparación, cocción y/o almacenaje. Esta matriz porosa funciona como una trampa o entorno protector de la materia orgánica (Copley et al., 2005) que le otorga una ventaja: una buena preservación de compuestos orgánicos, principalmente lípidos y almidones. En este sentido es de destacar que los residuos absorbidos en la matriz son la evidencia promediada de los múltiples usos de un recipiente a lo largo de su historia de vida, mientras que las adherencias o costras halladas en la superficie son resultado del último uso previo al abandono definitivo de la vasija (Skibo, 1992; Evershed, 2008).

Los métodos para la detección de maíz en residuos culinarios incluyen una serie de técnicas que provienen de otras disciplinas como por ejemplo las técnicas químicas de cromatografía de gases y de espectrometría de masa (Malainey et al., 1999; Mirón, 2002; Seinfeld, 2007), los análisis de isótopos estables de carbono de muestras completas y de compuestos específicos (Morton y Schwarcz, 2004; Reber y Evershed, 2004; Hart et al., 2007; Seinfeld et al., 2009) y los estudios microscópicos de almidones arqueológicos (Babot y Apella, 2003; Perry, 2004; Giovannetti, 2009; Piperno, 2009). El alcance de estos métodos es diferente según su nivel de resolución, pero la combinación de técnicas favorece la precisión de los resultados obtenidos y permite

generar interpretaciones arqueológicas más sólidas. Es por eso que en esta tesis se optó por utilizar una estrategia metodológica arqueométrica de vías múltiples en la que se aplicó una serie de técnicas químicas, isotópicas y arqueobotánicas sobre un mismo conjunto de muestras. Las mismas fueron recuperadas en sitios de Fiambalá (1350 a 2000 msnm) y Chaschuil (*ca.* 4000 msnm) abarcando la cronología desde el siglo III hasta el siglo XVI d. C. Además se conformó un importante conjunto de muestras de referencia de alimentos andinos y de reproducciones experimentales de recetas típicas preparadas en ollas réplica². Las muestras de referencia fueron sometidas a las mismas técnicas analíticas que las arqueológicas. Se generó un cuerpo de resultados de tamaño significativo que admitió la realización de análisis estadísticos descriptivos y multivariados. Esto permitió arribar a identificaciones más precisas del origen de los residuos recuperados en las cerámicas arqueológicas y evaluar la importancia del maíz en las prácticas alimentarias del oeste de Tinogasta.

1.3 TESIS A SOSTENER

La hipótesis de investigación sostiene que las prácticas de consumo del maíz tuvieron un alcance multidimensional, interactuando en la organización social, política e ideológica de los contextos sociohistóricos del oeste de Tinogasta de la provincia de Catamarca (siglos III al XVI d. C.). De esta manera se propone que su registro constituye un indicador que da cuenta de diferentes organizaciones socio-políticas de las sociedades Formativas (siglos III a XIII d. C.) y Estatal (siglos XIV a XVI d. C.). A saber:

² Las ollas réplica son vasijas cerámicas realizadas actualmente por un ceramista que imitan -o replican- a las ollas culinarias arqueológicas, respetando morfologías, dimensiones, volúmenes, materiales, porosidades, tipos de manufactura, acabados de superficie, entre otras propiedades.

1. En las poblaciones Formativas que habitaron la región entre los siglos III y XIII d. C. existió una fuerte transmisión y reproducción de prácticas alimentarias fundadas en la comensalidad doméstica y la reciprocidad simétrica. El maíz jugó un rol importante en la preparación de comidas en donde se combinó este producto con otros ingredientes de origen vegetal y animal que formaron parte del acervo alimentario de las comunidades. La continuidad alimentaria a lo largo del primer milenio se enmarcó en un proceso caracterizado por la repetitividad de las prácticas de las sociedades del primer milenio de la era. La expectativa fue registrar prácticas de preparación de alimentos caracterizados por: (i) una alta diversidad de ingredientes de origen vegetal y animal utilizados para la preparación de distintas recetas, y (ii) una alta frecuencia de vasijas con usos múltiples. Por lo tanto, se esperó una alta variabilidad en los perfiles de ácidos grasos, isótopos estables y almidones, que reflejasen la historia de vida de cada olla en relación a las decisiones y elecciones culinarias de los grupos domésticos.
2. Las prácticas de consumo de maíz cambiaron con la presencia estatal en la región entre los siglos XIV y XVI d. C., en relación con las estrategias de dominación llevadas a cabo por el incario donde el uso simbólico del maíz fue monopolizado. De esta manera, se incorporaron nuevas formas de consumo basadas en la reciprocidad asimétrica entre el Estado y las poblaciones locales, generando una reconfiguración social sobre la base de acuerdos y alianzas donde las prácticas alimentarias jugaron un papel sustancial. Para momentos estatales se esperó una continuidad en las prácticas de preparación de alimentos y la incorporación de otras nuevas relacionadas a eventos festivos (Orgaz et al., 2007). Por lo tanto, la expectativa fue registrar mayor variabilidad en los perfiles químicos de las ollas, por lo cual se esperó: (i) por un lado continuidad en las prácticas de preparación de alimentos que se vienen dando de tiempos formativos, y (ii) por otro la identificación de nuevos perfiles asociados a un conjunto cerámico destinado a la elaboración y servicio de bebidas festivas gestionadas por el Estado.

Para alcanzar los objetivos de la Tesis y poner a prueba las hipótesis planteadas sobre las prácticas de preparación de alimentos desarrolladas en la región a lo largo del tiempo, se analizó un total de 63 muestras, incluyendo tanto las arqueológicas como las de referencia. Se adelanta que la selección de muestras respondió a la necesidad de representar el habitar del área de estudio en el lapso de los siglos III al XVI d. C., por lo que proceden de sitios emplazados en distintos ambientes, presentan diferentes temporalidades y están asociadas a diversas funcionalidades.

1.4 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

La presente Tesis se organiza en 11 capítulos incluyendo el presente. Los tres capítulos siguientes plantean el problema de investigación y recopilan el estado del arte en la temática, tanto desde un punto de vista teórico como metodológico.

En el Capítulo 2 se exponen los antecedentes de investigación sobre las prácticas de preparación y consumo de maíz en el mundo andino. Se toma a la Arqueología Alimentaria como marco teórico para guiar la investigación y se discute el rol que tuvieron las prácticas de comensalidad en la construcción y mantenimiento de las relaciones sociales durante dominación estatal incaica. Se reseña la importancia económica y simbólica del maíz como bien de consumo e intercambio y elemento clave en la configuración y articulación social.

En el Capítulo 3 se introduce a las regiones de Fiambalá y Chaschuil en el oeste de Tinogasta (Catamarca, Argentina). Se realiza una breve síntesis de su historia cultural y ambiental, y se presentan los sitios de donde provienen las muestras analizadas. Se discuten los antecedentes en el estudio de las prácticas de consumo en el oeste tinogasteño y se reseñan las distintas líneas de evidencia que señalan la importancia

del cultivo y consumo de maíz. Además se destacan recursos vegetales y animales alternativos o complementarios al maíz que habrían constituido alimentos más resistentes a los episodios de inestabilidad ambiental por los que atravesó la región.

En el Capítulo 4 se exponen los métodos arqueométricos de detección de maíz a través de los estudios de residuos culinarios depositados y preservados en la alfarería arqueológica. Esto es abordado principalmente a través de tres vías: los análisis químicos de los residuos grasos absorbidos en la matriz cerámica, los análisis de isótopos estables de carbono de estos residuos y la microscopía de micro-vestigios vegetales como el almidón depositado en las superficies internas de las ollas.

En el Capítulo 5 se presenta la estrategia metodológica adoptada en esta tesis. Se parte de un marco interdisciplinario -la Arqueometría- y se elige aplicar una estrategia de vías múltiples, en la que se combinan análisis de caracterización química, isotópica y microscópica de los residuos culinarios preservados en las matrices cerámicas de las vasijas. Además, se plantea la integración de datos arqueométricos, tecno-morfológicos y contextuales para abordar las prácticas culinarias. Por último, se detalla cómo se conformaron los conjuntos de muestras arqueológicas y de referencia analizados en esta tesis.

En el Capítulo 6 se definen los materiales y métodos de cada técnica aplicada. Se detallan los procesos de preparación de las muestras, los métodos y las condiciones de análisis. En el Capítulo 7 se exponen los resultados obtenidos en la caracterización química de los residuos grasos. En el Capítulo 8 se muestran los resultados de los análisis isotópicos de los residuos grasos. En el Capítulo 9 se presentan los resultados de los estudios microscópicos de los residuos de almidón. En el Capítulo 10 se integran y discuten los resultados obtenidos por las tres vías de análisis y se contrastan las hipótesis planteadas.

Por último, en el Capítulo 11 se exponen las conclusiones alcanzadas y se plantean las nuevas preguntas a modo de agenda de trabajo que surgieron como resultado de esta investigación.

CAPÍTULO 2: EL MAÍZ EN EL MUNDO ANDINO

CAPÍTULO 2: EL MAÍZ EN EL MUNDO ANDINO

En este capítulo se exponen los antecedentes de investigación sobre las prácticas de preparación y consumo de maíz en el mundo andino. En primer lugar se enmarca el estudio en la Arqueología Alimentaria y se discute el rol que tuvieron las prácticas de comensalidad en la construcción y mantenimiento de las relaciones sociales. A continuación se introducen los tipos de comensalidad que coexistieron en el mundo andino prehispánico: la simétrica y la asimétrica.

2.1 ARQUEOLOGÍA ALIMENTARIA: CONSUMO, IDENTIDAD Y MATERIALIDAD

La Arqueología Alimentaria se basa en la Antropología Alimentaria, que define al “evento alimentario” como un hecho social total que forma parte del entramado de las prácticas socioeconómicas, políticas y simbólicas del consumo alimentario. El consumo se da en un escenario cultural de disputas y negociaciones (Douglas y Isherwood, 1979). Si bien el alimento es necesario para cumplir con las necesidades básicas de subsistencia, el mismo desempeña la función esencial de dar sentido a una realidad. Se trata de una práctica social en donde entran en tensión las preferencias personales y las reglas sociales. Es un hecho social que puede indicar rango y rivalidad, solidaridad y comunidad, identidad o exclusión. Por lo tanto, las prácticas de obtención, producción, preparación, acopio, redistribución y descarte de alimentos juegan un papel importante en la creación y mantenimiento de las relaciones sociales (Gumerman, 1997).

La preparación de alimentos se puede llevar a cabo a diferentes escalas, donde las reglas que la regulan y los actores que participan pueden variar (Lyons, 2007):

- (a) A escala de la unidad doméstica, los ingredientes, técnicas y tecnologías elegidas para preparar la comida dependen del recetario familiar, y las porciones están calculadas en función de los comensales. La comida familiar es un evento diario cuya importancia radica en compartir el alimento, establecer la comunicación diaria entre los miembros y reafirmar los roles familiares, es decir la comensalidad familiar (Figura 2.1 A).

- (b) A nivel comunitario, la elaboración del alimento puede involucrar varias personas trabajando corporativamente durante un tiempo prolongado, con el objetivo de proporcionar comida a un mayor número de personas en un contexto de reunión, festividad o práctica ritual. A esta escala, la preparación de alimentos implica mayor solidaridad entre los productores, que puede estar mediada por una gestión comunitaria igualitaria o por una organización jerárquica de la producción. Este tipo de prácticas están asociadas a los conceptos de hospitalidad (Williams et al., 2005; Giovannetti, 2009) o comensalidad asimétrica (Figura 2.1 B).

(A)



(B)



Figura 2.1 Fotografías retratando los distintos tipos de comensalidad en zonas rurales de la provincia de Catamarca (cortesía Norma Ratto). Fotografía A, preparación de comida familiar en una casa; Fotografía B preparación comunitaria de comida para festejar las fiestas patronales.

El consumo de alimentos no sólo implica su ingesta sino también la tecnología que la rodea y el contexto sociopolítico y/ religioso en el que se la enmarca. Involucra una serie de convenciones culturales que se relacionan con el medio ambiente, la economía, la nutrición, la organización social, las y sus cosmovisiones. Por lo tanto la alimentación supera la mera subsistencia y forma parte de un código compartido de formas de preparar y consumir cuya negociación es constante. La comida no refleja pasivamente a la sociedad, sino que la crea y recrea a través de las acciones de los individuos que participan de la misma (Gumerman, 1997).

Para Appadurai (1981) la comida es un vehículo de mensajes sociales. Su virtud semiótica radica en que por un lado es un bien perecedero y de necesidad constante -y por lo tanto está enraizado en el discurso social cotidiano- y por otro lado tiene la capacidad de movilizar emociones fuertes ligadas al papel afectivo que se tiene con la comida, como centro de la nutrición y socialización de las personas. Este papel afectivo

además participa de los sistemas de clasificación del mundo que imponen los códigos alimentarios (Lévi-Strauss, 1965; Douglas y Isherwood, 1979). Además, la comida tiene la propiedad de actuar como homogeneizador (el compartir en la mesa familiar) o heterogeneizador (el compartir en un contexto de reciprocidad jerárquica). Asimismo, la construcción de la memoria social muchas veces está relacionada con rituales que involucran comida o bebida, en las cuales se hace una puesta en escena de los mitos de origen, el culto a los ancestros, u otros rituales ligados a la memoria (Mintz y Du Bois, 2002).

En el mundo andino prehispánico, que abarcó desde Ecuador, Perú, Bolivia, el norte de Chile y el noroeste de Argentina, existió una cosmovisión compartida ancestral, aunque con diversidades propias de cada región, que en muchos casos continúa vigente hasta la actualidad en las comunidades tradicionales. El concepto ampliamente extendido de *sumaq kausay* condensó la idea del buen vivir con el buen comer (Acosta y Martínez, 2009). En esta cosmovisión, el criar y hacer crecer los cuerpos era análogo con alimentar la tierra (*Pachamama*) y nutrir a los muertos. El *sumaq kausay* formó parte de un esquema de reciprocidad existente entre la comunidad de los vivos, la tierra y los ancestros, y aseguró la reproducción de la vida de manera armónica. Esta cosmovisión estuvo enriquecida por el papel que jugó lo doméstico y lo femenino en la construcción de los espacios de socialización y nutrición. Pazzarelli (2010) destaca que las transformaciones sufridas por los alimentos para convertirse en "comidas" (picado, molido, deshidratado, hervido, fermentado) excedió la mera producción de sustancias comestibles y se convirtió en una verdadera productora de sentidos, de clasificaciones del mundo, de manera homóloga al flujo vital entre los vivos y los antepasados.

2.2 EL CONSUMO DE MAÍZ EN EL MUNDO ANDINO

En el mundo andino prehispánico, el maíz funcionó como un bien de consumo e intercambio que participó de la configuración y articulación de relaciones sociales a

todos los niveles. Existe consenso en que los cambios en las maneras en que el maíz fue cultivado, procesado y consumido pueden informar sobre cómo ocurrieron las transformaciones políticas y sociales. Un ejemplo es el desarrollo de la ritualización de ciertos alimentos o bebidas en un contexto de creciente jerarquización. El doble papel jugado por el maíz, tanto en la comensalidad diaria como en festividades y banquetes, lo convierte en un elemento de alta carga simbólica (Moore, 1989; Hastorf, 1990; Goldstein, 2003; Williams et al., 2005; Dietler, 2006).

La ritualización en un contexto de jerarquización creciente marcó un contrapunto entre la gestión doméstica de la alimentación versus la organización estatal de la producción y consumo de alimentos. Esto generó una tensión entre ambos sistemas de gestión alimentaria que se agudizó con la expansión estatal incaica. La utilización del maíz como símbolo de la alimentación ritualizada tuvo como objetivo la cristalización y legitimación de las desigualdades sociales propias de la organización estatal, en concreto a través de la monopolización del consumo de la *chicha* en contextos de reciprocidad asimétrica (Orgaz, 2012).

Esta ritualización a su vez puede explicarse mediante dos procesos: la intensificación y la extensificación (Hastorf y Johannessen, 1993). El primer proceso da cuenta de la incorporación de nuevas prácticas de consumo que imitan usos y significados que se daban en el pasado, reforzando una relación de continuidad. Un ejemplo es el uso de la *chicha* en contextos rituales del estado incaico, intensificando y resignificando el valor simbólico de esta bebida, que también era consumida cotidianamente a nivel doméstico por las poblaciones agroalfareras que ya habitaban el mundo andino hace milenios. El segundo proceso es la extensificación, que da cuenta de la expansión de los usos y significados de un alimento a una parte más amplia de la sociedad, creando nuevos valores y significados. La expansión geográfica e incremento del cultivo de maíz y la extensión de las prácticas de su consumo durante el período estatal incaico dan cuenta de este proceso. Ambos procesos de ritualización -extensificación e intensificación- fueron en definitiva métodos de dominación de la organización estatal

sobre las poblaciones locales que eran incorporadas a la provincia sureña del imperio (Hastorf y Johannessen, 1993).

Además, no hay que perder de vista que el motivo estratégico del Incario para extender sus fronteras al sur era empujar la frontera agraria maicera hacia los valles fértiles del área del circum-Titicaca, el Noroeste argentino y los oasis del Norte Grande chileno. La estrategia de dominación se basó en el movimiento y traslado de poblaciones, y en el trabajo de mitimaes dedicados a una agricultura estatal intensiva de maíz subvencionada por la alimentación-intoxicación a base de chicha (Randall, 1993; Orgaz, 2012).

Los cambios en el papel jugado por el maíz en los sistemas culinarios andinos a través del tiempo se materializaron en la diversificación progresiva de las técnicas culinarias, incorporando procesamientos como el molido y el fermentado a los tradicionales métodos de hervido y tostado o reventado. Este cambio hacia técnicas y cadenas de procesamientos más complejas pudo estar relacionado con una mayor complejidad en la organización de la producción alimentaria, especialmente en el caso de las bebidas alcohólicas utilizadas para libaciones y fiestas comunitarias. Hastorf y Johannessen (1993) proponen que la complejidad simbólica de la chicha proviene de tres transformaciones que sufre el maíz para dar como resultado la bebida alcohólica. La primera transformación está relacionada con la materia prima. El mote al ser hervido no pierde su forma característica de maíz, mientras que el maíz utilizado para la chicha es sometido a un proceso largo en donde el resultado final es irreconocible de la materia prima inicial. Estos pasos varían regionalmente, pero pueden resumirse en la molienda, el agregado de enzimas, el fermentado, la cocción, el decantado, el colado, el separado, el hervido y el almacenaje. La segunda transformación se refiere a los consumidores, ya que la intoxicación por medio del alcohol es un canal de comunicación con el mundo ancestral o espiritual. La tercera transformación está dada por las características del maíz como cultivo. Debido a la ausencia de un ancestro

salvaje del maíz en el área andina, se convierte en una planta particularmente doméstica, un “cultígeno enculturado” (Hastorf y Johannessen, 1993).

En síntesis, nuestra contribución se fundamenta en una aproximación a la organización de la vida social de las poblaciones andinas prehispánicas a través del estudio de sus transformaciones culinarias. Estas dan cuenta de un proceso social dinámico donde algunas prácticas alimentarias se continúan, otras se agregan, unas terceras se pierden. En el oeste de Tinogasta (Catamarca), luego de más de un milenio de continuidad en las prácticas culturales de los modos de vida formativos (siglo III a XIII d. C.), sobrevino un nuevo escenario de abrupto cambio en la organización social con la instalación del estado incaico (siglos XIV a XVI) (Ratto, 2013), que entre otras cosas promovió la transición de la gestión doméstica a la gestión estatal de la producción y consumo alimentario. Este proceso estuvo vinculado con la centralización de la organización de los eventos festivos, en donde la hospitalidad brindada por el Estado fue un modo de ejercer poder simbólico sobre las poblaciones locales. Considerando que las festividades son los escenarios en los que se cristalizan y recrean las convenciones sociales y se reafirman las identidades, la centralización implicó una pérdida de poder de autonomía de las poblaciones locales, que se habrían adaptado a los nuevos sistemas productivos y de consumo, no sin presentar resistencias que reafirmasen sus propias identidades. Esta tesis se propone estudiar las comidas producidas y consumidas por dichas sociedades antes y durante el proceso de dominación imperial y la identidad de las poblaciones que habitaron el oeste de Tinogasteño en épocas prehispánicas.

CAPÍTULO 3:
SOCIEDAD,
AMBIENTE Y
ALIMENTACIÓN EN
EL OESTE DE
TINOGASTA

CAPÍTULO 3

SOCIEDAD, AMBIENTE Y ALIMENTACIÓN EN EL OESTE DE TINOGASTA

Este capítulo introduce la región del oeste de Tinogasta (Catamarca, Argentina), describe su historia cultural y ambiental, y presenta los sitios de donde provienen las muestras analizadas en esta Tesis. Luego se exponen las evidencias de las prácticas de cultivo y consumo de maíz en el área de estudio. Finalmente se discuten los recursos vegetales y animales alternativos o complementarios que pudieron constituir alimentos más resistentes, aptos y disponibles en momentos de fracaso de los cultivos de maíz.

3.1 HISTORIA CULTURAL Y AMBIENTAL DEL OESTE DE TINOGASTA

3.1.1 Breve referencia a las características geográficas de la región

El área de estudio del oeste de Tinogasta se encuentra localizada en el extremo sudoeste de la provincia de Catamarca, en el noroeste de Argentina (Figura 3.1). Forma parte del sector meridional de los Andes Centro-Sur que abarca el norte de Chile, oeste de Bolivia y noroeste de Argentina. Es un área vasta comprendida por los valles longitudinales que conforman las Regiones de Fiambalá y Chaschuil, respectivamente. Las mismas se encuentran separadas por las cordilleras de Las Planchadas y Narváez. Ambientes diversos y contrastantes están representados en el oeste de Tinogasta, tales como el valle mesotérmico de Fiambalá (1400-2400 msnm), la precordillera de las Sierras de Narváez y Las Planchadas (2400-3500 msnm), la puna transicional de Chaschuil (3500-4000 msnm) y la Cordillera de los Andes (4000-6700 msnm). Los límites geográficos de esta extensa zona son los valles húmedos en el este, la puna meridional en el norte y la tercera región de Chile en el oeste (Figura 3.1).

La región de Fiambalá está formada por el valle mesotérmico homónimo que corre de norte (S27°08'0" W67°42'0") a sur (S27°58'0" W67°38'0") y se encuentra a una altitud de 1400 a 2400 msnm con un gradiente sur-norte. La hidrografía del valle está formada por cursos de agua que escurren hacia el sur y depósitos aluviales formados principalmente en el Cuaternario. La cuenca del río Fiambalá-Abaucán contiene a los Guanchín-Chaschuil, La Troya y otros que nacen en las Sierras de Fiambalá, la cordillera de Narváez y la cordillera de San Buenaventura, ubicadas al este, oeste y norte del bolsón, respectivamente. Esta red también se alimenta con otros cursos de régimen temporario. El clima moderno es árido a semiárido. La considerable altura de la cordillera de los Andes (4500 msnm) localizada al oeste actúa como barrera geográfica impidiendo el paso de la humedad. Hoy en día la precipitación varía entre 150 a 200 mm anuales y las lluvias estivales son torrenciales y pueden tener consecuencias catastróficas tales como inundaciones extensivas. El área está inserta dentro del Distrito Fitogeográfico del Monte, perteneciente al Dominio Chaqueño (Cabrera y Willink, 1973; Morlans, 1985; Morlans y Guichón, 1994). Las comunidades climáticas del Distrito Botánico son: (i) el Monte Espinoso y el Arbustal. En el pasado, los algarrobales (*Prosopis* sp.) se extendían a lo largo de todo el río Abaucán pero la deforestación extensiva los ha restringido a las inmediaciones de las poblaciones y al pie de los cerros, formando un paisaje de manchones o bosques en galería. Esto resultó en la pérdida de la cobertura vegetal total que a su vez disparó un progresivo proceso de desertificación y favoreció la acción erosiva fluvial, pluvial y eólica (Palacios y Brizuela, 2005; Ratto y Boxaidós, 2012; Ratto et al., 2013).

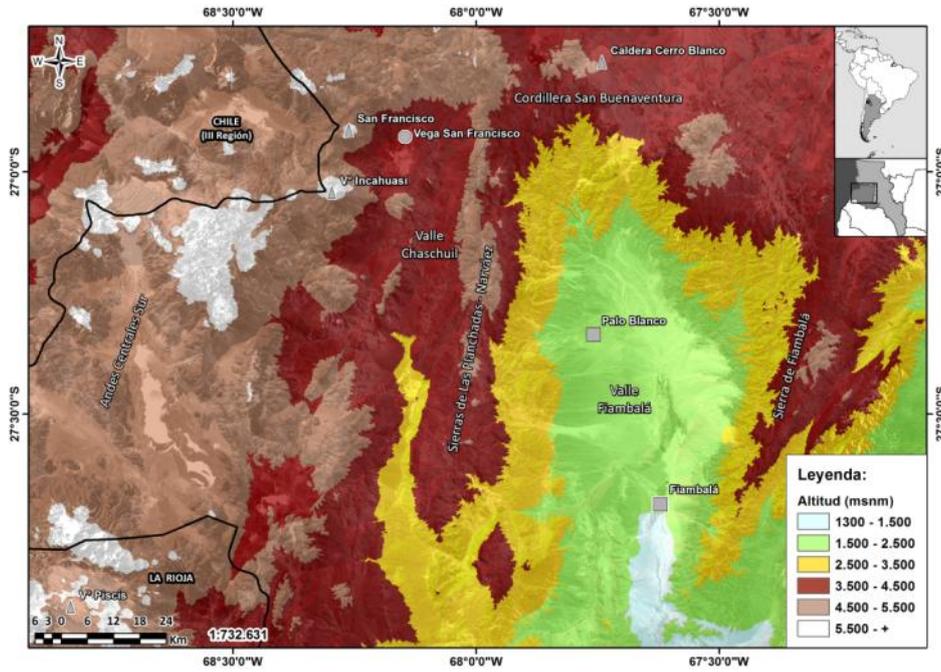


Figura 3.1. Mapa de la región del Oeste de Tinogasta. Se observan los rasgos topográficos más relevantes y las localidades actuales de Flambalá y Palo Blanco.

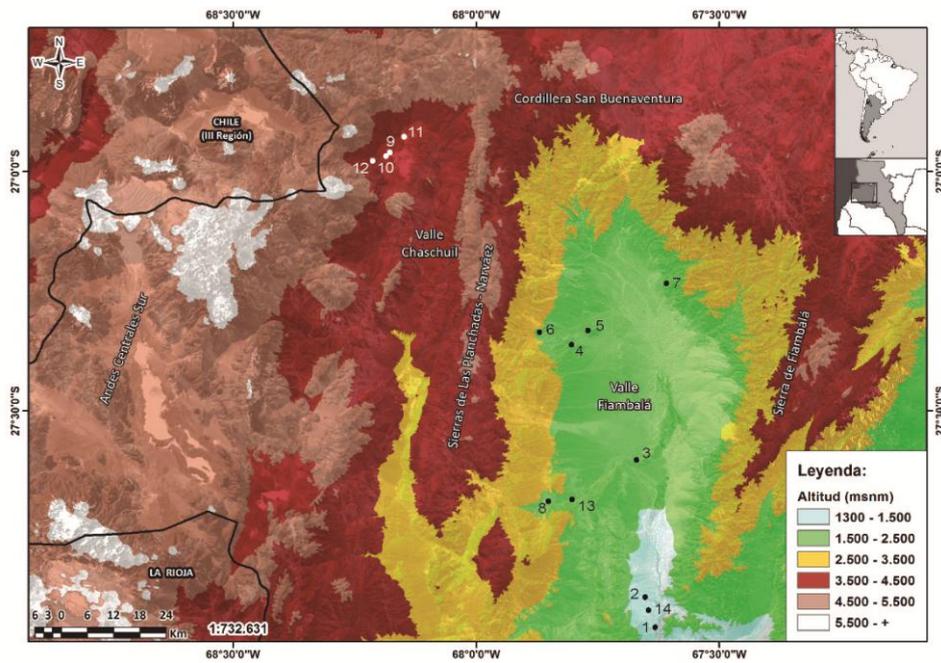


Figura 3.2. Mapa arqueológico de la región del Oeste de Tinogasta. Referencias: 1, La Troya LT-V50 ; 2, Batungasta; 3, Mishma 7; 4, Quintar 1; 5, Palo Blanco; 6, Ojo del Agua; 7, Cardoso; 8, Punta Colorada; 9, San Francisco; 10, El Zorro; 11, Laguna Salada; 12, Las Coladas; 13, Lorohuasi; 14, Sitio Experimental.

La región de Chaschuil se ubica en una zona de transición cordillerana o puna transicional y corre de norte (S26°54'0" W68°06'0") a sur (S27°47'0" W68°05'0") con altitudes de 3500 a 4700 msnm en gradiente sur-norte. Comprende las cabeceras del río Chaschuil y tributarios como los ríos Cazadero Grande, Las Lozas y Las Peladas. Presenta características fitogeográficas de los Distritos de Puna y Altoandino (Cabrera y Willink, 1973; Morlans y Guichón, 1994; Martínez Carretero, 1995; Cajal, 1998). En el sector alto del valle se localiza la vega de altura San Francisco (4000 msnm) con sus pastizales circundantes (Ratto et al., 2012). El clima hoy día es semidesértico y está clasificado como un ambiente de parches con áreas restringidas de alta biodiversidad y concentración de nutrientes que promueven la vida silvestre, especialmente las poblaciones de camélidos sudamericanos (Ratto et al., 2002; Ratto, 2006, Pérez y Ratto 2004).

3.1.2 Paisaje cultural del área de estudio

Al estado actual del conocimiento generado por el Proyecto PACHA, se sabe que el proceso cultural regional del oeste catamarqueño tuvo una impronta propia que en parte se asemeja -y en otra se diferencia- de regiones vecinas (Ratto, 2013). Los estudios paleoambientales dan cuenta de fluctuaciones climáticas y actividad volcánica explosiva y sísmica recurrente durante el Holoceno medio y tardío (Ratto et al., 2013). El resultado fue la generación de ambientes inestables que imposibilitaron la ocupación continua y sostenida en tiempos del Arcaico de los pisos ecológicos de la puna transicional de Chaschuil (3500-4000 msnm), mientras que hicieron poco viable la ocupación de los valles mesotérmicos de la región de Fiambalá (1400-1900 msnm). Una de las características de estos eventos catastróficos, de origen volcánico, es que arrojaron y depositaron grandes cantidades de material piroclástico no consolidado sobre la corteza terrestre. Con el tiempo estas grandes masas sedimentarias se retroalimentaron con otros agentes que las erosionaron y/o re-transportaron generando cambios y/o modificaciones en la topografía de los fondos de valle y en la

dinámica fluvial regional que impactaron sobre las poblaciones del primer milenio (Valero Garcés y Ratto, 2005; Montero et al., 2009). Los acarreos del tipo de flujo de material pumíceo tuvieron gran magnitud y extensión. La afectación se puede observar claramente en el caso de la localidad de Palo Blanco (ca. 200-1000 d. C.). El núcleo habitacional 3 de esta localidad arqueológica (PB-NH3) fue sepultado por dos eventos de estas características mientras que el núcleo habitacional 6 (PB-NH6) sólo por uno. El primero ocurrió en un tiempo posterior a 500 d. C., mientras que el último se produjo en algún momento posterior al año 900 d. C. (Bonomo et al., 2010; Ratto y Basile, 2010). Estos eventos de la naturaleza causaron impactos negativos directos e indirectos sobre las poblaciones asentadas en el fondo de valle que provocaron largos períodos de desocupación de las tierras, una baja densidad ocupacional y/o movimientos de gentes. De esta manera, los períodos de inestabilidad ambiental contribuyeron a que las regiones se ocuparan en forma continua, esporádica o alternada a lo largo del tiempo.

El área de estudio cuenta con un modelo general de poblamiento (Ratto, 2013; Ratto et al., 2014 a) que sostiene que las tierras bajas del valle mesotérmico de Fiambalá atravesaron desde el siglo I hasta el XVII por procesos dinámicos de despoblación y repoblación, vinculados básicamente a tres variables: (a) la inestabilidad ambiental (despoblamiento); (b) la intervención incaica (repoblamiento), y (c) la conquista y colonización española (traslados y despoblamiento).

Entre los siglos I y XIII d. C. las sociedades agro-pastoriles habitaron tanto las tierras bajas como altas de las regiones de Fiambalá y Chaschuil. Los grupos que habitaron estas regiones desarrollaron economías productivas de agricultura y pastoreo, aunque mantuvieron las prácticas de caza y recolección. Los poblados estaban distribuidos de manera dispersa en diferentes pisos altitudinales aprovechando los recursos disponibles en los diferentes ambientes. Estas comunidades fueron dueñas de una identidad y memoria cohesiva que perduró en el tiempo, reproduciendo los modos de hacer las cosas y los estilos de vida durante más de diez siglos (Ratto, 2013).

Sin embargo, la ocupación se vio interrumpida a fines del siglo X d. C. en el valle mesotérmico, mientras que continuó hasta el siglo XIII d. C. en las tierras altas, la puna transicional de Chaschuil y la Cordillera de San Buenaventura. El abandono del fondo del valle por más de dos centurias se debió a que el mismo no presentaba condiciones adecuadas para su habitabilidad, ocasionando un impacto negativo sobre las sociedades agro-pastoriles asentadas en esos espacios entre los 500 y 1.000 años de la era (Ratto 2007; Bonomo et al. 2010; Ratto y Basile 2010). Estas condiciones afectaron la vida cotidiana y productiva de la gente, con modos de vida formativos, y provocó el despoblamiento del fondo del valle (ca. 1.000 al 1.250 d. C.) y el desplazamiento de las poblaciones a las tierras altas donde continuaron con sus prácticas (Ratto 2013).

Los valles de Chaschuil y Fiambalá fueron repoblados cuando las condiciones ambientales mejoraron a mediados del siglo XIII d. C. (Ratto, 2013; Ratto et al., 2013). Este re-poblamiento ocurrió simultáneamente con la expansión del dominio Inca (siglos XIV a XVI d. C.) que movilizó gente de otras regiones del noroeste argentino con otras prácticas culturales como parte de la estrategia de dominación territorial. Hacia el siglo XVII d. C., la colonización española creó condiciones políticas de inestabilidad que causaron nuevas relocalizaciones de la comunidades y que generaron un proceso de despoblación de la zona (Ratto y Boxaidós, 2012).

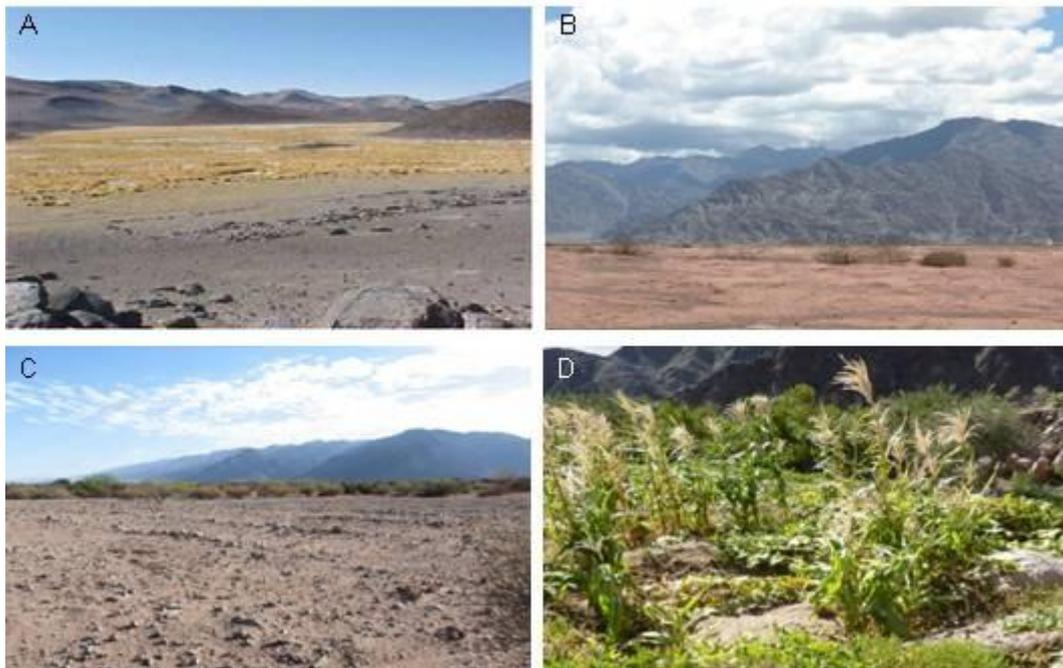


Figura 3.3. Paisajes arqueológicos del oeste de Tinogasta: A, ambiente de puna transicional y vista de vega de San Francisco y del sitio Inca San Francisco en la región de Chaschuil ; B, ambiente de valle mesotérmico y vista de barreal en la región de Fiambalá; E, Campos de cultivo arqueológicos en el valle mesotérmico (El Puesto 1) en la región de Fiambalá (cortesía Martín Orgaz); F, Cultivos actuales de maíz en Las Termas, localidad actual de de Fiambalá (cortesía Norma Ratto).

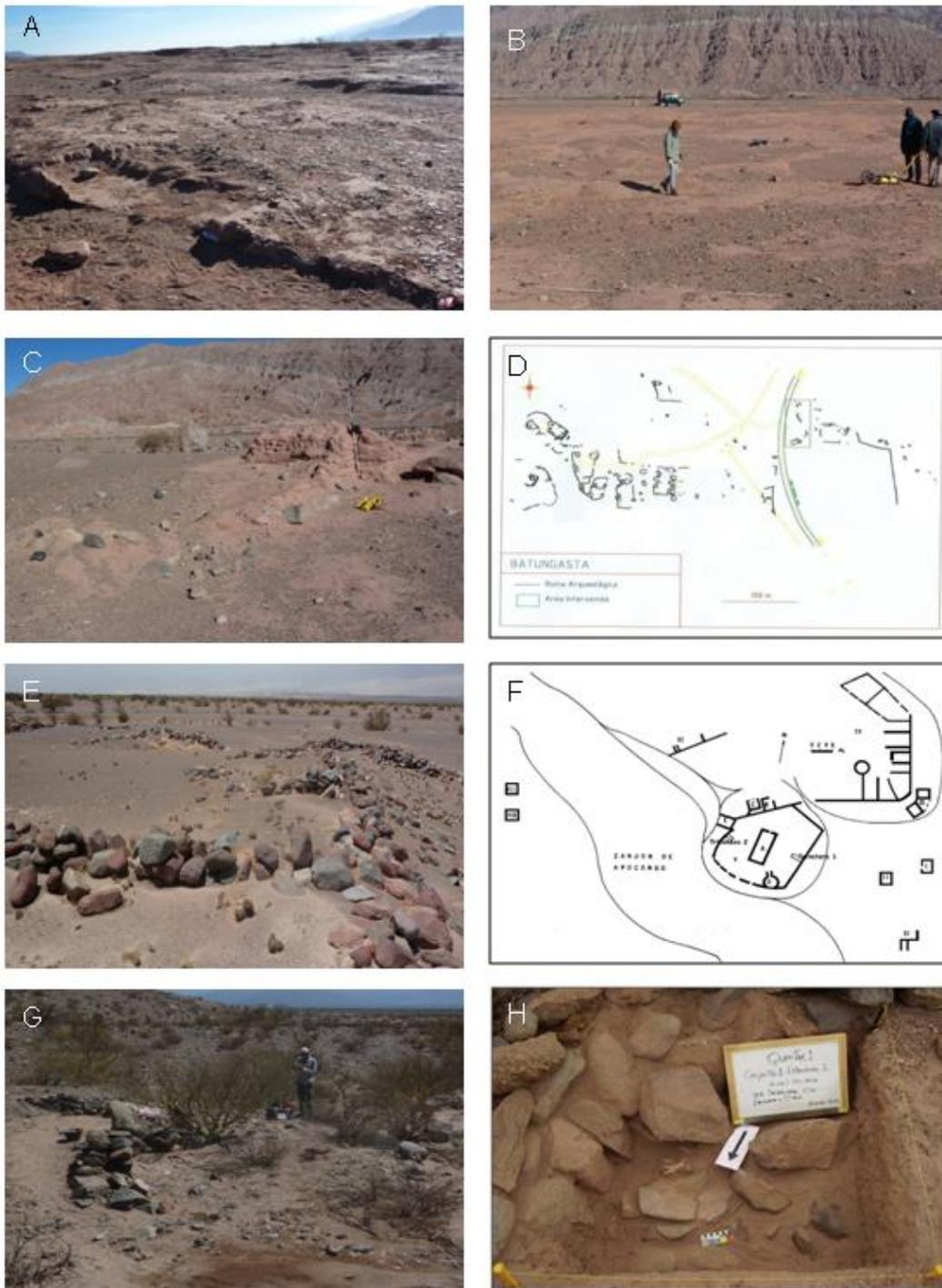


Figura 3.4. Sitios arqueológicos del oeste de Tinogasta. A y B, vista del sitio y relevamiento de La Troya LT-V50 (cortesía Norma Ratto); C y D, vista del sitio y plano de Batungasta (Ratto, 2005); E y F, Vista del sitio Mishma 7 (cortesía Norma Ratto) y plano (Sempé, 1976); G y H, vista del sitio Quintar 1 y detalle de excavación (cortesía Norma Ratto).

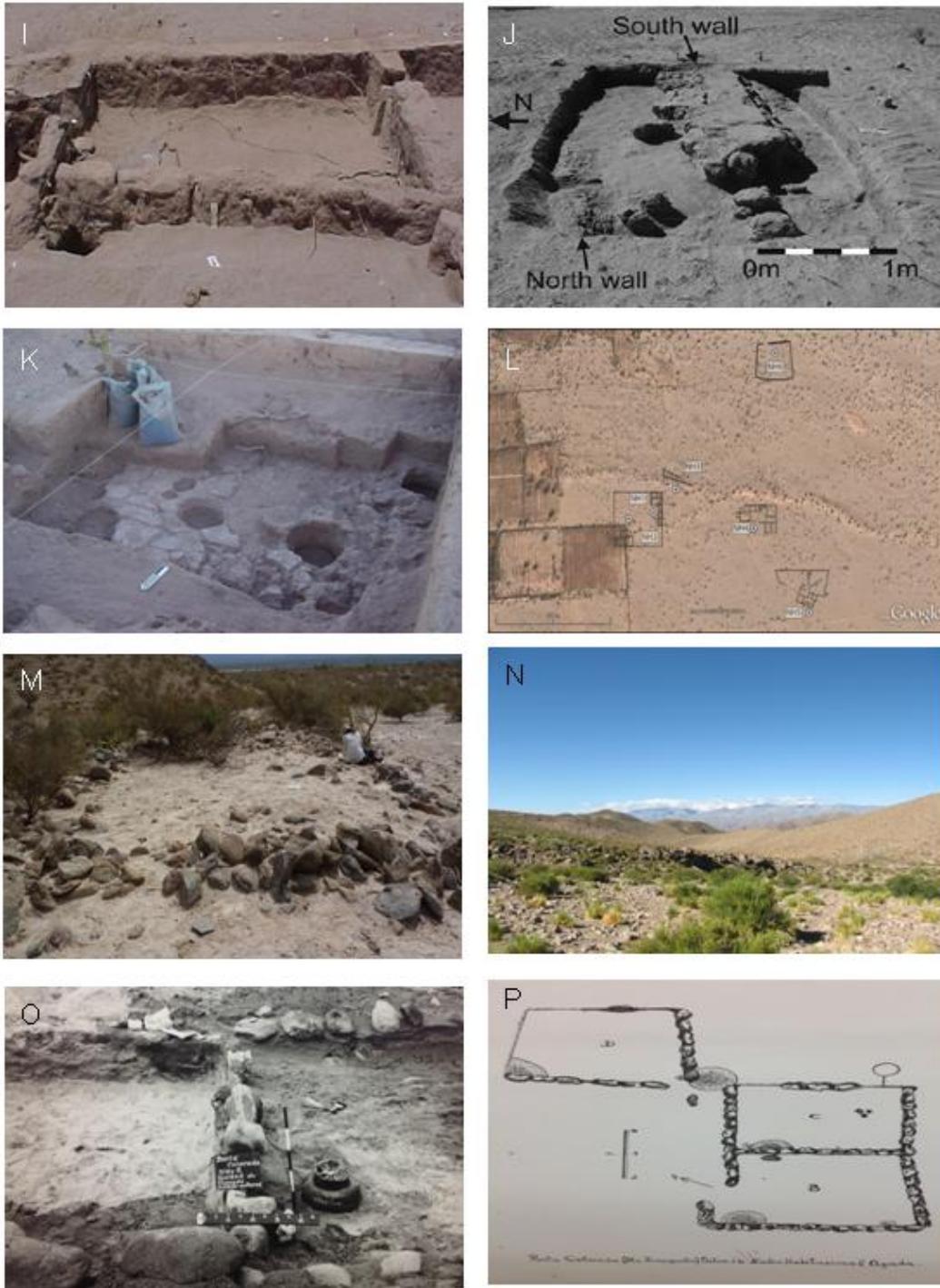


Figura 3.4 continuada. I, excavación de Palo Blanco NH3, J y K excavación de Palo Blanco NH6; L, imagen satelital de Palo Blanco y planos de los núcleos habitacionales NH1 a NH6; M, vista del sitio Cardoso; N, vista del sitio Ojo del Agua; O, y P, vista de excavación y plano de Punta Colorada (Sempé, 1976).

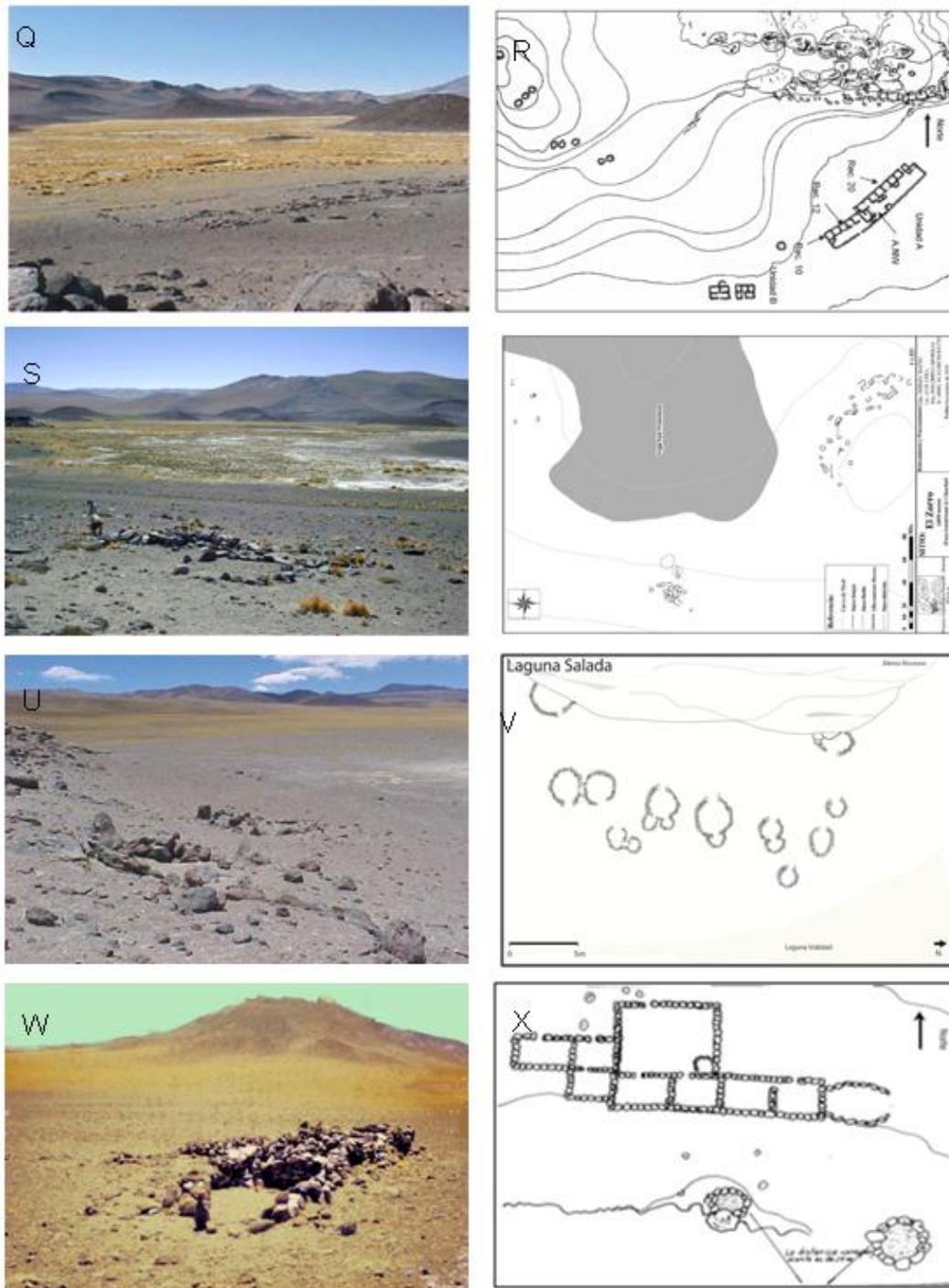


Figura 3.4 continuada. Q y R, Vista y plano del sitio San Francisco (Ratto, 2003; Orgaz et al., 2007); S y T, Vista y plano de El Zorro (Ratto, 2003; Ratto et al., 2012); U y V, Vista y plano de Laguna Salada (Ratto, 2003); W y X, Vista y plano de Las Coladas (Ratto, 2003).

3.1.3 Prácticas de preparación y consumo en los sitios arqueológicos del oeste de Tinogasta

Las muestras cerámicas estudiadas en esta tesis fueron recuperados en sitios de las regiones de Fiambalá (1350 a 2400 msnm; Figura 3.3 B) y Chaschuil (4000 a 4200 msnm; Figura 3.3 A) y abarcan el lapso desde el siglo III hasta el siglo XVI d. C. Las muestras fueron seleccionadas para representar los distintos tipos de ocupaciones, actividades, ambientes y períodos cronológicos. Las características de los sitios están descritas en la Tabla 3.1 e ilustradas en la Figura 3.4. Las ubicaciones geográficas se observan en la Figura 3.2. A continuación se presentan las características generales de los sitios arqueológicos y los detalles de procedencia de las muestras seleccionadas. Vale aclarar que los procesos intensos de formación acontecidos en el área hacen que las muestras no puedan correlacionarse con pisos de ocupación o estructuras específicas, es decir que no puede afirmarse que los fragmentos hayan sido recuperados *in situ*. Por lo tanto, la procedencia es considerada a grandes rasgos como pertenecientes a cada sitio. En esta sección se hace breve referencia a los contextos de hallazgo de las muestras en los sitios correspondientes. En el Capítulo 5 se describen las muestras cerámicas en mayor profundidad.

Sitio	Cantidad de muestras	Tipo de ocupación	Ambiente	Altitud (msnm)	Región	Fecha radiométrico (A. P.)*	Años calibrados d. C.**	Coordenada geográfica (WGS84)	Referencia bibliográfica	
Siglos III al XIII FORMATIVO- PRIMER MILENIO	Palo Blanco NH1	1	R	VM	1900	Fi	1760 ± 95 (AC365) 1640 ± 100 (AC366)	208-385 326-529	S27°20'17.9`` W67°44'33.3``	[2; 5]
	Palo Blanco NH3	1	R	VM	1900	Fi	1566 ± 39 (AA65138) 1467 ± 39 (AA65139)	458-535 596-639	S27°20'17.9`` W67°44'33.3``	[1; 2]
	Palo Blanco NH4	1	R	VM	1900	Fi	1540 ± 90 (LP344)	427-599	S27°20'17.9`` W67°44'33.3``	[2; 5]
	Palo Blanco NH6	1	R	VM	1900	Fi	1236±37 (AA81735) 1194±37 (AA81736)	693-748 800-882	S27°20'17.9`` W67°44'33.3``	[2; 6]
	El Zorro	1	R	PT	4050	Ch	1706 ± 37 (AA95554) 1604 ± 49 (AA95553) 1062 ± 36 (AA95559)	322-392 478-534 968-1019	S26°55'55.7`` W68°09'14.4``	[2; 8; 10]
	Punta Colorada Sitio 2	1	R	VM	2290	Fi	1240 ± 90 (LP441)	770-902	S27°13'37.5`` W67°36'59.0``	[7; 2]
	La Troya LT-V50	3	R	VM	1380	Fi	1250±85 (AC1718)	687-784	S27°55'13.7`` W67°39'28.0``	[1; 2]
	Ojo del Agua 1	1	R	PC	2400	Fi	990±45 (AA89937)	994-1047	S27°20'03.9`` W67°51'57.8``	[1; 2]
	Cardoso	1	R	VM	1970	Fi	s/d	Contexto Formativo-Tardío	S27°13'37.5`` W67°36'59.0``	[2]
	Laguna Salada	1	R	PT	4030	Ch	1315±130 (UCTL1316)	555-815	S26°54'56.5 W68°06'17.4	[2; 10]
Siglos XIII a XVI TARDÍO - INCA	Quintar 1	1	R	VM	1750	Fi	775 ± 44 (AA89936)	1123 -1273	S27°21'48.5`` W67°46'52.2``	[2; 4]
	Mishma 7	2	R	VM	1760	Fi	514 ± 35 (AA69979-2) 297 ± 26 (MTC15592)	1414-1439 1522 -1573	S27°35'07.6`` W67°41'16.7``	[2; 3; 4; 9]
	San Francisco Inca	4	R FC	PT	4000	Ch	550 ± 50 (UCTL-1313)	1400 - 1500	S26°55'20.3`` W68°08'17.4``	[2; 3; 8; 10; 11]
	Las Coladas	1	R FC	PT	4200	Ch	s/d	Contexto Inca	S26°57'25.7 W68°11'09.7	[2; 10; 11]
	Batungasta	4	R	VM	1480	Fi	380 ± 60 (AC172) 278 ± 29 (MTC-15591)	1445-1522 1524-1558	S27°52'44.3`` W67°40'53.4``	[2; 3]

Tabla 3.1. Emplazamiento geográfico y cronología de los sitios arqueológicos del oeste de Tinogasta (Catamarca, Argentina) estudiados en esta tesis. Referencias: R, residencial; FC, festivo ceremonial; VM, valle mesotérmico; PC, precordillera; PT, puna transicional; Fi, región de Fiambalá, C, región de Chaschuil (*) años radiocarbónicos antes del presente; (**) años calendáricos después de Cristo calibrados con la desviación estándar de un sigma; [1] Feely y Ratto (2009); [2] Ratto (2013); [3] Orgaz et al. (2007); [4] Ratto y Boixadós (2012); [5] Sempé (1977); [6] Bonomo et al. (2010); [7] Sempé (1983); [8] Ratto et al. (2012); [9] Sempé (1984); [10] Ratto (2003); Orgaz (2001).

Palo Blanco. Esta localidad arqueológica se encuentra ubicada en la región de Fiambalá, en un ambiente de valle mesotérmico, a 1900 msnm. El sitio está compuesto por siete núcleos habitacionales residenciales ocupados alternadamente a largo de todo el primer milenio de la era por grupos con un modo de vida agropastoril (Sempé, 1977; Feely y Ratto, 2009; Bonomo et al., 2010; Ratto y Basile, 2010; Ratto, 2013). En esta tesis se seleccionaron muestras de los núcleos habitacionales NH1 (208-529 d. C.), NH3 (458-639 d. C.), NH4 (427-599 d. C.) y NH6 (693-882 d. C.) (Figura 3.4 L). La muestra del NH1 es un fragmento de una olla culinaria recuperada por la Dra. Carlota Sempé en las excavaciones de la década de 1960. La muestra del NH3 es un fragmento de olla culinaria procedente de la excavación de los recintos 13 a 16 (sector W) realizado por el PACHA, y fue hallado a 65 cm de profundidad (Figura 3.4 I). La muestra del NH4 es un fragmento de una olla culinaria recuperada por la Dra. Carlota Sempé en las excavaciones de la década de 1960. El fragmento de olla culinaria estudiado del NH6 proviene de la Cuadrícula 1 de la excavación de este núcleo habitacional (Figura 3.4 J y K).

El Zorro. Este sitio se encuentra ubicado en la región de Chaschuil, en un ambiente de puna transicional a 4050 msnm (Figura 3.4 S y T). Se trata de la instalación residencial de mayor tamaño registrada en la puna transicional hasta el momento (Ratto, 2003, 2013; Ratto et al., 2012). Está compuesta por cuatro conjuntos separados entre sí por distancias que oscilan entre 20 a 200 m, emplazada en la margen occidental de la vega de San Francisco, y fue ocupada en el paso entre 322 y 1019 d. C. Este sitio ha sido asociado a actividades fundamentalmente pastoriles, caracterizados por ocupaciones discontinuas y de baja intensidad de uso. La muestra es un fragmento de olla culinaria recuperada de una recolección superficial realizada por el PACHA.

Punta Colorada. Es un sitio residencial localizado en la región de Fiambalá, en un ambiente de valle mesotérmico (2290 msnm). Fue ocupado durante el Formativo por sociedades agropastoriles entre 770 y 902 d. C. (Sempé, 1976, 1983; Ratto, 2013). La

muestra fue recuperada en la excavación realizada por la Dra. Sempé en la década de 1960, y proviene del Sitio N°2, Habitación B (Figura 3.4 O y P).

La Troya LT-V50. Es una aldea residencial formativa (687-784 d. C.) y con evidencias de manufactura de piezas cerámicas que se encuentra en la planicie aluvial del río La Troya en la región de Fiambalá, dentro de un ambiente de valle mesotérmico a 1380 msnm (Ratto et al., 2002; Feely et al., 2010; Ratto, 2013) (Figura 3.4 A y B). Se analizaron tres fragmentos de ollas culinarias de este sitio, todas recuperadas en intervenciones del PACHA. La primera muestra procede del sector NE de la aldea LT-V50 y fue recuperado de una recolección de superficie dirigida en los recintos 1 y 2. El segundo fragmento proviene de una recolección asistemática de un sector periférico de la instalación (LT-V1344); mientras que el tercer fragmento fue recuperado de la estructura BATH-35, un horno de fabricación de cerámica, aunque el contexto de hallazgo indica que no estaba *in situ* sino que fue arrastrado por los intensos procesos de formación del barreal.

Ojo del Agua. Es un sitio residencial asociado a actividades de pastoreo. Se encuentra emplazado en la región de Fiambalá en un ambiente de precordillera de la Cordillera de Narváez (2400 msnm), con ocupaciones formativas datadas en 994-1047 d. C. (Feely y Ratto, 2009; Ratto, 2013) (Figura 3.4 N). Se seleccionó un fragmento de olla culinaria recuperado en un sondeo realizado por el PACHA en el nivel 20-30 cm.

Cardoso. El sitio es una aldea residencial localizada en el sector norte de la región de Fiambalá, en las estribaciones meridionales de la cordillera de San Buenaventura (1970 msnm) en un ambiente de valle alto mesotérmico (Figura 3.4 M). las características arquitectónicas y la cultura material del sitio lo asocian a ocupaciones del primer milenio y tardías (Ratto, 2013). Un reciente fechado ubica a la instalación entre los años 765-893 AD (comunicación personal N. Ratto, junio 2014). El fragmento de olla culinaria seleccionada proviene de una recolección de superficie llevada a cabo por el PACHA.

Laguna Salada. Este sitio se encuentra emplazado en la región de Chaschuil, en un ambiente de puna transicional (4030 msnm). Es un sitio residencial posiblemente ocupado de manera intermitente para actividades de pastoreo, y cuenta con ocupaciones formativas entre 555-815 d. C. (Ratto, 2003, 2013) (Figura 3.4 U y V). La muestra fue recuperada en la Expedición Incahuasi '92 y se encontraba depositada entre las colecciones de la Dirección de Antropología de Catamarca, y contextualizada por análisis de las notas del registro por N. Ratto. Se trata de una olla culinaria impregnada de hollín recuperada en superficie.

Quintar 1. Este sitio está emplazado en la región de Fiambalá en un ambiente de valle mesotérmico (1750 msnm). Es el único del área de estudio datado exclusivamente de finales del siglo XIII d. C. (Período Tardío) (Ratto y Boxaidós, 2012; Ratto, 2013). La muestra analizada fue recuperada en una intervención del PACHA, en la excavación de la Estructura 2, Conjunto 1, a 30-40 cm de la superficie (Figura 3.4 G y H).

Mishma 7. El sitio está localizado en la región de Fiambalá, en un ambiente de valle mesotérmico (1760 msnm). Es un sitio residencial con ocupaciones que datan de 1414-1573 d. C. y la cultura material pertenece al Tardío y el contacto con la ocupación incaica en la región (Sempé, 1984; Orgaz et al., 2007; Ratto y Boxaidós, 2012; Ratto, 2013) (Figuras 3.4 E y F). Se seleccionaron dos muestras cerámicas de este sitio. La primera es un fragmento de olla recuperada en el Núcleo I, por fuera de muro perimetral del sitio. La segunda es un fragmento de una tinaja de estilo Belén recuperada en la Habitación A del núcleo V, dentro del muro perimetral.

San Francisco Inca. Es un sitio localizado en la región de Chaschuil, en el ambiente de puna transicional (4000 msnm) al borde de la vega de San Francisco. Las ocupaciones datan del período incaico (1400-1500 d. C.) y cumplió una función residencial no permanente además de ser el escenario de eventos festivo-ceremoniales en preparación ritual para el ascenso al Cerro Incahuasi, donde se han hallado sitios de altura para sacrificios (Orgaz, 2001; Ratto, 2003, 2013; Orgaz et al., 2007; Ratto et al.,

2012) (Figura 3.4 Q y R). Se seleccionaron cuatro fragmentos cerámicos de este sitio, todos ellos recuperados en intervenciones el PACHA. Tres de ellos provienen de la excavación del Recinto 12, son fragmentos de dos aríbalos y un fragmento de aribaloide. Un cuarto tiesto proviene de la recolección de superficie de los Recintos 15 a 17 y se trata de un fragmento de aribaloide.

Las Coladas. Es un sitio localizado en la región de Chaschuil, en el ambiente de puna transicional (4200 msnm). Se trata de un sitio residencial no permanente con evidencias de actividades festivo-ceremoniales. Aunque no se cuenta con fechados radiocarbónicos aún, la cultura material remite a una ocupación incaica (Orgaz, 2001; Ratto, 2003, 2013; Ratto et al., 2012) (Figura 3.4 W y X). La muestra fue recuperada en superficie y se trata de un fragmento de aribaloide.

Batungasta. Este sitio está localizado en la región de Fiambalá, en el ambiente de valle mesotérmico (1480 msnm). Fue cabecera administrativa del imperio Incaico en la región y cuenta con ocupaciones datadas entre 1445 y 1558 d. C. (Ratto, 2005, 2013; Orgaz et al., 2007) (Figura 3.4 C y D). Las muestras provienen de intervenciones realizadas por el PACHA. Un fragmento de olla culinaria fue recuperada de la excavación del muro B-C del Conjunto 2, y fue hallado en el nivel 0-20cm. Un segundo fragmento de olla culinaria fue hallado en la excavación del ángulo AB del Conjunto 2, a 0-20 cm de profundidad. Un tercer fragmento de olla culinaria fue encontrado en la excavación del muro C del Conjunto 1, en el nivel 0-20cm. El cuarto fragmento de olla culinaria proviene de una recolección superficial del Conjunto 1 (Ratto, 2005).

3.1.4 Relación entre las prácticas de consumo de bienes cerámicos y las prácticas culinarias en el oeste de Tinogasta

Las prácticas de consumo de alimentos están fuertemente ligadas a las prácticas de producción, circulación y consumo de enseres cerámicos para fines culinarios o

festivos. Los estudios de estos objetos han tenido y tienen amplio desarrollo dentro del proyecto de investigación PACHA, pudiéndose mencionar el análisis de estilos tecnológicos, los estudios de procedencia de materias primas cerámicas, la identificación de centros de producción alfareros, entre otros (Ratto et al., 2002; Orgaz et al., 2007; Feely y Ratto, 2009; Feely, 2010). Estos trabajos buscaron definir la función de la cerámica a partir de sus características morfológicas, tecnológicas y estilísticas además de la presencia de rastros de uso. La diversidad de las actividades llevadas a cabo en los sitios del oeste tinogasteño permitió postular distintos contextos de producción y/o consumo que dieron cuenta de la historia regional para las sociedades formativas y estales.

Para las sociedades del primer milenio d. C., los conjuntos cerámicos fueron analizados a través de variables morfo-tecnológicas y funcionales (Feely y Ratto, 2009; Feely, 2010, 2013; Ratto et al., 2014 a). Los resultados indicaron que la materialidad cerámica analizada perteneció a un estilo tecnológico compartido por aldeas y puestos localizados en diferentes ecozonas de la región de estudio. Postularon que las diferentes ocupaciones estuvieron integradas socialmente, y que compartieron normas y creencias que regularon las prácticas de producción, consumo y circulación de las vasijas cerámicas.

Para el período Incaico, Orgaz et al. (2007) analizaron las estrategias empleadas por el estado Inca en las regiones de Fiambalá y Chaschuil a través de la materialidad cerámica. La muestra fue recuperada en dos sitios emplazados en el valle (Batungasta y Mishma 7) y otro en la cordillera (San Francisco Inca). Los conjuntos evidenciaron actividades domésticas y de administración estatal, así como actividades ligadas a eventos ceremoniales o festivos.

Los cambios detectados en el consumo de piezas cerámicas a través del tiempo implicaron modificaciones en las prácticas de consumo de alimentos. Las transformaciones estuvieron ligadas a cambios sociopolíticos relacionados con la

ocupación estatal de la región. De esta manera, la integración de la información existente de la materialidad cerámica de tipo morfo-tecno-funcional, sumada a los datos aportados por el análisis de residuos culinarios desarrollado en esta tesis, permiten explorar la variabilidad de las prácticas de consumo alimentario - específicamente del maíz- y sus transformaciones a través del tiempo en el oeste tinogasteño.

3.2 PRÁCTICAS DE CULTIVO Y CONSUMO DE MAÍZ EN LA REGIÓN DEL OESTE DE TINOGASTA

Las evidencias arqueológicas del cultivo y consumo de maíz en el oeste de Tinogasta ilustran la importancia de este alimento básico en las prácticas alimentarias locales. Los restos arqueobotánicos de marlos y granos de maíz fueron hallados en el valle mesotérmico de Fiambalá en Palo Blanco NH1 (ca. 200-530 d. C.) y NH3 (ca. 460-640 d. C.), Punta Colorada (ca. 600-1000 d. C., Figura 3.5), (ca. 650-1050 d. C.), Batungasta (1450-1550 d. C.) y Lorohuasi (ca. 1400-1600 d. C.) (Tabla 3.2). Los análisis morfológicos llevados a cabo por el Dr. Julián Cámara Hernández identificaron las razas locales Pisingallo, Capia, Chaucha, Rosita, Colorado y Chullpi (Sempé, 1976; Lia et al., 2007). Asimismo, un estudio de ADN antiguo en nueve especímenes determinaron una fuerte relación con tres complejos: andino, reventones sudamericanos y razas derivadas de la introducción de variedades modernas (Lia et al., 2007). La continuidad entre las razas arqueológicas y las modernas fue propuesto para el Amarillo Chico, Amarillo Grande, Blanco y Altiplano, todos ellos pertenecientes al complejo andino (Cámara Hernández y Arancibia de Cabezas, 2007).

	Sitio	Tipo de evidencia	Raza de <i>Zea mays</i> L.	Referencia bibliográfica
Siglos III al XI	Palo Blanco NH1	Marlos	Maíz reventón	(Sempé, 1976)
	Palo Blanco NH3	Cariopses carbonizadas fragmentarias	No determinado	(Ratto et al., 2010 b)
	Punta Colorada	Marlos	Capia, Pisingallo, Chullpi	(Sempé, 1976, 1983; Lia et al., 2007)
Siglos XIII a XVI	Medanitos	Marlos y cariopses	No determinado	Dirección Antropología Provincia de Catamarca (com. pers. a N. Ratto)
	Batungasta	Marlos y cariopses	Capia, Pisingallo	(Sempé, 1977; Lia et al., 2007; Ratto et al., 2010 b)
	Lorohuasi	Cariopses	Capia, Pisingallo, Chaucha, Rosita, Colorado	(Lia et al., 2007; Ratto et al., 2010 b)
	Mishma 7	Marlos fragmentados	No determinado	(Sempé, 1984)

Tabla 3.2. Evidencia arqueobotánica de *Zea mays* L. hallada en el oeste de Tinogasta.



Figura 3.5. Cariopses de maíz pisingallo arqueológico recuperado en el sitio Punta Colorada.

Por otro lado el cultivo de maíz local puede ser inferido por la presencia de instalaciones agrícolas extensivas localizadas a diferentes altitudes sobre el nivel del mar en el valle mesotérmico (Ratto et al., 2010 a; Orgaz y Ratto, 2013), dado que el análisis de micro-vestigios vegetales recuperados de sedimentos de estructuras

agrícolas se encuentra en proceso actualmente. Estas locaciones estaban destinadas a la producción de alimento a diferentes escalas, y muestran una continuidad en el uso a lo largo de todo el primer milenio d. C. Esta continuidad en las prácticas agrícolas dio lugar a una fuerte memoria social e identitaria, materializada en la presencia de ciertos marcadores simbólicos como tumbas, manifestaciones rupestres y ofrendas a las montañas sagradas que eran exhibidas estratégicamente en el paisaje productivo, junto con numerosos implementos líticos de molienda de gran porte (Orgaz y Ratto, 2013). Luego, durante los siglos XIV y XVI d. C. las tierras agrícolas fueron reocupadas de la mano del estado incaico, mediante el traslado e instalación de poblaciones mitimaes, lo que promovió un proceso de negociación con las sociedades locales (Ratto y Boxaidós, 2012).

Ratto y colaboradores (Ratto et al., 2010 a; Orgaz y Ratto, 2013; Orgaz et al., 2014) describen a los sistemas agrícolas de la región de Fiambalá, destacando los campos de cultivo de Lorohuasi (siglos XV y XVI d. C.), los canchones de Guanchincito (con ocupaciones tanto del primer milenio como incaicas), los canchones de Antinaco (asociados a materialidad formativa y tardía de estilos cerámicos Saujil, Aguada y Belén), los niveles aterrizados de Las Termas de Fiambalá (asociados a evidencia material de estilos decorativos Sanagasta, Belén, Aguada e Inca) y los canchones de Tatón (asociados a materialidad cerámica de las sociedades agro-alfareras del primer y segundo milenio).

Otra línea de evidencia que indica la importancia del maíz en la dieta del oeste tinogasteño son los estudios isotópicos de restos humanos procedentes del valle de Fiambalá que sugieren cambios en la dieta a través del tiempo (Aranda et al., 2014). Los estudios sobre un individuo lactante del período formativo (Bebé de Lorohuasi, 1514±26 AP) indicaron que la dieta de su madre estuvo basada en plantas C₄, probablemente maíz. Por otro lado, las muestras que remiten a poblaciones movilizadas por el incario que ingresaron al valle luego del año 1250 d. C. (Bebé de los Olivares, 607±30 AP; Bebé del Cauce, 559±27 AP; Las Champas, 527±30 AP; Bebé de la

Troya, 501±29 AP) indicaron mayor variabilidad en la dieta, aunque la tendencia general sugiere que la dieta era mixta con un importante componente C₄, una contribución menor de plantas C₃ y acceso limitado a proteína animal. Estos resultados coinciden con los datos obtenidos del estudio bioantropológico del Bebé de La Troya con indicadores activos de anemia asociados a una severa deficiencia de hierro. Estas patologías podrían ser el resultado de una dieta pobre en proteína de carne y de alto contenido en carbohidratos, sugiriendo una alta ingesta de alimentos como el maíz.

3.3 PRÁCTICAS DE CONSUMO DE OTROS RECURSOS ALIMENTICIOS EN EL OESTE DE TINOGASTA

En el oeste tinogasteño prehispánico también existieron otros alimentos importantes de origen vegetal y animal que fueron complementarios o alternativos al maíz. Teniendo en cuenta las complejas dinámicas ambientales y sociales que acontecieron en la región, el cultivo local de maíz pudo haber estado impactado de manera negativa en determinadas temporadas o períodos más prolongados, razón por la cual las poblaciones nunca abandonaron sus prácticas de recolección, pastoreo y caza que les aseguraron un aprovisionamiento adecuado en épocas de fracaso de los cultivos.

Los parámetros nutricionales humanos saludables indican que las calorías ingeridas diariamente deben corresponder un 50% a carbohidratos, otro 30% a grasas y el 20% restante a proteínas (USDA y HHS, 2005). La ingesta del maíz como fuente básica de carbohidratos pudo haber aportado una gran parte de los requerimientos de este componente (Tabla 3.3). Además, habrían sido muy importantes los alimentos cárnicos de caza o pastoreo para obtener los requerimientos de proteínas y grasas (Tabla 3.3). La dieta se completaría con hortalizas y semillas complementarias (por ej.: zapallo, papa, ají, poroto, quinoa, amaranto, maní). En particular la quinoa se presenta como una alternativa al maíz, y evidencias de la variedad *Chenopodium quinoa* var.

melanospermum fueron halladas en el sitio Las Champas (Ratto et al., 2014 b). Sin embargo, en un contexto de fracaso de los cultivos extensivos y de los huertos por motivos ambientales o climáticos, compensar la fuente fundamental de carbohidratos fue crucial para la subsistencia humana. Los frutos de recolección de especies arbóreas silvestres (algarrobo, chañar, mistol) son importantes fuentes de carbohidratos y proteínas. Por su gran resistencia al estrés hídrico y su alta disponibilidad para la recolección aún en momentos de deterioro ambiental, estos alimentos fueron también los otros grandes protagonistas alimentarios del mundo andino (Tabla 3.3).

Tanto el algarrobo como el chañar se encuentran ampliamente disponibles en el valle mesotérmico de Fiambalá en forma de bosques en galería en las inmediaciones de los ríos y arroyos. Ratto et al. (2010 b) recopilaron la evidencia arqueobotánica de los recursos vegetales de recolección en el oeste de Tinogasta (Tabla 3.). El algarrobo y el chañar fueron hallados en sitios tanto del primer milenio d. C. (Fiambalá 1 y Palo Blanco NH3) como de las ocupaciones asociadas a la ocupación Incaica entre los siglos XIV y XVI d. C. (Batungasta y Mishma 7). Además, se encontraron restos de cayote y calabaza en las ofrendas de alimentos que formaron parte de los contextos funerarios de Lorohuasi y el Bebé de la Troya.

Alimento	Carbohidratos (%)	Lípidos (%)	Proteínas (%)	Micronutrientes	Referencia bibliográfica
Maíz (<i>Zea mays</i> , L.) Cariopse	66 - 76	2 - 6	5 - 11	Magnesio, potasio, vitaminas A, B1, B3, B9, C,	(Cortéz et al., 1972)
Poroto (<i>Phaseolus vulgaris</i> , L.) Poroto	72	1	22	Calcio, fósforo, potasio, vitamina C, folato	(Barampama y Simard, 1993; USDA, 2009)
Algarrobo (<i>Prosopis</i> , L.) Harina	74 - 78	4 - 6	11 - 14	Potasio, magnesio, fósforo	(Charpentier, 1998; Freyre et al., 2003)
Chañar (<i>Geoffrea decorticans</i> , Gill. ex Hook. & Arn.) Fruto	75	4	8	Fósforo, calcio, hierro, magnesio, potasio	(Charpentier, 1998)
Mistol (<i>Ziziphus mistol</i> , Griseb.) Fruto	74	2	5	s/d	(Díaz, 1962)
Papa (<i>Solanum tuberosum</i> , L.) Tubérculo	15	0,15	2	Calcio, fósforo, hierro, vitamina A, B1, B2, C, ácido nicotínico	(Carrasco, 1996)
Zapallo (<i>Cucurbita</i> , L.) Fruto	6,5	0,1	1	Fósforo, calcio, vitamina A C, carotenoides	(USDA, 2013 a)
Aji (<i>Capsicum annum</i> , L.) Fruto	5 - 6	0,2 - 0,6	0,9	Potasio, vitaminas C, E, carotenoides	(Martínez et al., 2006; USDA, 2013 b)
Amaranto (<i>Amaranthus</i> , L.) Semilla	61 - 63	6 - 7	15	Calcio, fósforo, hierro, vitaminas A, C	(Rodas y Bressani, 2009)
Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> , Willd.) Semilla	10	5	25	Calcio y fósforo	(Escudero et al., 1999)
Maní (<i>Arachis hypogaea</i> L.) Semilla	22	51	25	Calcio, magnesio, cinc, vitamina E	(Martínez et al., 2007)
Llama (<i>Lama glama</i> , L.) Carne fresca	-	4 - 13	22	Colesterol	(Coates y Ayerza, 2004; Polidori et al., 2010)
Llama (<i>Lama glama</i> , L.) Carne charqueada	-	6	66	Colesterol	(Mamani-Linares y Cayo R, 2011)
Guanaco (<i>Lama guanicoe</i> L.) carne fresca	-	1	20	Colesterol	(Saadoun y Cabrera, 2008)

Tabla 3.3. Valores nutricionales de los principales alimentos andinos.

	Sitio	Evidencia	Uso	Referencia bibliográfica
Siglos III al XI	Palo Blanco NH1	<i>Prosopis sp.</i> (vainas y semillas) <i>Geoffrea decorticans</i> (chañar - semillas)	Alimento	(Sempé, 1976)
	Palo Blanco NH3	<i>Geoffrea decorticans</i> (chañar - semillas)	Alimento	(Ratto et al., 2010 b)
	Fiambalá 1	<i>Geoffroea aff. decorticans</i> (chañar - fruto)	Alimento	(Ratto et al., 2010 b)
Siglos XIV a XVI	Bebé de la Troya	<i>Cucurbita ficifolia</i> (cayote - semillas)	Ofrenda/ Alimento	(Ratto et al., 2010 b)
	Batungasta	<i>Prosopis flexuosa</i> (algarroba - fruto)	Alimento	(Ratto et al., 2010 b)
	Lorohuasi	<i>Cucurbita ficifolia</i> aff. (cayote - semillas) <i>Lagenaria siceraria</i> (calabaza - fruto)	Ofrenda/ Alimento	(Ratto et al., 2010 b)
	Mishma 7	<i>Prosopis sp.</i> (algarroba - vainas y semillas)	Alimento	(Sempé, 1984)

Tabla 3.4. Evidencia arqueobotánica de otros productos alimenticios vegetales hallados en el oeste de Tinogasta.

Es interesante destacar que el chañar hallado en el sitio de altura Fiambalá 1 (5000 msnm) no es local, ya que esta especie es propia del valle mesotérmico y no crece por encima de los 3000 msnm. Esto indica un transporte antrópico e intencional de este alimento y refuerza la idea de la complementariedad de las distintas ecozonas o pisos altitudinales que definen a la región.

La importancia de la algarroba ha sido explorada para otros valles de la provincia de Catamarca, que nos sirven de antecedentes macrorregionales para comprender su consumo en nuestra área de estudio. Orgaz (2012) propuso a partir de investigaciones etnohistóricas y arqueológicas que el consumo de algarroba en la provincia de Catamarca data de épocas prehispánicas y que esta práctica se continuó hasta las épocas colonial y republicana. En particular, al autor le interesó rastrear el consumo de algarroba en el sitio Fuerte Quemado (Valle de Santa María) y del consumo de la aloja, una bebida alcohólica obtenida por medio de la fermentación de la harina obtenida de

la vaina de esta planta. Una clave para comprender la importancia simbólica de esta planta es que tanto la aloja como el árbol del algarrobo fueron protagonistas en las ceremonias religiosas tradicionales catamarqueñas como el *Chiqui* y el *Pucllay* (Quiroga, 1912; Gentile, 2001; Orgaz, 2012). El autor sostuvo que estas fiestas populares se remontan a prácticas pre-incaicas. Considera que el culto sagrado al algarrobo practicado por las poblaciones locales convivió con las festividades y los rituales cuzqueños introducidos por el Estado incaico y sostenidos por la alimentación-intoxicación a base de chicha de maíz. También cabe destacar el trabajo realizado por Lema et al. (2012) quienes mediante estudios experimentales del procesamiento de los frutos de especies arbóreas del género *Prosopis* generaron muestras referenciales que les permitieron reconocer la manufactura de harina y bebidas alcohólicas y no alcohólicas en los sitios Huachichocana III (Provincia de Jujuy) y Puente del Diablo (Provincia de Salta). Las autoras constataron una intensificación en el aprovechamiento de este recurso vegetal a través del tiempo, destacando la molienda y la elaboración de bebidas. Propusieron que la aloja cobró importancia en momentos tardíos en el contexto de eventos de consumo comunitario o festivo.

Respecto del consumo de recursos animales, Ratto y De Nigris (2012) y Miyano (2013) realizaron trabajos sobre los conjuntos zooarqueológicos hallados en dos sitios ocupados durante el primer milenio. El primer caso es en conjunto óseo faunístico recuperado en Fiambalá 1, sitio localizado en la cordillera de Los Andes a 5000 msnm. Se observó un aprovechamiento de camélidos silvestres (*Vicugna vicugna*) en pisos de altura de alta cordillera, lo que indica que estas presas fueron cazadas en las vegas de altura de cotas altitudinales más bajas, entre los 4.000-4.200 msnm (Ratto y De Nigris, 2012). El segundo caso es el de la aldea de Palo Blanco, emplazada en el valle mesotérmico (2900 msnm). Los estudios realizados en dos de los núcleos habitacionales (NH-3 y NH-6) mostraron una presencia mayoritaria de especímenes óseos identificables asignados a la familia Camelidae (De Nigris y Ratto, 2011; Miyano, 2013). Esto permitió sostener que los camélidos fueron una parte importante de la dieta animal de los habitantes de la aldea de Pablo Blanco. Por otro lado, Sempé

(1976) había realizado el análisis del registro óseo proveniente de los núcleos habitacionales NH-1, NH-2, NH-4 y NH-5 y denominó "*Lama sp.*" a los fragmentos correspondientes a camélidos, englobando de esta manera a especies domésticas y silvestres. Este dato es coincidente con el registro óseo recuperado en las intervenciones realizadas en los núcleos habitacionales NH-3 y NH-6. De Nigris y Ratto (2011) además registraron en el NH-3 la presencia segura de *Lama glama* y posible de *Vicugna vicugna* sobre la base de la medición de las primeras falanges que son consideradas buenos indicadores para diferenciar entre especies de camélidos domésticas y silvestres. Además, se identificaron restos óseos de roedores (NH3 y NH6) y quirquincho (NH3) (comunicación personal J. P. Miyano, junio de 2014). En el sitio formativo ceremonial Fiambalá 1, se detectaron restos exclusivamente de vicuña (Ratto y De Nigris, 2012). Los análisis arqueofaunísticos dejaron abiertas las hipótesis de que las poblaciones del oeste tinogasteño llevaban a cabo una estrategia económica que combinaba actividades de pastoreo con las de caza, articulando de esta manera diferentes ecozonas dentro de la amplia región, y que las prácticas de consumo faunístico se mantuvieron sin cambios dentro del lapso abarcado por los años 500 y 1000, aproximadamente. Para momentos incaicos, en Batungasta se identificaron restos zooarqueológicos de camélidos principalmente, así como roedores, cánidos y cérvidos en escasas cantidades (comunicación personal J. P. Miyano, junio de 2014).

En síntesis, la presencia de recursos faunísticos como camélidos y de vegetales como el chañar y el algarrobo en sitios de altura emplazados en ambientes que no le son propios a estos recursos refuerzan la idea de la integración entre las tierras bajas y altas durante el primer milenio. En esta tesis se buscará dar cuenta de que, al igual que los demás recursos alimentarios, el maíz fue transportado y circulado por ambientes de altura en donde no pudo haber sido cultivado, demostrando que también formó parte de las redes de interacción que caracterizaron al oeste tinogasteño prehispánico.

CAPÍTULO 4: LOS
ESTUDIOS
ARQUEOMÉTRICOS
PARA LA DETECCIÓN
DEL MAÍZ

CAPÍTULO 4: ESTUDIOS ARQUEOMÉTRICOS PARA LA DETECCIÓN DEL MAÍZ

En este capítulo se presentan los métodos arqueométricos aplicados a la detección de maíz a través de estudios de residuos culinarios depositados y preservados en la alfarería arqueológica. Esto es abordado principalmente por tres vías: los análisis químicos de los residuos grasos absorbidos en la matriz cerámica, los análisis de isótopos estables de carbono de estos residuos y la microscopía de micro-vestigios vegetales como el almidón depositado en las superficies internas de las ollas.

4.1 LA ARQUEOMETRÍA Y LAS PRÁCTICAS DE CONSUMO DE MAÍZ

La Arqueometría es un campo disciplinar que emplea métodos físico-químicos para el estudio de materiales arqueológicos con el fin de conocer sus propiedades, proveniencias, orígenes, antigüedades, entre otras cualidades. Se trata de una interfaz interdisciplinaria entre las ciencias humanas y las naturales. Pollard y Bray (2007) describen a la Arqueometría como una bicicleta en tándem, ya que es necesario que ambas "pedaleen" de manera simultánea y coordinada para que la investigación tenga significación propia en ciencias.

Abordar el estudio de las prácticas de consumo de maíz en el oeste de Tinogasta implicó adoptar estrategias arqueométricas para identificar los residuos culinarios de esta especie vegetal en las vasijas cerámicas. Las técnicas analíticas seleccionadas estuvieron fundamentadas en los antecedentes de investigación específicos. A su vez, fue crucial el trabajo interdisciplinario cotidiano para lograr un puente entre los resultados analíticos y las interpretaciones socio-históricas.

Se detallan a continuación los antecedentes de las técnicas analíticas utilizadas por otros investigadores para identificar al maíz en los residuos culinarios extraídos de materiales arqueológicos.

4.2 ANTECEDENTES DE LA CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LÍPIDOS EN MATERIALES ARQUEOLÓGICOS

Los análisis químicos orgánicos mediante cromatografía gaseosa (CG) y cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa (CG-EM) se han utilizado para detectar maíz en los residuos grasos absorbidos en cerámica arqueológica (Malainey et al., 1999 a; b; c; Reber y Evershed, 2004 a; b; Seinfeld, 2010).

4.2 1 Cromatografía gaseosa

La cromatografía gaseosa es una técnica de separación física de compuestos orgánicos volátiles de una mezcla (Grobby y Barry, 2004; McNair y Miller, 2011). En esta técnica la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas cuya función es transportar al analito a través de la columna cromatográfica que contiene una capa interna de composición variable que constituye la fase estacionaria. Las diferentes moléculas que componen una muestra son liberadas a diferentes tiempos de retención por sus propiedades físicas e interacción con las fases móvil y estacionaria lo que permite separarlas, identificarlas por comparación con patrones de referencia y determinar su concentración relativa.

4.2.2 Cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa

La cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa (CG-EM) es una técnica analítica que combina las características de la cromatografía gaseosa con la espectrometría de masa para identificar diferentes compuestos dentro de una mezcla (Grobb y Barry, 2004; Pollard et al., 2007; McNair y Miller, 2011). A medida que los compuestos salen de la columna cromatográfica a distintos tiempos de retención, el espectrómetro captura, ioniza y detecta los fragmentos ionizados de cada molécula. Esta técnica permite caracterizar a cada molécula por su fragmentación típica.

4.2.3 Aplicaciones arqueométricas

Aunque las técnicas de CG y CG-EM han sido utilizadas ampliamente en las últimas tres décadas para identificar los orígenes de los residuos grasos recuperados en cerámicas arqueológicas (Condamin et al., 1976; Rottlaender y Schlichtherle, 1980; Patrick et al., 1985; Skibo, 1992; Charters et al., 1993; Evershed, 1993, 2008; Evershed et al., 1997, 1999, 2002; Dudd et al., 1999; Stern et al., 2000; Babot y Apella, 2003; González y Frere, 2004, 2009; Wadley et al., 2004; Colombini et al., 2005; González, 2005; Maier et al., 2005, 2007; Copley et al., 2005; Eerkens, 2005; Barnard y Eerkens, 2007; Fiore et al., 2008; Vázquez et al., 2008; Yang y March, 2008; Colombini y Modugno, 2009; Amuedo, 2012; Babot et al., 2012; González et al., 2012; Illescas et al., 2012; Cordero et al., 2013; Craig et al., 2013; Lantos, 2013) las investigaciones dedicadas específicamente al maíz son escasas (Malainey et al., 1999 a; b; c; Mirón, 2002; Reber y Evershed, 2004 b).

Entre ellas se puede destacar el trabajo de Malainey y colaboradores (1999 a; b; c) en muestras cerámicas de poblaciones cazadoras-recolectoras precolombinas de la península de Labrador, Canadá. Su trabajo incluyó una recopilación y caracterización de un conjunto de ingredientes de origen animal y vegetal -entre ellos algunas

variedades de maíz- utilizados tradicionalmente en la cocina de la zona en tiempos anteriores a la colonización de Norteamérica. Los autores compararon los perfiles de ácidos grasos de las muestras de referencia en estado crudo, cocido y degradado artificialmente con aquellos perfiles de ácidos grasos de las muestras arqueológicas. Mediante la aplicación de herramientas de estadística multivariada lograron identificar el origen de algunos ingredientes e identificar mezclas complejas de grasas animales y aceites vegetales en las ollas arqueológicas.

4.2.3 Estudios de degradación de lípidos de maíz

Se conoce que la degradación de los lípidos puede ocurrir por una combinación de múltiples procesos biológicos y químicos.

Por un lado, el proceso de hidrólisis de los acilglicerol rompe los enlaces éster entre las moléculas del glicerol y de los ácidos grasos (Hita et al., 1996). Esta reacción puede ocurrir durante la cocción de un alimento o también puede ser el resultado de la actividad de ciertas bacterias (Nityananda et al., 2006). El resultado de la hidrólisis total es la separación completa de las moléculas de glicerol con los ácidos grasos libres, mientras que una reacción incompleta puede resultar en la ruptura de sólo uno o dos de estos enlaces, dando como resultado una variedad de productos.

Por otro lado, las reacciones de oxidación actúan principalmente en los ácidos grasos insaturados más reactivos, resultando en otros productos de degradación más volátiles como aldehídos, cetonas, ácidos, diácidos, hidrocarburos y alcoholes (Regert et al., 1998; Zamora y Hidalgo, 2005).

Por su parte, la degradación microbiana puede ocurrir en condiciones tanto aeróbicas como anaeróbicas. La presencia de algunos ácidos grasos con número de carbonos impares en sus cadenas alquílicas es frecuentemente un indicador de la actividad

bacteriana (Dudd et al., 1998). La degradación de los lípidos ha sido estudiada experimentalmente para reproducir las transformaciones que sufren las muestras arqueológicas en períodos largos de tiempo (Briggs, 1999; Malainey et al., 1999 b; Evershed et al., 2002; Pecci, 2003; Reber y Evershed, 2004 b; March et al., 2014). Los resultados indicaron una pérdida de las concentraciones de lípidos y de los ácidos grasos más reactivos, aunque algunas relaciones entre ácidos grasos saturados permanecieron constantes y pudieron indicar el origen de los lípidos (Colombini et al., 2000; Eerkens, 2007).

También ha sido demostrado que la descomposición de la materia orgánica es dependiente de la relación entre la temperatura y la humedad, que promueven la actividad de los microorganismos (Álvarez y Lavado, 1998). En zonas áridas o semi-áridas este efecto es generalmente bajo, aunque en zonas de lluvias de tipo monzónicas, la alta disponibilidad de agua en la superficie del suelo, así como la propensión a inundaciones, hacen que los sustratos absorban agua que puede precipitar la descomposición de la materia orgánica.

Se ha propuesto que los sustratos arcillosos funcionan como "protectores" de la materia orgánica ya que crean ambientes sellados y anóxicos que la aíslan de los microorganismos. Se ha demostrado que las matrices con alto contenido de arcilla promueven la concentración de compuestos orgánicos por el efecto protector de la matriz (Soliman y Radwan, 1981; Oades, 1988; Van Veen y Kuikman, 1990; Skjemstad et al., 1993; Scott et al., 1996; Hassnik y Whitmore, 1997; Baldesent et al., 2000; Krull et al., 2001; Mtambanengwe et al., 2004; Eugène et al., 2010; Oonk et al., 2012). Por ende, la materia orgánica tarda más tiempo en descomponerse en medios arcillosos en comparación con medios limosos o arenosos (Brady y Weil, 1996). Esto debe tenerse en cuenta al momento de evaluar cómo influyó la matriz sedimentaria del sitio arqueológico en la conservación de los residuos orgánicos depositados en los artefactos.

Menos se conoce sobre el efecto de la matriz cerámica en la preservación de los residuos orgánicos. Se ha constatado empíricamente en varios trabajos arqueométricos que los residuos orgánicos son absorbidos dentro de la matriz de los contenedores cerámicos durante la preparación, cocción, almacenamiento y transporte de comidas o bebidas, permitiendo una preservación excepcional de los compuestos orgánicos (Copley et al., 2005; Eerkens, 2005). Sin embargo, desde el punto de vista de los estudios de materiales, los mecanismos de este proceso no han sido investigados de manera sistemática, al menos en el campo de la arqueometría. Además, los mecanismos conocidos para las matrices arcillosas no son extrapolables a las matrices cerámicas por tratarse de materiales con comportamientos diferentes.

Fueron varios los trabajos arqueométricos que apuntaron a replicar el envejecimiento de los residuos grasos de manera experimental (Dudd et al., 1998; Regert et al., 1998; Colombini et al., 1999; Malainey et al., 1999 b; Bull et al., 2000; Eerkens, 2007; Kligmann y Lantos, 2013). El tipo de degradación de los lípidos y la velocidad de esta reacción varió mucho según el método y las condiciones de envejecimiento escogidos, además de la naturaleza del sustrato lipídico. En síntesis, no existe hasta el momento un modelo único para replicar el envejecimiento de una muestra arqueológica en su vida post-depositacional.

Se pueden destacar dos trabajos en los que se degradaron experimentalmente residuos de lípidos maíz. El primero es el trabajo de Malainey y colaboradores (1999 b), que realizaron una experimentación para identificar el origen de los residuos de lípidos degradados en ollas cerámicas que replicaron a las arqueológica. Cocinaron en ellas varias combinaciones de productos animales y vegetales (incluyendo al maíz). Simularon un proceso acelerado de degradación por calentamiento prolongado en estufa, y luego generaron un modelo para la identificación de residuos degradados en muestras arqueológicas. En su trabajo demostraron las limitaciones para identificar aceites vegetales degradados en muestras antiguas. El segundo es el trabajo de Reber y Evershed (2004 b), que estudiaron específicamente la degradación de los residuos

grasos de maíz absorbidos por las matrices cerámicas de ollas réplica. En las mismas habían cocinado preparaciones que imitaron antiguas recetas y técnicas de cocción del sudeste norteamericano precolombino. Las ollas fueron enterradas durante un período prolongado en diferentes tipos de sedimento para simular la degradación por soterramiento. Sus hallazgos también señalaron limitaciones para identificar lípidos de origen vegetal (en este caso aceite de maíz) cuando los mismos se encuentran degradados.

4.3 ANTECEDENTES DEL ANÁLISIS ISOTÓPICO DE RESIDUOS

Para superar las dificultades para la identificación de los orígenes de los ácidos grasos aplicando únicamente la técnica de CG-EM varios autores sumaron técnicas isotópicas a su investigación. Se han optado principalmente por dos tipos de análisis de isótopos estables de carbono en residuos culinarios en vasijas cerámicas: (i) de muestras enteras o *bulk* (análisis isotópico de muestras enteras - AIME) (Morton y Schwarcz, 2004; Spangenberg et al., 2006; Craig et al., 2007; Hart et al., 2007; Seinfeld, 2007; Boyd et al., 2008; Seinfeld et al., 2009) y (ii) de compuestos específicos acoplado un método previo de separación cromatográfica (análisis isotópico de compuestos específicos - AICE) (Hayes et al., 1990; Evershed et al., 2002; Craig et al., 2004, 2013; Tripp y Hedges, 2004; Reber y Evershed, 2004 a; Spangenberg et al., 2010, 2006; Hart et al., 2007; Gregg et al., 2009; Seinfeld, 2010; Richter et al., 2012).

4.3.1 *Análisis isotópico de muestras enteras (AIME)*

El AIME de residuos culinarios en cerámica se realiza sobre muestras enteras que pueden recuperarse de diferentes maneras. Una de ellas es raspando la pared interior de la vasija en caso de que los residuos se encuentren depositados o adheridos en la

superficie y sean visibles al ojo desnudo. Otra es mediante la extracción de lípidos en caso de que los residuos estén completamente absorbidos dentro de la matriz cerámica y sean invisibles al ojo desnudo. Cabe destacar que en el caso de analizar el material raspado de la superficie se cuenta con una mezcla de diferentes tipos de moléculas orgánicas provenientes de los alimentos -principalmente lípidos, carbohidratos y proteínas- más sus productos de degradación, junto con otras inclusiones como micro-carbones y sedimento. Por lo tanto la lectura isotópica resulta de la mezcla entre los residuos de alimentos y los otros compuestos que en este caso se consideran no deseables para el análisis. Con el objetivo de eliminar estos compuestos no deseables, Seinfeld (2010) propuso una metodología de limpieza con agua destilada para eliminar el sedimento y carbón adherido, y posterior tratamiento con ácido para eliminar los carbonatos incluidos en la matriz cerámica.

Otra metodología -la elegida en esta tesis- es realizar una extracción química de lípidos de la matriz cerámica. Se obtienen resultados más precisos ya que los valores isotópicos corresponden únicamente al residuo lipídico al separar los otros compuestos que puedan alterar la medición. La ventaja del AIME realizado sobre el extracto total de lípidos es que se analizan como *bulk* los distintos tipos componentes (acilglicéridos, esteroides, ceras, alcoholes largos, ácidos grasos libres, etc.).

En ambos casos, muestras enteras por raspado y muestras enteras por extracción química, se utiliza la técnica de análisis elemental acoplado a espectrometría de masa de relaciones isotópicas (AE-EMRI) (Platzner et al., 1997; Grassineau, 2006; Michener y Lajtha, 2007; Meier-Augenstein y Kemp, 2009; Muccio y Jackson, 2009). Esta técnica se usa comúnmente en Arqueometría para determinar, entre otros isótopos estables, el carbono-13 (^{13}C) y el nitrógeno-15 (^{15}N). La muestra entera primero debe ser convertida a CO_2 y N_2 puros para el análisis por EMRI. En esta técnica las muestras son colocadas en cápsulas de estaño dentro de un horno de combustión donde son quemadas en la presencia de exceso de oxígeno. Los productos gaseosos de la combustión son arrastrados por una corriente de gas inerte a través de una serie de

catalizadores y trampas para completar la combustión de los hidrocarburos, eliminar impurezas y agua. Los productos gaseosos puros luego pasan por una columna cromatográfica donde se separan CO_2 y N_2 , los cuales entran secuencialmente en la fuente de ionización del espectrómetro. Las especies de cada gas son separadas por su masa en un campo magnético y medidas. Para CO_2 , las masas moleculares son 44, 45 y 46, mientras que para N_2 , las masas moleculares son 28, 29 and 30. En el caso de analizarse extractos de lípidos se obtendrá un único pico cromatográfico de CO_2 y sus respectivas especies en el EMRI. En el caso de analizar muestras enteras por raspado se obtienen picos para CO_2 y también posiblemente de N_2 en caso de existir compuestos nitrogenados, que pueden provenir tanto de las proteínas de los alimentos como de compuestos orgánicos e inorgánicos de los sedimentos contaminantes, o de ambos.

4.3.2 Análisis isotópico de compuestos específicos

El AICE se lleva a cabo sobre los derivados esterificados de ácidos grasos individuales utilizando la técnica de cromatografía gaseosa acoplada a combustión y espectrometría de masa de relaciones isotópicas (CG-C-EMRI) (Platzner et al., 1997; Meier-Augenstein, 1999, 2002; Docherty et al., 2001; Michener y Lajtha, 2007; Meier-Augenstein y Kemp, 2009). A diferencia del AE-EMRI, esta técnica implica realizar primero la extracción química de los lípidos preservados en la matriz de la cerámica y luego una reacción de derivatización a ésteres metílicos de ácidos grasos. Las muestras deben ser primero analizadas por CG-FID y CG-EM para optimizar las condiciones cromatográficas de separación de los derivados de ácidos grasos, caracterizar los picos cromatográficos y determinar la concentración adecuada para inyectar cada muestra. Esto permite obtener mediciones isotópicas confiables para cada pico individual. La técnica es muy conveniente por su especificidad y la posibilidad de identificar con mayor precisión los orígenes de los ácidos grasos individuales y distinguir mezclas de diferentes productos alimenticios.

La técnica de cromatografía gaseosa acoplada a combustión y espectrometría de masa de relaciones isotópicas (CG-C-EMRI) proporciona mediciones de relaciones relativas de isótopos estables en compuestos individuales que forman parte de mezclas complejas. El primer pre-requisito de la técnica es que dicha mezcla sea factible de analizar por cromatografía gaseosa, por lo que ciertos compuestos polares pueden requerir una modificación química (derivatización) y en ese caso el agente de derivatización también debe ser determinado para realizar las correcciones correspondientes (Rieley, 1994). De la misma manera en la que funciona un CG-EM (ver sección 4.1.2), la muestra en solución es inyectada en el cromatógrafo en donde es volatilizada e introducida en una columna cromatográfica por un gas de acarreo. La muestra fluye por la columna y los compuestos interaccionan físicamente de manera diferencial con las fases móvil y estacionaria. Cada componente sale secuencialmente a un tiempo de retención diferente. Luego cada compuesto eluido de la columna cromatográfica pasa por un horno de combustión donde es oxidado a CO₂ puro. El gas analito correspondiente a cada compuesto es introducido en la fuente de ionización del espectrómetro de masa donde las especies son separadas por su masa en un campo magnético y medidas. Para CO₂, las masas son 44, 45 y 46.

4.3.3 Los isótopos estables de carbono y los ciclos de fotosíntesis

El fundamento para la utilización de técnicas de medición de isótopos estables de carbono para identificar el maíz es que su señal isotópica es característica.

El carbono tiene en la naturaleza dos isótopos estables ¹²C y ¹³C, y sus concentraciones respectivas en la atmósfera son 98,89 % y 1,11 %. Las relaciones de estos isótopos (¹³C/¹²C) se expresan como valores δ ¹³C y se reportan en ‰ (partes por mil) relativas al patrón VPDB (Vienna Pee Dee Belemnite). El δ ¹³C de la atmósfera es de -7 ‰ y se ha empobrecido en 1,6 ‰ desde la era industrial debido al aporte de CO₂ por la quema de

combustibles fósiles con mayor fracción de ^{12}C respecto de ^{13}C (Sonnerup et al., 1999; Dassié et al., 2013).

Durante la fotosíntesis, el carbono que se fija en los tejidos de las plantas está significativamente empobrecido en ^{13}C relativo a la atmósfera. Existen principalmente tres tipos de rutas fotosintéticas y las plantas están clasificadas por aquella que utilizan más comúnmente (Deines, 1980; O'Leary, 1993). Básicamente se dividen en plantas C_3 , plantas CAM y plantas C_4 . Las plantas C_3 usan el ciclo Calvin-Benson para la fijación del CO_2 e incluyen a la mayoría de las plantas terrestres tales como frutas, vegetales y pastizales de climas templados. Sus valores de $\delta^{13}\text{C}$ varían entre -35 ‰ y -22 ‰. Las plantas CAM (*Crassulacean Acid Metabolism*) adquieren su nombre por la vía de fijación de dióxido de carbono conocida como metabolismo ácido de las crasuláceas, que evolucionó como una adaptación a condiciones extremadamente áridas. Son menos abundantes en la naturaleza y sus valores de $\delta^{13}\text{C}$ son intermedios a las C_3 y las C_4 entre -23 y -12 ‰. Las plantas C_4 usan el ciclo Hatch-Slack y están adaptadas a ambientes cálidos y áridos. Incluyen al maíz, la caña de azúcar y los pastizales de climas cálidos. Sus valores de $\delta^{13}\text{C}$ varían entre -16 ‰ y -9 ‰.

El maíz es una de las pocas plantas C_4 comestibles americanas con amplia dispersión como alimento base, que contiene mayor proporción de lípidos que cualquier otra semilla americana cultivada (Reber y Evershed, 2004 a).

4.3.4 Aplicaciones arqueométricas

Las técnicas isotópicas aplicadas a residuos culinarios recuperados en cerámica arqueológica permitieron detectar el maíz en muestras del centro de Canadá (Morton y Schwarcz, 2004; Hart et al., 2007, 2009), del Sudoeste de EEUU (Reber et al., 2004; Reber y Evershed, 2004 a; Reber, 2006) y de contextos Olmecas en México y Belize (Seinfeld, 2007, 2010; Seinfeld et al., 2009).

En el primer caso, Morton y Schwarcz (2004) realizaron AIME sobre muestras enteras obtenidas por raspado de residuos carbonizados adheridos en cerámicas de sitios arqueológicos del norte y sur de Ontario, Canadá datados en momentos previos y posteriores al siglo VI d. C., cuando se introdujo la agricultura a la región mayormente basada en el maíz. Los resultados de AE-EMRI de las muestras previas al siglo VI d. C. dieron valores isotópicos compatibles con mezclas de plantas C₃, animales herbívoros y pescado, mientras que las muestras posteriores a la introducción de la agricultura dieron valores isotópicos que indicaron que además de los ingredientes detectados en las muestras más antiguas, se identificó una pequeña cantidad de maíz en los residuos. Sin embargo, los autores argumentan que los valores levemente enriquecidos de las muestras post siglo VI d. C. pueden tener su origen en animales alimentados a maíz (perro u oso). En base a resultados anteriores obtenidos del análisis de isótopos estables en restos óseos humanos que indicaron al menos un 50-60 % de aporte del maíz a la dieta proponen que la ingesta de maíz fue por medio de panes o similares, y que no se vieron representados en las ollas cerámicas.

Morton y Schwarcz (2004) realizaron además experimentos de cocción para crear referencias modernas de residuos carbonizados adheridos. A partir del análisis de isótopos estables de carbono de las muestras experimentales de referencia los autores formularon la siguiente ecuación para estimar el porcentaje de plantas C₄ en las mezclas de los residuos arqueológicos:

$$PC_4 = [(\delta s - \delta C_3) / (\delta C_4 - \delta C_3)] \times 100$$

donde PC_4 es el porcentaje de plantas C_4 en la muestra, s es el valor de $\delta^{13}C$ de la muestra, δC_3 es el valor de $\delta^{13}C$ de referencia de plantas C_3 y δC_4 es el valor de $\delta^{13}C$ de referencia de plantas C_4 .

Hart y colaboradores (2007, 2009) criticaron la metodología aplicada por Morton y Schwarcz (2004). Realizaron nuevas experimentaciones para evaluar la contribución de carbohidratos, proteínas y lípidos al carbono total de los residuos. Sus resultados sugieren que el maíz aparece sub-representado en las muestras experimentales. Los porcentajes de maíz en los residuos experimentales estimados con la ecuación de Morton y Schwarcz (2004) no equivalen a los porcentajes conocidos de maíz incorporados a las recetas experimentales. Argumentan que este fenómeno se debe a que los lípidos se adhieren mejor a la cerámica que los otros componentes como proteínas y carbohidratos. Debido a que los lípidos tienen valores isotópicos empobrecidos respecto de los otros componentes, se obtienen valores de los residuos totales que subestiman la presencia de maíz. Vale aclarar que los autores toman como valores referenciales aquellos obtenidos de las carióspsides enteras de maíz (79,1 % carbohidratos, 13,4 % proteínas y 4,9 % lípidos), mientras que proponen que en los residuos estas proporciones del aporte de carbono no serían lineales.

En el segundo caso, Reber y colaboradores (2004; Reber y Evershed, 2004 a; Reber, 2006) eligieron aplicar AICE utilizando una combinación de las técnicas de CG-EM y CG-C-EMRI. Los autores optaron por analizar los ácidos grasos principales (ácido palmítico $C_{16:0}$ y ácido esteárico $C_{18:0}$) y un alcohol de cadena larga lineal (*n*-dotriacontanol; C_{32}) que fue propuesto como biomarcador de maíz. Los autores argumentaron que la ubicuidad de los ácidos grasos mayoritarios en los productos animales y vegetales puede enmascarar la presencia de maíz en las muestras analizadas por las mezclas que se generan. Por lo tanto, los valores isotópicos obtenidos del *n*-dotriacontanol reflejarían de manera más precisa la presencia de maíz. Encontraron pocas muestras

con valores isotópicos C_4 en los ácidos grasos (7 sobre un total de 134 muestras de cerámica). En la mayoría de los casos obtuvieron valores correspondientes a mezclas de C_3 y C_4 (ca. -26 ‰) y sólo unas pocas muestras tuvieron valores marcadamente C_3 (ca. -33‰) y C_4 (entre -19 ‰ y -21 ‰). Aunque se halló menos maíz del que los autores esperaban, los resultados coincidieron con los patrones de consumo de maíz en el sudeste norteamericano generados a partir de otras líneas de investigación. Concluyeron que el maíz no fue un alimento de alto prestigio consumido por las poblaciones de elite en los centros ceremoniales monticulares, sino que fue más bien un alimento marginal en sitios menos importantes.

La validez del *n*-dotriacontanol (C_{32}) como un efectivo biomarcador de maíz puede ser debatida desde varios ángulos. Este policosanol o alcohol de cadena larga se encuentra formando parte de las ceras que recubren los granos de maíz (Bianchi et al., 1993; Harrabi et al., 2009). Sin embargo, también está presente en la mayoría de las ceras cuticulares de plantas e insectos (Hadley, 1981; Barthlott et al., 1998) y en la cera de abeja (Jackson y Eller, 2006). Por ende el maíz no es la única planta comestible americana que posee un recubrimiento de ceras cuticulares, ya que estas se pueden encontrar en el ají (Johnson et al., 2007), la papa (Szafranek y Synak, 2006), la calabaza (Sutherland y Hallett, 1993) y el poroto (Stockwell y Hanchey, 1985), entre otras. Al igual que en el caso de los ácidos grasos mayoritarios, los alcoholes de cadena larga también son susceptibles de presentarse en mezclas de diferentes orígenes en los residuos de las vasijas. Además, los autores no presentan ni citan valores isotópicos de referencia de *n*-dotriacontanol para maíz. Comparan los valores isotópicos de alcoholes de cadena larga obtenidos en las muestras arqueológicas con valores isotópicos de los ácidos grasos palmítico y esteárico obtenidos en muestras de referencia de maíces actuales. Al tratarse de metabolitos distintos los valores de referencia utilizados podrían no ser comparables.

En el tercer caso, Seinfeld (2007, 2010; Seinfeld et al., 2009) analiza cerámica recuperada de basurales en contextos Olmecas de México y Belize utilizando una

combinación de AE-EMRI en muestras enteras de residuos adheridos recuperadas por raspado, CG-C-EMRI en muestras de lípidos extraídos de la matriz cerámica y estudios arqueobotánicos de macrorrestos vegetales. El investigador elige analizar los ácidos grasos mayoritarios (ácido palmítico y ácido esteárico) en lugar de buscar el biomarcador propuesto por Reber (2004) *n*-dotriacontanol, debido a que considera que este último compuesto es igual de susceptible de ser una mezcla de diferentes orígenes. Los ácidos grasos además se encuentran en mayores concentraciones y por lo tanto son más sencillos de identificar y dan resultados más precisos.

Por otra parte, Seinfeld (2010) compara los resultados obtenidos por AE-EMRI y CG-C-EMRI y concluye que el análisis por compuestos específicos de los ácidos grasos individuales da peores resultados para detectar el maíz que aquellos realizados sobre las muestras enteras por raspado. Su argumento es que las muestras enteras por raspado proporcionaron valores isotópicos de carbono enriquecidos compatibles con restos de maíz mientras que para las mismas muestras los valores isotópicos de los ácidos grasos extraídos se mostraron empobrecidos. Alude este hecho a dos fuentes de contaminación: el ambiente de soterramiento y la manipulación de la muestra en el laboratorio.

El autor (Seinfeld, 2010) sin embargo no tuvo en cuenta que los lípidos se encuentran naturalmente empobrecidos con respecto a otros metabolitos como carbohidratos y proteínas, y por ende tienen valores isotópicos disminuidos (Brugnoli y Farquhar, 2004; Post et al., 2007). Las muestras enteras analizadas por AE-EMRI son probablemente mezclas de las tres macromoléculas orgánicas abundantes en los alimentos - carbohidratos, proteínas y lípidos- mientras que aquellas analizadas por CG-C-EMRI son lípidos únicamente. Por lo tanto, si se realiza una revisión de los resultados de CG-C-EMRI obtenidos por este autor se constata que algunas muestras arqueológicas efectivamente tienen valores compatibles con la presencia de maíz. Esto se hace visible si se comparan los valores de las muestras arqueológicas con valores isotópicos de referencia de lípidos de maíces actuales (Woodbury et al., 1998; Spangenberg y

Ogrinc, 2001), en vez de valores de referencia de cariopsis enteras de maíces actuales (Cadwallader et al., 2012; Killian Galván et al., 2013). Esto pone de relieve nuevamente la importancia de que el material referencial sea el indicado según el tipo de compuesto que se estudie. El autor concluye que el maíz fue proporcionalmente más utilizado para la fabricación de bebidas en contextos festivos de elite que en la alimentación cotidiana de la población campesina.

En Sudamérica se han realizado varios trabajos que han aplicado AIME sobre muestras de colágeno y/o apatita (Fallabella et al., 2008; Gil et al., 2009; Yacobaccio et al., 2009; Pérez y Killian Galván, 2011) de material óseo humano y de fauna. También se han realizado algunos estudios de AICE en muestras de lípidos extraídos de médula ósea de fauna terrestre (Cordero, 2010; Samec et al., 2010) y de peces del lago Titicaca (Miller et al., 2010) como vía para la reconstrucción de la ecología isotópica y el modelado paleoambiental. Además, se han publicado investigaciones sobre los valores isotópicos de material de plantas andinas con importancia nutricional (Cadwallader et al., 2012; Killian Galván et al., 2013). Sin embargo, hasta el momento no existen resultados publicados sobre la detección de maíz con técnicas isotópicas en residuos culinarios de cerámica para los Andes Centro Sur.

4.4 ANTECEDENTES DEL ANÁLISIS MICROSCÓPICO DE RESIDUOS

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 (Loy et al., 1992; Cortella y Pochettino, 1994; Piperno y Holst, 1998; Piperno et al., 2004; Perry, 2004; Babot, 2005; Torrence y Barton, 2006; Zarrillo y Kooyman, 2006; Dickau et al., 2007, 2012; Holst et al., 2007; Korstanje y Babot, 2007; Zarrillo et al., 2008; Piperno, 2009; Ranere et al., 2009; Giovannetti, 2009; Mickleburgh y Pagán-Jiménez, 2012)

En particular, la detección de almidones de maíz ha cobrado interés por ser un microrresto complementario a los estudios más tradicionales de fitolitos (Pearsall, 1978; Piperno, 1984, 2009; Doolittle y Frederick, 1991; Piperno y Pearsall, 1993; Pohl et al., 2007; Holst et al., 2007; Korstanje y Babot, 2007; Korstanje y Cuenya, 2010; Hart, 2011; Raviele, 2011; Pérez y Erra, 2011) y polen (Whitehead y Langham, 1965; Schoenwetter, 1974; Piperno et al., 1985; Horn y Kennedy, 2001; Arford y Horn, 2004; Holst et al., 2007).

4.4.1 Gránulos de almidón de maíz preservados en materiales arqueológicos

La gran cantidad de gránulos de almidón secundarios que almacena el maíz en su cariopsis -o grano- facilitan su supervivencia en muchos contextos y matrices arqueológicas tales como sedimentos, implementos líticos tallados y pulidos para el procesamiento y la molienda, enseres cerámicos y más recientemente en coprolitos humanos y en tártaro recuperado de restos dentarios humanos. Es imprescindible el uso de bases comparativas amplias para la identificación de los almidones de cada especie (Torrence et al., 2004; Ugent y Cummings, 2004; Babot et al., 2007; Pagán Jiménez, 2007; Giovannetti et al., 2008, 2012; Lentfer, 2009; Musaubach et al., 2013). También debe considerarse la alteración producida por las acciones de manipulación en la preparación de alimentos como la molienda y la cocción (Haslam, 2004; Babot et al., 2006; Hart, 2011; Raviele, 2011; Crowther, 2012) y distinguir estos procesos de aquellos de degradación enzimática inherentes al proceso de desarrollo del almidón en su estado natural (Sun & Henson, 1990; Smith et al., 2005; Tawil et al., 2011).

Piperno y Holst (1998) hallaron almidones arqueológicos similares a aquellos de las razas modernas Pepetilla, Nal Tel y Harinoso de Ocho, que se diferenciaron de los almidones de maíz reventón argentino. Sin embargo, debido al tamaño reducido de la muestra no se pudo definir la presencia de un tipo o raza de maíz en particular entre las muestras arqueológicas.

Por otro lado, Pagán Jiménez (2007) observó almidones de maíz en muestras arqueológicas que pudo adjudicar a razas harinosas o córneas, aunque contó con seis muestras comparativas de razas caribeñas actuales y una muestra de una cariopsis arqueológica.

En Argentina varios estudios han recuperado almidones de maíz en implementos de molienda procedentes de contextos de sociedades agropastoriles (Babot y Apella, 2003; Babot, 2009; Medina et al., 2009; Babot et al., 2012; Salvi et al., 2014) y estatales incaicas (Giovannetti, 2009) del noroeste del país, y en menor frecuencia de contextos de sociedades cazadoras-recolectoras del Delta del Paraná (Bonomo et al., 2011) y Norpatagonia (Lema et al., 2012).

4.4.2 Hallazgo de gránulos de almidón de maíz en residuos culinarios adheridos a cerámica arqueológica

Interesan particularmente a esta Tesis las experiencias exitosas de recuperación de gránulos de almidón en residuos culinarios adheridos a vasijas cerámicas (Crowther, 2005; Hart, 2011; Saul et al., 2012) y en particular aquellos estudios que han identificado gránulos de maíz en los mismos (Boyd et al., 2008; Messner et al., 2008; Zarrillo et al., 2008; Medina et al., 2009; Dickau et al., 2012; Illescas et al., 2012; Musaubach y Berón, 2012).

Saul y colaboradores (2012) han propuesto una aproximación sistemática para la recuperación e identificación de almidón en depósitos carbonizados de residuos de cerámicas. Los autores recuperaron residuos culinarios de bellota (*Quercus* sp.) adheridos a las paredes de cerámica del sitio mesolítico Neustadt en el norte de Alemania (4600 - 3700 a. C.). Lo interesante de este trabajo fue su aproximación metodológica, ya que desarrollaron un método para discriminar los almidones procedentes de los residuos culinarios de aquellos procedentes del hollín,

considerados por los autores como contaminantes. Para ello compararon los raspados de las superficies internas con las externas, generaron un perfil de almidones por contaminación y se lo restaron a las muestras recuperadas de los residuos culinarios. La clasificación de gránulos de almidón por taxón fue realizada con un método automatizado mediante un software desarrollado por los autores que integró una serie de variables morfológicas y métricas tradicionalmente medidas manualmente. Esto permitió procesar una cantidad mayor de muestras en menor tiempo y descartar los almidones contaminantes, para centrar el análisis en aquellos exclusivamente procedentes de los alimentos.

En la misma dirección, Hart (2011) propuso un estudio para evaluar la utilidad de la recuperación sistemática de almidones y fitolitos en artefactos recuperados en prospecciones arqueológicas. Estos dos indicadores fueron usados para evaluar la contaminación de tres tipos de cerámica medieval recolectada durante prospecciones de campos arados en Northamptonshire, Inglaterra. Los residuos de plantas hallados en estos artefactos fueron comparados con muestras de suelo circundante y con artefactos de excavación hallados sellados debajo de un piso de una casa medieval cercana. De cada tiesto cerámico recuperaron por raspado una primera capa expuesta del residuo y otra capa interna que suponían estaría potencialmente mejor preservada de la contaminación por el suelo circundante. En la capa externa hallaron un perfil de almidones y fitolitos similar a aquel recuperado en los suelos. En la capa interna no se recuperaron restos de almidones ni fitolitos, demostrando que los residuos de los suelos circundantes no penetraron los poros ni grietas de los artefactos. Por lo tanto, el autor plantea que los almidones y fitolitos recuperados no pertenecieron a residuos culinarios de la cerámica sino a contaminación del suelo circundante. Este trabajo puso en evidencia la limitación de la técnica aplicada en muestras de prospección de campos arados actuales.

En cuanto al hallazgo de almidones de maíz en cerámica, un trabajo reciente de Dickau y colaboradores (2012) ha hallado evidencia botánica de una diversidad de recursos

vegetales en sitios arqueológicos de Llanos de Mojos, Beni, Bolivia (ca. 500-1400 d. C.). Los restos macro-botánicos muestran la presencia de maíz (*Zea mays*), calabaza (*Cucurbita* sp.), maní (*Arachis hypogaea*), algodón (*Gossypium* sp.) y fruto de palma (*Arecaceae*). Los restos micro-botánicos (almidones y fitolitos) confirmaron la presencia de maíz, y además indicaron el uso de otras plantas que no habían sido registradas en los restos macroscópicos, tales como mandioca (*Manihot esculenta*) y batata (*Dioscorea* sp.). El uso integrado de resultados macro y microscópicos permitieron evaluar la diversidad de plantas procesadas y consumidas por los habitantes prehispánicos de las tierras bajas bolivianas.

Otros autores han aplicado metodologías combinadas analizando los almidones recuperados de residuos carbonizados incrustados en las paredes cerámicas y realizando dataciones de estos mismos residuos. De esta manera, logran no sólo detectar el consumo de maíz en un área arqueológica determinada sino también conseguir una datación directa de esta práctica. Zarrillo y colaboradores (2008) han logrado mediante esta metodología identificar y datar los residuos de maíz más antiguos de Ecuador. Los autores refutan la hipótesis de que el maíz tuvo una introducción más tardía al sudoeste de Ecuador y que su consumo inicial fue en forma de bebidas fermentadas para uso ceremonial. Sin embargo ellos encuentran almidones y fitolitos de maíz en residuos culinarios adheridos a vasijas no decoradas, de uso doméstico cotidiano, en una aldea Formativa Temprana. Estos residuos fueron datados en ca. 3000 a. C. por medición de radiocarbono por espectrometría de masa con aceleradores (AMS) y demostraron que el maíz estaba totalmente difundido y era de uso masivo para el Formativo Temprano, y que una vez domesticado hace 9000 años se expandió e incorporó rápidamente a las culturas prehispánicas del norte de Sudamérica.

Un segundo trabajo que combinó la caracterización arqueobotánica de almidones con la datación radiocarbónica fue el de Messner y colaboradores (2008). Estudiaron tiestos con residuos incrustados de vasijas de la cuenca del río Delaware, Nueva Jersey,

EEUU. Se identificaron gránulos del endosperma duro de maíz basándose en sus características morfológicas. Además se identificaron almidones de *Quercus* sp. (bellota), otros de la familia Poaceae, y varios almidones no identificables por su nivel de degradación atribuida a daño por efectos del calor de la cocción. Una muestra de residuo carbonizado que contenía almidones de maíz fue datado en 893-1146 d. C. Esto permitió no sólo identificar la planta cocinada en esta vasija sino además estableció una fecha directa al consumo de maíz en el valle del río Delaware Valley.

Boyd y colaboradores (2008) realizaron un estudio combinado de microfósiles de plantas, análisis de elementos traza y análisis de isótopos estables de C y N de los residuos carbonizados de comida en cerámica de la costa sur del Lago Manitoba, en las praderas orientales canadienses. La combinación de estas tres técnicas ofreció mayor precisión para detectar al maíz prehistórico en sociedades móviles y sin gran desarrollo agrícola. Utilizando esta aproximación concluyeron que el maíz fue utilizado más ampliamente en Norteamérica de lo anteriormente pensado. A pesar de la poca o nula evidencia de horticultura entre el 700 y 1600 d. C., el maíz estaba ampliamente disperso y era un componente mayoritario de la dieta.

En Argentina se ha realizado un estudio de microrrestos botánicos en residuos adheridos a cerámica pampeana (Illescas et al., 2012; Musaubach y Berón, 2012). Musaubach y Berón (2012) identificaron almidones de maíz en contenedores cerámicos del tipo challas acanaladas procedentes de contextos cazadores recolectores de la localidad arqueológica Tapera Moreira (siglos VIII a XVI d. C.), indicando su uso en la preparación de comidas y bebidas a base de este alimento. Illescas y colaboradores (2012) sumaron un análisis químico de los residuos grasos de la cerámica de Tapera Moreira mediante cromatografía gaseosa, y hallaron diferentes proporciones de los ácidos palmítico, esteárico y oleico, que correspondieron a mezclas de productos animales y vegetales. Por otra parte, Medina y colaboradores (2009) han hallado restos de fitolitos y almidones en residuos carbonizados recuperados de cerámica del período Tardío del Valle de Punilla, Córdoba (siglos X a

XVII d. C.). En este caso, los macrorrestos documentaron la presencia de maíz (*Zea mays*), poroto común (*Phaseolus vulgaris* aff. var. *vulgaris*), poroto pallar (*Phaseolus* cf. *P. lunatus*) y algarrobo (*Prosopis* cf. *P. nigra*). Entre los restos adheridos a artefactos cerámicos y de molienda se identificaron microfósiles de maíz, zapallo (*Cucurbita* sp.), chañar (*Geoffroea decorticans*) y algarrobo (*Prosopis* sp.). Los datos obtenidos permitieron plantear una subsistencia combinada entre especies vegetales cultivadas y silvestres por parte de las sociedades prehispánicas del período Tardío en la región central del país.

En síntesis, se han expuesto los antecedentes de los estudios de almidones para detectar el maíz en residuos culinarios depositados en vasijas cerámicas arqueológicas. Esta técnica, combinada con las otras descritas en los acápite anteriores (caracterización química y análisis isotópico de residuos grasos), aportan a una mayor precisión en la identificación de este cultivo en materiales arqueológicos.

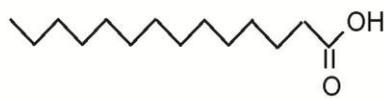
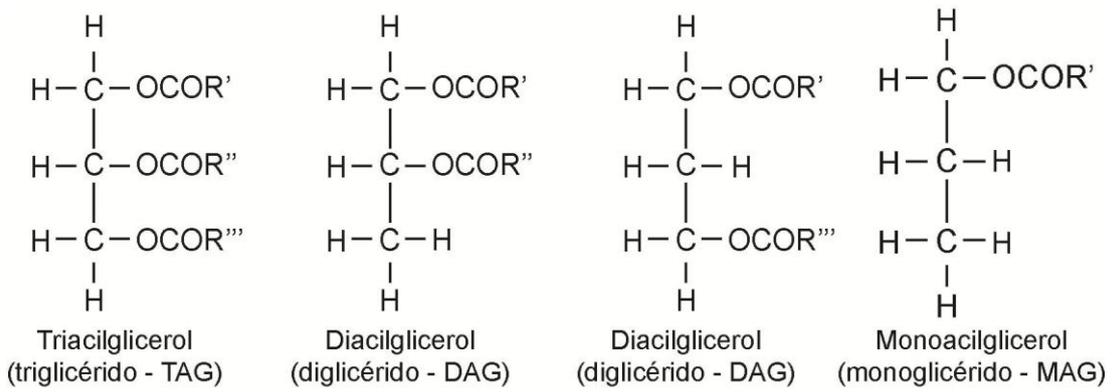
4.5 BREVE RESEÑA DE LOS COMPUESTOS QUÍMICOS ANALIZADOS

4.5.1 Los lípidos

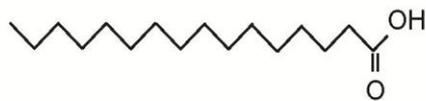
Los lípidos son un conjunto de compuestos orgánicos hidrofóbicos (insolubles en agua) integrados por grasas, aceites, ceras, esteroides, entre otros. En particular, las grasas animales y aceites vegetales están conformados principalmente por triacilgliceroides, además de diacilgliceroides, monoacilgliceroides y ácidos grasos libres. Los triacilgliceroides están formados por una molécula de glicerol que tiene esterificados sus tres grupos hidroxilo por tres ácidos grasos. Por otra parte, los diacilgliceroides están constituidos por una molécula de glicerol con dos de sus tres grupos hidroxilo esterificados por ácidos grasos. Los monoacilgliceroides tienen únicamente un grupo

hidroxilo esterificado por un ácido graso. En cambio, los ácidos grasos libres son aquellos que en estado natural no se encuentran unidos a una molécula de glicerol (Morrison y Boyd, 1998; McMurray, 2008).

Los ácidos grasos, por su parte, están formados por cadenas hidrocarbonadas generalmente lineales y en cuyo extremo hay un grupo carboxilo también denominado ácido carboxílico. La caracterización de los ácidos grasos se realiza mediante la determinación de la longitud de su cadena, es decir el número de átomos de carbono que forman parte de la misma, que generalmente es un número par de carbonos. Asimismo, se determina el grado de insaturación de un ácido graso por la presencia y cantidad de enlaces covalentes dobles en su cadena alquílica. En el caso de los ácidos grasos insaturados, se puede asimismo determinar la configuración *cis* o *trans* de sus dobles enlaces. En los aceites vegetales es característica la presencia de ácidos grasos insaturados de tipo *cis*, siendo casi inexistentes en estado natural aquellos con configuración *trans*. Las grasas animales, por su parte, contienen grasas tanto de tipo *cis* como *trans*. Otra característica significativa es que los aceites vegetales, gracias a su alta proporción de ácidos grasos insaturados, se presentan generalmente en estado líquido a temperatura ambiente, mientras que las grasas animales son sólidas en estas mismas condiciones debido a la mayor proporción de ácidos grasos saturados (Morrison y Boyd, 1998; McMurray, 2008). Los ácidos grasos de carbonos impares generalmente están asociados a procesos de degradación bacteriana. Por otro lado, los ácidos grasos ramificados *iso* y *anteiso* están presentes muchas veces en las grasas de animales rumiantes, dado que la actividad bacteriana que sintetiza estos compuestos se da en el propio rumen de los animales (Martínez Marín et al., 2010).



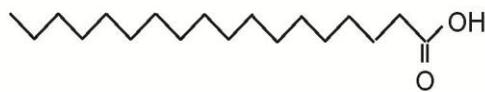
Ácido mirístico (C14:0)



Ácido palmítico (C16:0)



Ácido palmitoleico (C16:1)



Ácido estearico (C18:0)



Ácido oleico (C18:1)



Ácido linoleico (C18:2)



Ácido linolénico (C18:3)

Figura 4.1 Estructuras químicas de los principales acilgliceroles y ácidos grasos analizados en esta Tesis.

C	Nombre Sistemático	Nombre Común	Estructura CH ₃ -R-COOH	Abreviación
10	Ácido decanoico	Ácido cáprico	[CH ₂] ₈	10:0
12	Ácido dodecanoico	Ácido láurico	[CH ₂] ₁₀	12:0
14	Ácido tetradecanoico	Ácido mirístico	[CH ₂] ₁₂	14:0
15	Ácido pentadecanoico	-	[CH ₂] ₁₃	15:0
16	Ácido hexadecanoico	Ácido palmítico	[CH ₂] ₁₄	16:0
16	Ácido <i>cis</i> -9-hexadecenoico	Ácido palmitoleico	[CH ₂] ₅ (CH=CH)[CH ₂] ₇	16:1 (<i>n</i> -7)
17	Ácido heptadecanoico	Ácido margárico	[CH ₂] ₁₅	17:0
18	Ácido octadecanoico	Ácido esteárico	[CH ₂] ₁₆	18:0
18	Ácido <i>cis</i> -9-octadecenoico	Ácido oleico	[CH ₂] ₇ (CH=CH)[CH ₂] ₇	18:1 (<i>n</i> -9)
18	Ácido <i>trans</i> -9-octadecenoico	Ácido elaidico	[CH ₂] ₇ (E-CH=CH)[CH ₂] ₇	<i>t</i> -18:1 (<i>n</i> -9)
18	Ácido <i>cis</i> -11-octadecenoico	Ácido <i>cis</i> -vaccenico	[CH ₂] ₄ (CH=CH)[CH ₂] ₉	18:1 (<i>n</i> -7)
18	Ácido <i>cis,cis</i> -9,12-octadecadienoico	Ácido linoleico	[CH ₂] ₄ (CH=CHCH ₂) ₂ [CH ₂] ₆	18:2 (<i>n</i> -6)
18	Ácido <i>cis,cis,cis</i> -9,12,15-octadecatrienoico	Ácido linolénico	[CH ₂](CH=CHCH ₂) ₃ [CH ₂] ₆	18:3 (<i>n</i> -3)
18	Ácido <i>cis,cis,cis</i> -6,9,12-octadecatrienoico	Ácido γ -linolénico	[CH ₂] ₄ (CH=CHCH ₂) ₃ [CH ₂] ₃	18:3 (<i>n</i> -6)
20	Ácido eicosanoico	Ácido araquídico	[CH ₂] ₁₈	20:0
20	Ácido <i>cis,cis,cis,cis</i> -5,8,11,14-eicosatetraenoico	Ácido araquidónico	[CH ₂] ₄ (CH=CHCH ₂) ₄ [CH ₂] ₂	20:4 (<i>n</i> -6)
22	Ácido dodocosanoico	Ácido behénico	[CH ₂] ₂₀	22:0
24	Ácido tetracosanoico	Ácido lignocérico	[CH ₂] ₂₂	24:0
26	Hexacosanoico	Cerótico	[CH ₂] ₂₄	26:0
28	Octacosanoico	Montanico	[CH ₂] ₂₆	28:0
30	Triacosanoico	Melísico	[CH ₂] ₂₈	30:0

Tabla 4.1 Ácidos grasos más comunes. Datos tomados de Lipid Library (AOCS), <http://lipidlibrary.aocs.org>. Referencias: *n*, posición de primera insaturación; *t*, *trans*.

4.5.2 El almidón

El almidón es un polisacárido constituido por la unión de grandes cantidades de monómeros de glucosa. Está formado por dos compuestos de diferente estructura: la amilosa y la amilopectina. La amilosa está formada por α -D-glucopiranosas unidas mediante enlaces 1,4- α -glicosídicos en una cadena sin ramificar. Esta cadena adopta

una disposición helicoidal y tiene seis monómeros por cada vuelta de hélice. La amilopectina también está formada por α -D-glucopiranosas, aunque en este caso conforma una cadena altamente ramificada en la que hay uniones 1,4- α y 1,6- α glicosídicas. Estas últimas originan lugares de ramificación cada doce monómeros (Bertoft, 2004).

Los gránulos de almidón son estructuras semi-cristalinas, insolubles en agua y levemente hidratadas, lo que permite el almacenamiento de una gran cantidad de carbohidratos en un volumen reducido. Varían en tamaño y forma y generalmente están conformadas por capas de amilosa y amilopectina que alternan regiones no cristalinas y cristalinas, respectivamente. La disposición radial y ordenada se puede observar mediante la cruz de extinción bajo un microscopio de polarización cuando se colocan los polarizadores a 90° entre sí. El centro de la cruz se corresponde con el hilio, el centro de crecimiento del gránulo. Además suelen observarse fisuras emanando del hilio que son generalmente resultado de la deshidratación del gránulo (Cortella y Pochettino, 1994).

El almidón es el principal polisacárido de reserva de la mayoría de las plantas, y es la fuente más importante de calorías en la alimentación humana. Las plantas asimilan el almidón durante su período de crecimiento y lo guardan como reserva en amiloplastos durante su período de descanso. En los cereales, el almidón de reserva se deposita en el endosperma de la semilla (Preiss, 2004). Los amiloplastos pueden contener uno o más gránulos de almidón, en el primer caso son gránulos de almidón simples y en el segundo caso se trata de gránulos de almidones compuestos. Las investigaciones pioneras de principios del siglo XX establecieron particularidades morfológicas y dimensionales de los gránulos de almidón de reserva para cada especie de cereal (Reichert, 1913; Winton y Winton, 1932).

La degradación del almidón ocurre en presencia de enzimas conocidas como amilasas, que rompen o hidrolizan las moléculas de almidón en azúcares. Estas enzimas se

encuentran en las mismas plantas y la saliva humana es otra fuente importante de amilasas. Las consecuencias de este proceso de degradación pueden ser observadas bajo el microscopio como rasgaduras, fisuras y adelgazamientos del amiloplasto (Tawil et al., 2011).

Por otro lado, en presencia de agua caliente, los gránulos de almidón se hinchan y explotan, y su estructura semicristalina se pierde. Las moléculas más pequeñas de amilosa comienzan a filtrar hacia afuera del amiloplasto, mezclándose con el agua caliente que toma una consistencia más viscosa. Este proceso se denomina gelificación del almidón y es común durante la cocción de cereales almidonados. Este proceso se observa bajo el microscopio con luz polarizada como una pérdida total o parcial de la cruz de extinción por la alteración de la estructura cristalina, o como una rasgadura del amiloplasto por la hinchazón del gránulo cuando es sometido a un hervor (Henry et al., 2009; Crowther, 2012).

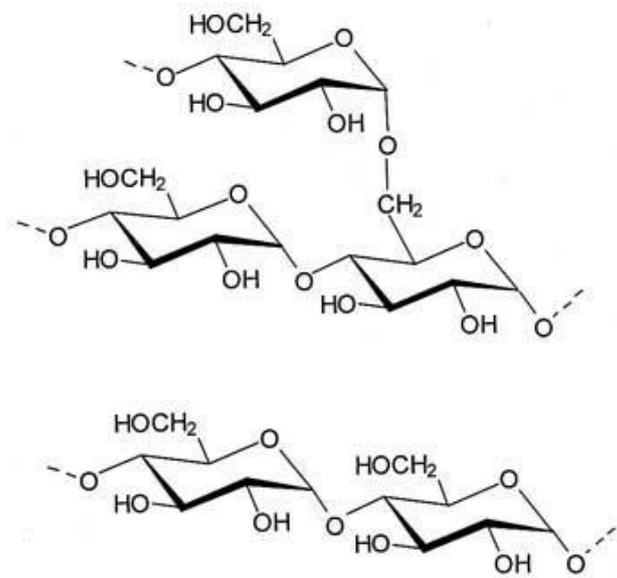


Figura 4.2 Estructura del almidón y sus dos componentes. Arriba: la amilopectina (uniones glicosídicas 1,6). Abajo: la amilosa (uniones glicosídicas 1,4). Ilustración adaptada de <http://www.nuffieldfoundation.org/practical-chemistry/making-plastic-potato-starch>

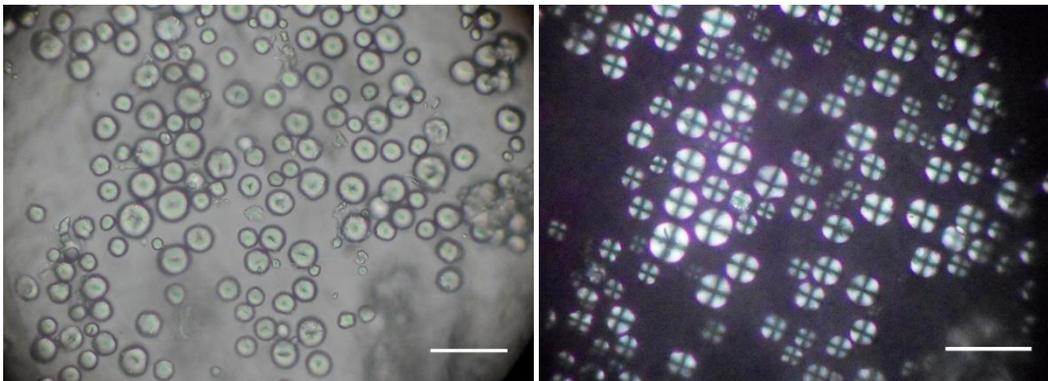


Figura 4.3 Gránulos de almidón de maíz Capia (ejemplar de la Provincia de Jujuy, Noroeste argentino).

CAPÍTULO 5:
ESTRATEGIA
METODOLÓGICA Y
CONFORMACIÓN DE
LA MUESTRA

CAPÍTULO 5: ESTRATEGIA METODOLÓGICA Y CONFORMACIÓN DE LA MUESTRA

En este capítulo se presenta la estrategia metodológica adoptada en esta tesis. Se eligió una estrategia arqueométrica de vías múltiples, en la que se combinaron análisis de caracterización química, isotópica y microscópica de los residuos culinarios preservados en las matrices cerámicas de las vasijas. Luego se planteó un modelo de integración de datos arqueométricos, tecno-morfológicos y contextuales para abordar las prácticas culinarias. Por último, se detalla cómo se conformó el conjunto de muestras arqueológicas y de referencia.

5.1 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

En el Capítulo 4 se detallaron las técnicas para el análisis de residuos culinarios y se explicitaron sus alcances, limitaciones, ventajas y desventajas. En el presente capítulo se presenta la estrategia metodológica arqueométrica de vías múltiples utilizada en esta tesis. Esta estrategia permitió plasmar los resultados de las diferentes técnicas en una matriz, que posibilitó un posterior análisis cualitativo y cuantitativo de los datos. Con esto se apuntó a obtener identificaciones más precisas acerca del origen de los residuos recuperados en la cerámica arqueológica y evaluar la importancia del maíz en las prácticas alimentarias del oeste de Tinogasta.

En la Figura 5.1 se presenta un esquema de la estrategia metodológica implementada. Cada muestra fue sometida en primer lugar a dos muestreos internos, uno para realizar la extracción química de lípidos y otro para la recuperación mecánica de almidones. Una alícuota del extracto lipídico a su vez fue derivatizado y analizado por

CG, CG-EM y CG-C-EMRI. El extracto restante fue analizado directamente por AE-EMRI. Por otro lado, la muestra recuperada por raspado tuvo un proceso de tamizado y montaje para su observación bajo microscopio óptico bajo luz normal y polarizada. Los resultados obtenidos por las diferentes técnicas para cada muestra arqueológica fueron comparados entre sí y con las muestras referenciales actuales y entre utilizando herramientas de análisis cualitativo y cuantitativo de los datos. Esto permitió arribar a una identificación del origen de los residuos para cada muestra arqueológica. Esa identificación fue en algunos casos más precisa que en otros. Es decir, en algunas muestras la presencia de biomarcadores permitió identificar residuos a nivel de los ingredientes individuales, mientras que en otros casos la ausencia de biomarcadores sólo admitió identificaciones generales de las mezclas.

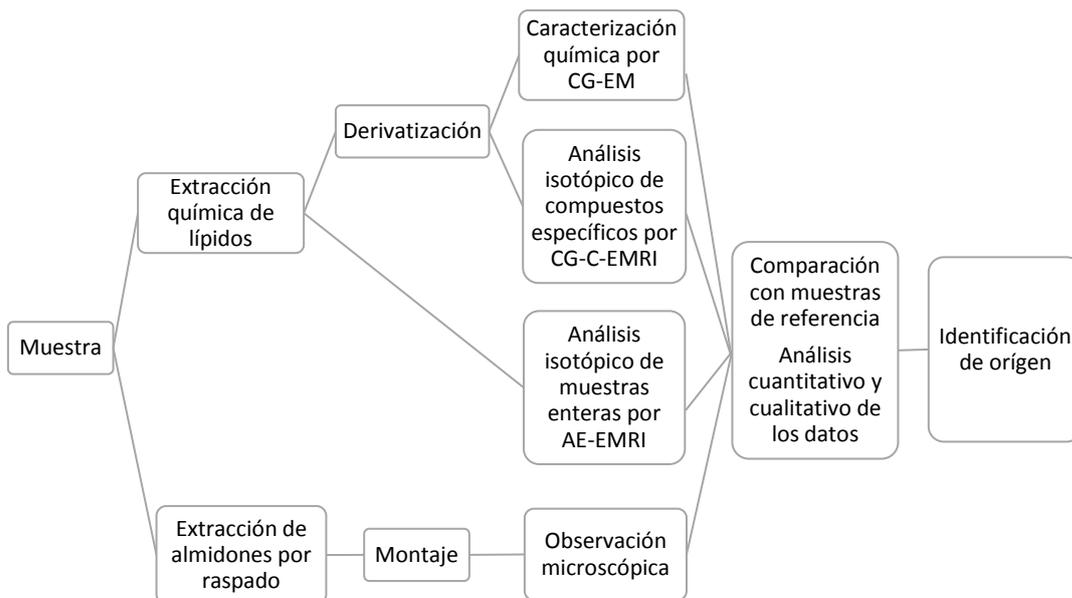


Figura 5.1. Estrategia metodológica arqueométrica de vías múltiples utilizada en esta investigación

La interpretación arqueológica de las prácticas de uso culinario de las vasijas a su vez no dependió únicamente de la información arqueométrica de los residuos orgánicos. Estos datos fueron a su vez cruzados con información generada y publicada por otros

miembros del equipo de investigación PACHA: información tecno-morfológica y funcional de las vasijas (Orgaz et al., 2007; Feely y Ratto, 2009; Feely, 2010) e información contextual de los hallazgos a la luz de las dinámicas regionales (Ratto, 2013; Ratto et al., 2014) (ver Figura 5.2). La integración de las tres fuentes de información permitió dar sentido arqueológico a la caracterización arqueométrica de los residuos y contextualizarla dentro de las prácticas de consumo y circulación material en el oeste de Tinogasta prehispánico.

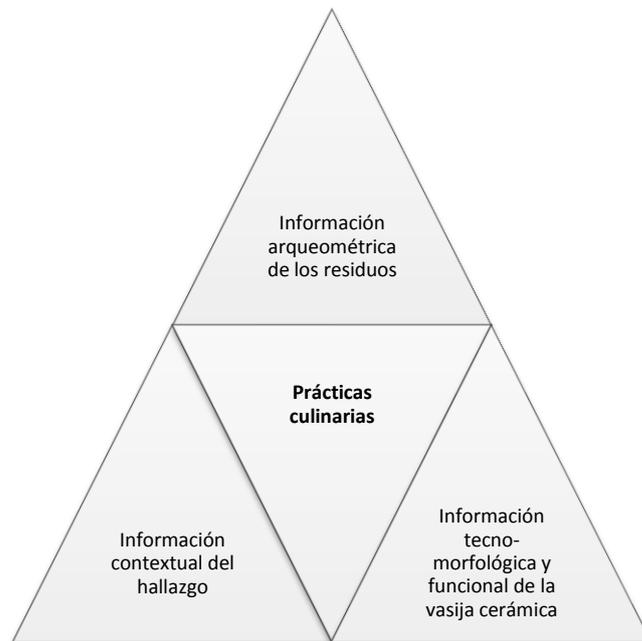


Figura 5.2. Esquema para la interpretación de las prácticas culinarias implementada en esta investigación

5.2 MUESTRAS DE REFERENCIA

Se analizó un conjunto de muestras de referencia para compararlas con aquellas arqueológicas. Se trata de 36 muestras de ingredientes individuales y preparaciones en base a recetas típicas andinas, en su gran mayoría procedentes de localidades del noroeste argentino, las que fueron producidas o recolectadas de manera tradicional. Veinte muestras (R-01 a R-12 y R-29 a R-36) corresponden a ingredientes en estado crudo, las siguientes seis muestras (R-13 a R-18) son ingredientes en estado cocido. Tres muestras son producto de la preparación de tres comidas andinas (R-19 a R-21) y tres muestras de ollas de cerámica réplica con residuos de estas tres preparaciones (R-22 a R-24). Finalmente, cuatro corresponden a muestras de sedimentos en los cuales se enterró durante 18 meses parte del contenido de las ollas réplica (R-25 a R-28). En la Tabla 5.1 se detallan las características de las muestras, su procedencia y las técnicas que se aplicaron para el análisis de cada una de ellas. En las secciones subsiguientes se describe el conjunto de muestras de referencia analizadas por cada técnica.

Muestra	Descripción	Material	Estado	Localidad	Altitud (msnm)	AAG	AIME	AICE	AALM
R-01	Pisingallo (<i>Zea mays</i> ARZM9043)	Cariopse	Seco, crudo	Chicapa, Jujuy	2460	✓	✓	✓	✓
R-02	Chullpi (<i>Zea mays</i> ARZM09421)	Cariopse	Seco, crudo	Tilcara, Jujuy	2500	✓	✓	✓	✓
R-03	Dentado blanco (<i>Zea mays</i> ARM9404)	Cariopse	Seco, crudo	Tiraxi, Jujuy	1750	✓	✓	✓	✓
R-04	Capia blanco (<i>Zea mays</i> ARZM9370)	Cariopse	Seco, crudo	Maimará, Jujuy	2400	✓	✓	✓	✓
R-05	Pisingallo (<i>Zea mays</i>)	Cariopse	Seco, crudo, carbonizado	Punta Colorada, Catamarca (ca. 661-1020 d. C)	2290	✓	✓	✓	
R-06	Ají verde (<i>Capsicum annuum</i>)	Fruto	Fresco, crudo	Fiambalá, Catamarca	1500	✓	✓		
R-07	Poroto (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Semilla	Seco, crudo	Fiambalá, Catamarca	1500	✓	✓	✓	
R-08	Algarroba blanca (<i>Prosopis alba</i>)	Vaina	Seco, crudo	El Alto, Catamarca	940	✓		✓	
R-09	Llama (<i>Lama glama</i>)	Carne	Charqueado, crudo	La Candelaria, Jujuy	3950	✓	✓	✓	
R-10	Llama (<i>Lama glama</i>)	Carne	Fresco, crudo	La Candelaria, Jujuy	3950	✓		✓	
R-11	Vaca (<i>Bos taurus</i>)	Grasa	Fresco, crudo	Cruz Alta, Tucumán	1300	✓	✓	✓	
R-12	Vaca (<i>Bos taurus</i>)	Grasa	Fresco, crudo	San Antonio de Areco, Buenos Aires	100	✓	✓	✓	
R-13	Dentado blanco (<i>Zea mays</i> ARZM9404)	Cariopse	Hervido	Tiraxi, Jujuy	1750	✓	✓		
R-14	Ají verde (<i>Capsicum annuum</i>)	Fruto	Hervido	Fiambalá Catamarca	1500	✓			
R-15	Poroto (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Semilla	Hervido	Fiambalá Catamarca	1500	✓			
R-16	Llama (<i>Lama glama</i>)	Carne	Charqueado, Hervido	La Candelaria, Jujuy	3950	✓			
R-17	Llama (<i>Lama glama</i>)	Carne	Hervido	La Candelaria, Jujuy	3950	✓			

Tabla 5.1. Muestras de referencia analizadas. Referencias: AG (análisis de ácidos grasos); AIME (análisis isotópico de muestras enteras); AICE (análisis isotópico de compuestos específicos); AALM (análisis de almidones).

Muestra	Descripción	Material	Estado	Localidad	Altitud (msnm)	AAG	AIME	AICE	AALM
R-18	Vaca (<i>Bos taurus</i>)	Grasa	Hervido	Cruz Alta, Tucumán	1300	✓			
R-19	Mazamorra	Receta A	Hervido	Sitio experimental	1350	✓	✓		
R-20	Locro	Receta B	Hervido	Sitio experimental	1350	✓	✓		
R-21	Pochoclo	Receta C	Hervido	Sitio experimental	1350	✓	✓		
R-22	Olla réplica A (Mazamorra)	Cerámica	Absorbido	Sitio experimental	1350	✓	✓	✓	✓
R-23	Olla réplica B (Locro)	Cerámica	Absorbido	Sitio experimental	1350	✓	✓	✓	✓
R-24	Olla réplica C (Pochoclo)	Cerámica	Absorbido	Sitio experimental	1350	✓	✓	✓	✓
R-25	Mazamorra enterrada en arcilla	Sedimento, comida	Enterrado	Sitio experimental	1350	✓			
R-26	Locro enterrado en arcilla	Sedimento, comida	Enterrado	Sitio experimental	1350	✓			
R-27	Mazamorra enterrada en arena	Sedimento, comida	Enterrado	Sitio experimental	1350	✓			
R-28	Locro enterrado en arena	Sedimento, comida	Enterrado	Sitio experimental	1350	✓			
R-29	Algarroba negra (<i>Prosopis nigris</i>)	Vaina	Seco, crudo	El Alto, Catamarca	940	✓	✓		
R-30	Chañar (<i>Geoffrea decorticans</i>)	Fruto	Seco, crudo	El Alto, Catamarca	940	✓	✓		
R-31	Mistol (<i>Ziziphus mistol</i>)	Fruto	Seco, crudo	El Alto, Catamarca	940	✓	✓		
R-32	Cristalino colorado (<i>Zea mays</i> ARZM12082)	Cariopse	Seco, crudo	La Ciénaga, Catamarca	1160				✓
R-33	Perlita (<i>Zea mays</i> ARZM12264)	Cariopse	Seco, crudo	La Higuera, Catamarca	1930				✓
R-34	Calchaquí (<i>Zea mays</i> ARZM12055)	Cariopse	Seco, crudo	Belén, Catamarca	1240				✓
R-35	Complejo tropical (<i>Zea mays</i> ARZM12111)	Cariopse	Seco, crudo	Hualfín, Catamarca	1140				✓
R-36	Dentado amarillo-colorado (<i>Zea mays</i> ARZM12001)	Cariopse	Seco, crudo	Fiambalá, Catamarca	1470				✓
R-37	Control Sedimento arcilloso	Sedimento	-	Fiambalá, Catamarca	1470	✓			
R-38	Control sedimento arenoso	Sedimento	-	Fiambalá, Catamarca	1470	✓			
R-39	Briqueta control	cerámica	-	-	-	✓			

Tabla 5.1. Continuada

5.2.1 *Material referencial para la caracterización química*

Se analizaron 28 muestras actuales por cromatografía gaseosa (CG) y/o cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa (CG-EM) para obtener un grupo amplio de perfiles de ácidos grasos de referencia (R-01 a R-28, ver Tabla 5.1). El objetivo fue generar una base comparativa para posteriormente interpretar los perfiles de ácidos grasos de los residuos culinarios de las cerámicas arqueológicas.

En primer lugar se estudiaron los perfiles de ácidos grasos de cuatro razas de maíz nativas actuales del noroeste argentino. Las mismas fueron: pisingallo (R-01), chullpi (R-02), dentado blanco (R-03) y capia (R-04). Las muestras estudiadas fueron provistas por el Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA-Pergamino y son producto de las recolecciones sistemáticas realizadas en diferentes zonas del Noroeste argentino en las últimas cinco décadas. El protocolo de toma de muestra desarrollado por el Banco establece que para cada raza muestreada se colectan de ocho a 30 marlos de maíz. Las muestras recolectadas son secadas a temperatura ambiente y presión atmosférica con control de humedad, y preservadas en bolsas de papel selladas y guardadas a 5-10 °C y 40-50 % de humedad relativa para su óptima preservación. La clasificación racial se realiza de acuerdo con los descriptores fenotípicos de grano y marlo como textura, color, forma, ancho, largo y número de filas en el marlo (Solari y Gómez, 1997; Ferrer et al., 1998). Además, se analizaron cariopses de maíz pisingallo arqueológico (R-05) en estado parcialmente carbonizado, aunque muy bien preservados, recuperados del sitio Punta Colorada (ca. 661-1020 d. C). Esta muestra permitió conocer el perfil de ácidos grasos de una muestra de maíz antigua con evidencia de exposición al fuego y posiblemente degradada por los procesos post-depositacionales en la matriz sedimentaria del sitio arqueológico durante varios siglos.

En segundo lugar se estudiaron otras plantas nativas del noroeste argentino: el ají (R-06), el poroto (R-07) y la algarroba blanca (R-08). Los ejemplares de ají y poroto fueron

adquiridos en el mercado de Fiambalá y provienen de huertos locales. El ejemplar de vaina de algarroba fue recolectado de una planta silvestre en la localidad de El Alto, Catamarca.

En tercer lugar se analizaron ingredientes de origen animal. Estos incluyeron dos ejemplares de carne de llama, una charqueada (R-09) y otra fresca y refrigerada (R-10), ambos obtenidos de un criadero situado en la puna jujeña localizado próximo a la frontera con Bolivia y Chile, denominada La Candelaria. Además, se incluyeron dos muestras de grasa bovina, una tucumana (R-11) y otra bonaerense (R-12). Aunque el ganado bovino no es una especie nativa, son una introducción europea, hoy en día los productos vacunos forman parte importante de la alimentación local catamarqueña. Por ende, fue el único producto disponible en el mercado de Fiambalá, siendo muy difícil hallar carne de llama en esta localidad. El ejemplar adquirido en el mercado de Fiambalá provenía de Cruz Alta, Tucumán, mientras que el ejemplar bonaerense fue comprado a Cabaña Las Lilas, un establecimiento situado en San Antonio de Areco, Buenos Aires.

Se tuvo en consideración que los residuos de las ollas arqueológicas corresponden a restos de alimentos cocidos. Dado que los perfiles de los ingredientes se modifican una vez cocinados con respecto a su estado crudo, se seleccionaron algunos alimentos y se hirvieron en el laboratorio. Los mismos fueron: maíz dentado blanco (R-13), ají verde (R-14), poroto (R-15), charqui de llama (R-16), carne fresca de llama (R-17) y grasa vacuna (R-18). De esta manera se obtuvo un conjunto de perfiles de ácidos grasos de ingredientes vegetales y animales cocidos que serían más útiles para comparar con los residuos arqueológicos.

Sin embargo, también se tomó en cuenta que las ollas arqueológicas muy posiblemente fueron utilizadas durante varias décadas para cocinar distintas recetas que combinan múltiples ingredientes. Por lo tanto, se previó la presencia de mezclas complejas en los residuos arqueológicos. Aunque se reconoció la dificultad de

reproducir actualmente dichas mezclas, se eligió llevar a cabo una experiencia para replicar la cocción de recetas andinas típicas en ollas cerámicas artesanales. Esto permitió generar un grupo de muestras referenciales de mezclas cocidas, con ingredientes ya estudiados, proporciones conocidas y condiciones de campo controladas. La experiencia duró tres jornadas y se llevó a cabo en un sitio experimental montado en la localidad de La Troya, en las afueras de Fiambalá (Tinogasta, Catamarca).

Para ello, se prepararon tres recetas tradicionales andinas a base de maíz, utilizando las variedades de chullpi, dentado blanco y pisingallo anteriormente analizadas para preparar mazamorra, locro y pochoclo, respectivamente. Las recetas y los ingredientes fueron tomados del trabajo de Cámara Hernández y Arancibia de Cabezas (2007). La mazamorra es una preparación dulce que suele consumirse como desayuno o postre, realizada en base a maíz dulce (chullpi) hervido durante un período prolongado logrando una textura consistente, similar a la de un arroz con leche. El locro, por otra parte, es un guiso consumido como plato principal, logrado a base de maíz harinoso o dentado, porotos y algún elemento cárnico, caracú o grasa. Se le puede agregar ají o zapallo para dar color y sabor, en nuestro caso optamos por el ají verde. El pochoclo, también conocido como pororó o palomitas de maíz, es un alimento generalmente consumido como colación durante la jornada de trabajo campesino, y es preparado con maíz reventón tostado al que generalmente se le agrega materia grasa para mejorar su sabor y favorecer la explosión de los granos al tostarse.

Las ollas réplica se clasificaron como A, B y C de acuerdo con las recetas cocinadas en ellas. Las mismas fueron elaboradas por el artesano Daniel Verniers, quien aplicó técnicas tradicionales de manufactura y respetó los parámetros morfológicos y volumétricos establecidos para las vasijas de cocción arqueológicas de la región de estudio (Orgaz et al., 2007; Feely y Ratto, 2009; Feely, 2010). Las mismas fueron quemadas en un horno tradicional de ceramista a leña de carga vertical (Figura 5.3, fotografía A). La materia prima usada fue arcilla empleada comúnmente por artesanos

actuales con agregado de un 20 a 30% de chamote (cerámica molida) y talco como antiplástico, con el objetivo de aumentar la resistencia térmica y mecánica de las piezas. Las características de las mismas son (ver Figura 5.3, B):

- 1) Ollas A y B: morfología globular, base plana de 7 cm de diámetro, diámetro máximo de 25 cm, boca evertida de 13,5 cm de diámetro, altura máxima de 23 cm y espesor de 0,6 cm. No presenta asas, el tratamiento de superficie es alisado y no está decorada.
- 2) Olla C: morfología globular, base plana de 3,5 cm de diámetro, diámetro máximo de 12,5 cm, boca evertida de 7 cm de diámetro, altura máxima de 11,5 cm y espesor de 0,6 cm. No presenta asas, el tratamiento de superficie es alisado y no está decorada.

Los ingredientes y las cantidades de cada receta se detallan a continuación (Tabla 5.2):

- 1) La mazamorra fue realizada hirviendo durante cuatro horas 175 gramos de grano seco de maíz chullpi y un litro de agua. Esta receta fue realizada dentro de la Olla A. Se utilizó un fogón experimental de tipo abierto con uso de algarrobo y retama como combustible. Esta receta se repitió durante las tres jornadas de experimentación, partiendo siempre de los granos de chullpi crudos que fueron remojados durante 12 horas previas a la cocción, escurridos y sometidos a molienda gruesa. La Olla A fue lavada con agua destilada fría antes de cada nueva cocción para desprender los residuos gruesos de la cocción anterior.
- 2) La segunda receta fue el locro, compuesto por 425 gramos de maíz dentado blanco previamente remojados durante 12 horas, escurridos y molidos, 80 gramos de ají verde, 250 gramos de poroto alubia, 25 gramos de grasa vacuna refinada y un litro de agua, con un hervor sostenido durante 4 horas. Esta receta fue realizada dentro de la Olla B. Cabe aclarar que la grasa usada fue de origen vacuno debido a la

dificultad de acceder a grasa de camélido en Fiambalá al momento de la experimentación, posiblemente la más utilizada en las recetas de las sociedades prehispánicas del NOA. Sin embargo, a los fines de la experimentación centrada en la detección del maíz, la utilización de grasa no constituyó un problema ya que el perfil de ácidos grasos de este ingrediente es muy similar a aquél de grasa de los camélidos andinos con presencia de ácido mirístico, altos niveles de ácido esteárico y muy baja proporción de los ácidos linoleico y linolénico (Maier et al., 2007). La Olla B también fue lavada con agua destilada fría antes de cada nueva cocción para desprender los residuos gruesos de la cocción anterior.

- 3) La tercera receta fue el pochoclo, hecho con 320 gramos de grano seco de maíz pisingallo y 10 gramos de grasa vacuna. Esta receta fue realizada dentro de la Olla C. Los granos también fueron remojados durante 12 horas y luego escurridos para asegurar el correcto reventado de la palomita de maíz, fenómeno que sucede cuando el vapor de agua hace explotar el endosperma córneo del grano. La técnica de cocción fue el tostado directo, de duración aproximada de 15 minutos. El lavado de la Olla C antes de cada nueva cocción se hizo de la misma manera, utilizando únicamente agua fría para enjuagar los residuos gruesos de la cocción anterior.

Receta	Olla réplica	Ingredientes	Tiempo de Cocción
Mazamorra	Olla A	Maíz chullpi (175g); agua destilada (1 litro)	4 hs x 3 veces
Locro	Olla B	Maíz dentado blanco (425g); ají verde (80g); poroto (250g); grasa vacuna (25g); agua destilada (1 litro)	4 hs x 3 veces
Pochoclo	Olla C	Maíz pisingallo (320g), grasa vacuna (10g)	15 min x 3 veces

Tabla 5.2. Recetas experimentales con tres variedades nativas de maíz del Noroeste Argentino

La experiencia se llevó a cabo en el área de La Troya emplazada a 1450 msnm en el Bolsón de Fiambalá (Departamento de Tinogasta, Provincia de Catamarca) (Figura 5.4, A) lo cual permitió reconstruir las condiciones atmosféricas para la cocción de los alimentos, debido a que una mayor altitud sobre el nivel del mar implica una disminución de la temperatura de ebullición del agua y esto podría tener efecto sobre la potencial alteración de los lípidos.

Las distintas recetas se cocinaron utilizando un fogón de tipo abierto, construido en una pista experimental de cuatro metros cuadrados sobre un sedimento limo-arcilloso que forma parte de la antigua planicie aluvial del río La Troya (Figura 5.4, B y C). Se colocaron rodados del cauce como protección contra el viento y para asegurar la temperatura constante del fuego. Como combustible se utilizó leña de *Prosopis* sp. (algarrobo) cuyo poder calórico es alto (Tortorelli, 1956) y leña menuda esencial para el encendido, ambos disponibles localmente. La temperatura del fogón y el contenido de las ollas fue controlada con un termómetro digital (Schwyz SC134) equipado con una termocupla tipo K con sonda de 70 cm de longitud.

Las cocciones experimentales se repitieron tres veces en cada olla en tres jornadas consecutivas (Tabla 5.2). En cada jornada primero se encendió el fuego hasta lograr una cantidad suficiente de brasa. Luego se colocaron las tres ollas al rescoldo para realizar las cocciones. Una vez pasado el tiempo estipulado de cocción según cada

receta, se retiraron las ollas del rescoldo y se dejaron enfriar. Cuando alcanzaron la temperatura ambiente se procedió a la toma de muestras. Las mismas fueron tomadas del contenido de cada olla en cada jornada y se guardaron en frascos de vidrio color caramelo con tapa a rosca, rotuladas y conservadas a -4°C para el análisis químico (R-19, R-20 y R-21). Para el análisis en esta tesis, se eligieron las muestras de los contenidos de las ollas recuperados en la tercera jornada de experimentación.

Una vez en el laboratorio se partieron las ollas en tiestos y se tomaron muestras de cada una para su posterior análisis (R-22, R-23, R-24). Además, como muestra control se contó con una briqueta cerámica elaborada con los mismos materiales y técnicas que las ollas réplica (R-39).

Por último, se enterraron alícuotas de los contenidos de las Ollas A y B de la última cocción en cuatro hoyos, dos en una pista ubicada sobre sedimento arcilloso (R-25 y R-26) y otros en una pista ubicada sobre sedimento arenoso (R-27 y R-28) (Figura 5.4, D) en el sitio experimental situado en la planicie aluvial del Río La Troya. Estos depósitos fueron tapados, marcados en el campo, fotografiados y georreferenciados con un GPS Garmin 60CSx para su posterior recuperación luego de 18 meses. Se tomaron muestras control de sedimento arcilloso (R-37) y arenoso (R-38) El objetivo de esta acción fue simular una degradación por soterramiento para generar muestras de referencia de comidas degradadas.



Figura 5.3. Manufactura de ollas réplica con técnicas tradicionales: A, horno del ceramista de carga vertical; B, ollas réplica.



Figura 5.4. Experimentación en el valle del río La Troya, Tinogasta, Catamarca: A, paisaje del valle del río La Troya; B, montaje de las cuadrículas en el sitio experimental; C, cocción experimental de recetas andinas en ollas réplica en fogón abierto; D, entierro de muestras del contenido de las ollas en una pista experimental de sedimento arcilloso (en el extremo inferior se observa la acción de un animal carroñero durante la noche).

5.2.2 Material referencial para el análisis isotópico de muestras enteras (AIME)

Se analizaron 21 muestras actuales por AE-EMRI para obtener un grupo amplio de valores de referencia de isótopos estables de carbono en muestras enteras de los extractos lipídicos (Tabla 5.1). El objetivo fue generar una base de datos comparativa para posteriormente interpretar los valores isotópicos de los extractos lipídicos de los residuos culinarios de las cerámicas arqueológicas.

Las primeras cuatro muestras corresponden a cuatro variedades de maíz nativo del NOA: pisingallo (R-01), chullpi (R-02), dentado blanco (R-03) y capia (R-04). Estas cuatro razas actuales de maíz nativo del NOA permitieron obtener un conjunto de valores de plantas C_4 . Además, se analizó una muestra de pisingallo arqueológico para obtener un valor isotópico pre-industrial de maíz (R-05).

A continuación, se analizaron cinco muestras de plantas típicamente andinas: ají (R-06), poroto (R-07), algarroba negra (R-29), chañar (R-30) y mistol (R-31). Las cinco especies son plantas C_3 , lo que permitió obtener un rango de valores en el extremo opuesto a las plantas C_4 .

Luego, se obtuvieron los valores isotópicos de tres muestras de origen animal. Se eligieron dos muestras de grasa bovina, una de animales criados en Cruz Alta, Tucumán (R-11) y otra de animales criados en San Antonio de Areco, Buenos Aires (R-12), alimentadas ambas con una dieta basada en pasturas C_3 y complementación con maíz (planta C_4). Se analizó la muestra de grasa de charqui de llama procedente de la puna jujeña, alimentada enteramente con pasturas C_3 .

También se analizó una muestra de maíz dentado blanco hervido (R-13), para determinar si existieron cambios en la composición isotópica durante de la cocción.

Las últimas muestras fueron las comidas preparadas experimentalmente (mazamorra, R-19; locro, R-20; pochoclo, R-21) y los extractos de los residuos absorbidos en las tres ollas réplica (Olla A, R-22; Olla B, R-23; Olla C, R-24). Estas muestras permitieron obtener valores isotópicos correspondientes a alimentos cocidos, incluyendo mezclas complejas de plantas C4, C3 y animales alimentados con plantas C3 y C4. Además, los valores obtenidos de los residuos absorbidos en las ollas réplica, comparados con los valores de las comidas.

5.2.3 Material referencial para el análisis isotópico de compuestos específicos (AICE)

Se analizaron 14 muestras actuales por CG-C-EMRI para obtener valores específicos de referencia de isótopos estables de carbono para cada ácido graso de cada ingrediente individual, así como de muestras complejas de varios ingredientes de origen animal y vegetal (Tabla 5.1). En un mismo perfil de ácidos grasos de una mezcla compleja de productos animales y vegetales es esperable obtener valores isotópicos diferentes para cada ácido graso. Por ejemplo los aceites vegetales son ricos en ácidos grasos insaturados tales como $C_{18:1}$ y $C_{18:2}$ y pobres en $C_{18:0}$, mientras que las grasas animales son ricas en $C_{18:0}$ y $C_{18:1}$, tienen presencia exclusiva de $C_{14:0}$ y $C_{16:1}$, y son pobres en $C_{18:2}$. Los valores isotópicos son proporcionales al aporte (en concentración) que hace cada grasa o aceite a un ácido graso determinado. Es decir que no puede descartarse que los valores isotópicos de algunos ácidos grasos más comunes ($C_{16:0}$ y $C_{18:1}$) sean producto de mezclas de diferentes orígenes. Se decidió estudiar cómo se comportaban los valores isotópicos en cada ácido graso individual de una muestra compleja conocida (ollas réplica) para obtener mejores bases comparativas para interpretar el origen de los residuos arqueológicos.

Se realizó este análisis para determinar los valores isotópicos de cada ácido graso de las cuatro variedades de maíz (plantas C_4): pisingallo (R-01), chullpi (R-02), dentado blanco (R-03) y capia (R-04) y de la muestra de pisingallo arqueológico (R-05). También

se estudiaron las muestras de plantas C₃ poroto (R-07) y algarroba blanca (R-08). Se analizaron las muestras de charqui (R-09) y carne fresca de llama (R-10), alimentadas enteramente con pasturas C₃. Además, se obtuvieron los valores isotópicos de los ácidos grasos de muestras de grasa bovina (R-11 y R-12), alimentadas a una dieta basada en pasturas C₃ y complementación con maíz (planta C₄). A continuación se analizaron los extractos de los residuos absorbidos en las tres ollas réplica (Olla A, R-22; Olla B, R-23; Olla C, R-24). Estas últimas muestras permitieron obtener valores isotópicos para cada ácido graso en mezclas complejas de plantas C₃, C₄ y animales alimentados con plantas C₃ y C₄, dependiendo del caso.

5.2.4 Material referencial para el análisis microscópico de almidones

Se caracterizaron microscópicamente los gránulos de almidón de un conjunto de ocho razas nativas de maíz del noroeste argentino (R-01, R-02, R-03, R-04, R-32, R-33, R-34, R-35) cultivadas en las provincias de Catamarca y Jujuy, Argentina (Tabla 5.1). Dado que esta especie presenta una gran variabilidad racial traducida en múltiples morfologías, dimensiones, maduración y adaptabilidad ambiental, el análisis de un conjunto grande de almidones procedentes de las ocho variedades seleccionadas permitió dar cuenta de la gran diversificación de caracteres morfológicos y métricos de los almidones a nivel intra- e interracial. Nuestra aproximación fue incentivada a partir de preguntas sobre la factibilidad de la identificación racial en materiales arqueológicos, y de la necesidad de interpretaciones bien fundamentadas y no sobre conjuntos referenciales sesgados o incompletos. Por lo tanto, nuestra base de datos se constituyó desde un principio con la idea de generar una muestra representativa tanto a nivel cuantitativo como cualitativo en la búsqueda de posibles elementos distintivos para cada raza de maíz. Para ello trabajamos a partir de una cantidad significativa de variables cuyos datos fueron procesados estadísticamente con técnicas descriptivas y multivariadas. A partir de estos análisis buscamos registrar caracteres distintivos y elaborar tendencias estadísticas.

El aporte para la Arqueología de esta base de datos fue, por un lado, caracterizar descriptivamente almidones de maíz del noroeste argentino, de manera tal que pueda servir para comparación con otras razas regionales, y generar elementos referenciales para mejores y más confiables identificaciones del almidón de maíz en muestras arqueológicas. Este trabajo se enfocó en determinar los alcances y las limitaciones de esta técnica para la identificación de razas nativas en muestras arqueológicas, ya que la variabilidad al interior de cada raza y la superposición de rasgos entre razas dificultaría su discriminación.

Las muestras de cariopses de las razas nativas estudiadas fueron provistas por el Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA-Pergamino. Cuatro razas fueron recolectadas en la provincia de Jujuy entre 1963 y 1968, y otras cuatro en la provincia de Catamarca en 1977. Se analizaron 800 gránulos procedentes de 32 cariopses (4 cariopses por raza) de maíces nativos clasificados por el Banco de Germoplasma (INTA): pisingallo (R-01), chullpi (R-02), capia (R-04), cristalino colorado (R-32), perlita (R-33), calchaquí (R-34), complejo tropical (R-35) y dentado amarillo colorado (R-36) (Figura 5.5). Los mismos fueron clasificados en base a la textura dominante de su endosperma en los siguientes grupos: córneo, córneo-harinoso, dentado, dextrinoso y harinoso (Abiusso y Cámara Hernández, 1974; Molestina, 1987; Oliszewski, 2008).

Para la identificación de otras especies vegetales típicas del noroeste argentino se tomaron los trabajos sistemáticos sobre material referencial moderno y nativo al NOA que estuviesen publicados en la bibliografía. Por ejemplo, la identificación de almidón de poroto se hizo en base a Babot y colaboradores (2007). Por otra parte, la clasificación de los almidones de algarrobo se hizo en base a Giovannetti y colaboradores (2008). Se consultó el trabajo de Cortella y Pochettino (1995) para identificar almidones de tubérculos andinos en caso necesario. Finalmente, se consultaron asimismo publicaciones donde se identificaron almidones de plantas comestibles andinas en materiales arqueológicos que contaran con descripciones en

detalle de las características morfológicas y métricas, y un buen registro fotomicrográfico (Holst et al., 2007; Pagán Jiménez, 2007; Piperno, 2009; Mickleburgh y Pagán-Jiménez, 2012).

Por último, se analizaron las muestras de ollas réplica (R-22, R-23 y R-24) para obtener ejemplos de almidones sometidos a alteraciones por la cocción, además de mezclas de diferentes vegetales ricos en almidón como el poroto y el maíz en el caso de la Olla B en la que se cocinó locro. Se consultaron? publicaciones dedicadas a determinar los efectos de la alteración de los almidones por cocción para identificar dichos rasgos en las muestras propias (Haslam, 2004; Babot et al., 2006; Raviele, 2011; Crowther, 2012).

5.3 MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS

En este apartado se detallan las muestras arqueológicas seleccionadas para el análisis. Las muestras cerámicas estudiadas en esta tesis fueron recuperados en sitios de las regiones de Fiambalá (1350 a 2400 msnm) y Chaschuil (4000 a 4200 msnm) y abarcan el lapso desde el siglo III hasta el siglo XVI d. C. Las muestras fueron seleccionadas para representar los distintos tipos de ocupaciones, actividades, ambientes y períodos cronológicos.

Las muestras fueron seleccionaron en caso de contar con todas o alguna de las siguientes características: (a) la presencia de manchas oscuras o grasosas en la superficie interna de las vasijas que sugirió que las mismas fueron utilizadas con fines culinarios o de almacenamiento de alimentos, (b) la presencia de hollín en el exterior de la olla que indicó una exposición al fuego o que fueron colocadas sobre el rescoldo y/o (c) la pertenencia a tipos morfológicos bien documentados para la elaboración, transporte, almacenaje o servicio de comidas y bebidas (Bray, 2003; Feely, 2010). Vale

aclarar que en ningún caso se observaron residuos adheridos visibles al ojo desnudo, sino que los mismos estaban absorbidos dentro de la matriz cerámica.

Se pre-seleccionaron 31 muestras cerámicas que abarcaron el rango temporal y espacial estudiado en esta tesis. Del total de muestras procesadas, veinticuatro (N=24) dieron resultados positivos para el estudio de los lípidos. Se descartaron las siete muestras restantes porque proporcionaron o rindieron una masa insuficiente de extracto lipídico ($\leq 0,1$ mg) o porque luego de un análisis preliminar del extracto se constató que estaban contaminadas¹. Los 24 ejemplares (Tabla 5.3, Figura 5.6) que dieron resultados positivos de residuos grasos fueron sometidos a análisis isotópicos AE-EMRI y/o CG-C-EMRI. Asimismo, se realizó una extracción mecánica de las 24 muestras para recuperar gránulos de almidón y posteriormente analizarlos microscópicamente. Esta operación se realizó en otra porción de la muestra cerámica que no fue la misma utilizada para la extracción química de lípidos.

¹ En el análisis por CG-EM de algunas muestras derivatizadas se detectó la contaminación con una serie de alcanos (C₂₂ a C₃₆) de origen desconocido. Para estudiar el origen de dicha contaminación, se compararon las muestras arqueológicas contaminadas con extractos de sedimentos de la zona y de la bolsa plástica en la que habían sido almacenados. Ninguna presentó un perfil similar al de las muestras contaminadas.

Muestra	Código	Sitio arqueológico	Sección de la vasija	Tipo de vasija
A-01	LTV50-178-09	La Troya LT-V50	Borde	Olla
A-02	LTV50-1344-04A	La Troya LT-V50	Cuello/borde	Olla
A-03	LTV50-BATH35	La Troya BATH35	Borde-cuerpo	Olla
A-04	VBAT-032	Batungasta	Cuerpo	Olla
A-05	VBAT-020-05	Batungasta	Cuerpo	Olla
A-06	VBAT-035-02	Batungasta	Cuerpo/base	Olla
A-07	M7-H1	Mishma 7	Base	Olla
A-08	M7-HA	Mishma 7	Cuello/cuerpo	Tinaja Belén
A-09	Q1-E2-4849-Olla1	Quintar 1	Cuerpo	Olla
A-10	PB-NH1-05	Palo Blanco NH1	Base	Olla
A-11	PB-NH3-228-21	Palo Blanco NH3	Cuerpo	Olla
A-12	PB-NH6-11-30-2	Palo Blanco NH6	Cuerpo	Olla
A-13	PB-NH4-14	Palo Blanco NH4	Base	Olla
A-14	OA1-49-02	Ojo del Agua 1	Cuerpo	Olla
A-15	Car-ES-647-01	Cardoso	Cuello	Olla
A-16	PC-2b-B	Punta Colorada	Cuerpo/base	Olla
A-17	SF-R15-17	San Francisco	Cuerpo	Aribaloide
A-18	SF-R12	San Francisco	Cuerpo	Aribalo
A-19	EZ-067-04	El Zorro	Cuerpo	Olla
A-20	VBAT-004-02	Batungasta	Cuerpo	Olla
A-21	SF-R12-1	San Francisco	Cuerpo	Aribalo
A-22	SF-R12-19	San Francisco	Cuerpo	Aribaloide
A-23	LS-52	Laguna Salada	Cuerpo	Olla
A-24	LC-53	Las Coladas	Base	Aribaloide

Tabla 5.3. Muestras arqueológicas analizadas en la tesis.

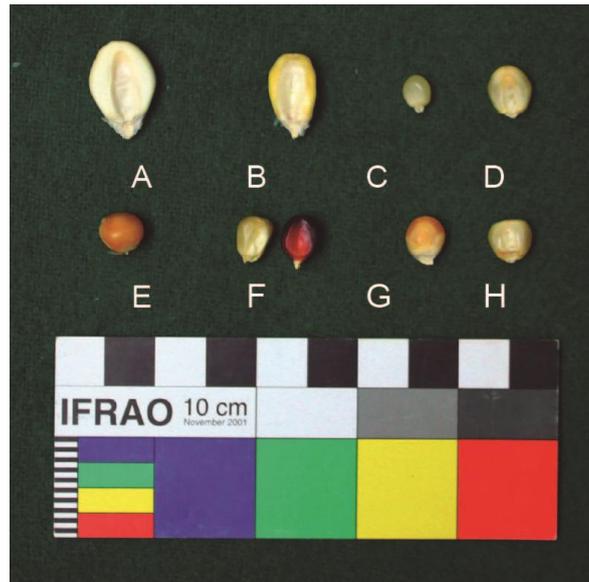


Figura 5.5. Cariopses de las ocho razas de maíz estudiadas. (A) capia; (B) chullpi; (C) pisingallo; (D) calchaquí; (E) cristalino colorado; (F) dentado amarillo-colorado; (G) perlita; (H) complejo tropical. La escala representa 10 cm.

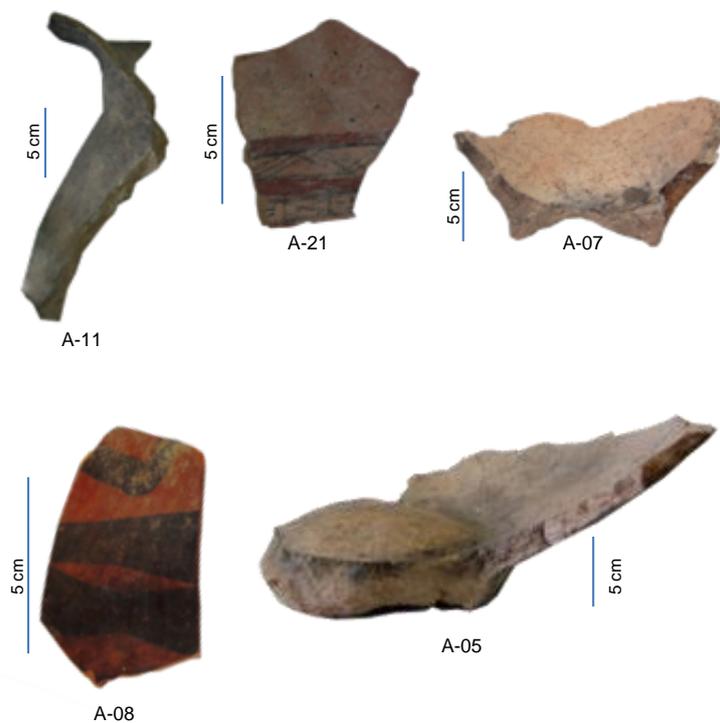


Figura 5.6. Ejemplos de fragmentos de vasijas cerámicas arqueológicas analizadas en la tesis. Referencias: A-11, olla culinaria de PB-NH3-228-21; A-21, aríbalo de San Francisco Inca; A-07, olla culinaria de Mishma 7; A-08, tinaja Belén de Mishma 7; A-05, olla culinaria de Batungasta.

CAPÍTULO 6: MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO 6

MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se presentan los materiales y métodos de cada técnica aplicada en la tesis. Se detallan los procesos de preparación de las muestras, los métodos y las condiciones de análisis.

6.1. LABORATORIOS DONDE SE REALIZARON LOS ANÁLISIS

Esta tesis interdisciplinaria me impulsó a formarme en diferentes laboratorios bajo la supervisión de investigadores de cada área.

Realicé la caracterización química de los lípidos y ácidos grasos en el Laboratorio de Investigaciones Aplicadas a Materiales en Arte y Arqueología (LIAMA), dependiente de la Unidad de Microanálisis y Métodos Físicos Aplicados a la Química Orgánica (UMYMFOR-CONICET-UBA) y el Departamento de Química Orgánica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, bajo la supervisión de la Dra. Marta Maier, co-directora de esta tesis. Aquí llevé a cabo la extracción y derivatización de las muestras y apliqué las técnicas de CCD y CG-FID.

Realicé los análisis de isótopos estables de carbono en muestras enteras (AIME) en el Instituto Nacional de Geología Isotópica (INGEIS-CONICET-UBA) bajo la supervisión del Dr. Héctor Panarello. Aquí llevé a cabo la preparación de muestras y apliqué la técnica AE-EMRI.

Realicé los análisis de isótopos estables de carbono en compuestos específicos (AICE) durante dos estadías de un mes cada una en los Laboratorios de Geoquímica

Orgánica e Isótopos Estables del Instituto de Dinámicas de la Superficie Terrestre (IDYST), Facultad de Geociencias y Medioambiente, Universidad de Lausana (UNIL), Suiza, bajo la supervisión del Dr. Jorge Spangenberg. Aquí llevé a cabo la derivatización de muestras y apliqué las técnicas de CG-EM y CG-C-EMRI.

Realicé los análisis de almidones actuales y arqueológicos en el Museo de Ciencias Naturales de La Plata, Universidad Nacional de La Plata, bajo la supervisión del Dr. Marco Giovannetti. Aquí llevé a cabo la extracción y preparación de las muestras, y el análisis microscópico de las mismas.

6.2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS ÁCIDOS GRASOS

6.2.1 Preparación de las muestras

Antes de la extracción de lípidos las muestras fueron pesadas. Las semillas secas se molieron en un molinillo de café mientras que los alimentos húmedos se molieron manualmente en mortero de porcelana. Los fragmentos de cerámica -tanto experimentales como arqueológicas- se enjuagaron con el solvente de extracción (cloroformo: metanol, 2:1) para eliminar cualquier contaminante de superficie. Luego se molieron con martillo y posteriormente a un polvo fino con mortero. Todos los materiales de laboratorio se limpiaron cuidadosamente y se enjuagaron con el solvente de extracción antes de cada uso. Las muestras se manipularon siempre utilizando guantes sin polvo¹.

¹ Este recaudo se tomó para evitar el contacto de las muestras con la fécula de maíz comúnmente utilizada como polvo en los guantes comerciales, ya que una contaminación de este tipo habría obstaculizado la recuperación y análisis de almidones arqueológicos.

6.2.2 Extracción de los lípidos

La extracción de lípidos se realizó sobre 5 gramos de muestra molida con 25 mL de una mezcla de cloroformo: metanol (2:1) (2 veces) (Folch et al., 1957). La muestra se colocó en un baño de ultrasonido durante cinco minutos. Luego se filtró y al extracto orgánico se le agregaron 16 mL de agua y se dejó decantar. El sobrenadante se centrifugó 3 minutos (2 veces) y se separó la fase orgánica, la cual se evaporó bajo corriente de nitrógeno en un vial de vidrio de 2 mL, se pesó el extracto y se reservó a -18 °C. Todos los solventes utilizados fueron pre-destilados y de calidad cromatográfica.

Se determinó cualitativamente la composición de los acilglicerol mediante cromatografía en capa delgada (CCD). Esta técnica permitió determinar la presencia o ausencia de triacilglicerol (TAG), dos tipos de diacilglicerol (DAG), monoacilglicerol (MAG), ácidos grasos libres y otros compuestos no polares tales como esterol y alcohol de cadena larga. Se compararon las muestras con una mezcla de estándares de TAG, DAG, MAG (Sigma), un alcohol de cadena larga C₂₀ (Sigma), ácido palmítico libre (Sigma) y una muestra de colesterol de uso interno. Para la CCD se sembró la muestra y los estándares en placas de sílica gel de fase normal. Se utilizó una solución de ciclohexano:acetona (7:3) como solvente de desarrollo y luz UV (365 nm) y una solución acuosa de ácido sulfúrico (10 %) y posterior calentamiento como agentes reveladores. Se determinó cada tipo de compuesto por comparación con los estándares.

6.2.3 Saponificación y metilación

Se tomó una alícuota de 5 mg de la muestra de lípidos y se trató con 1 ml de una solución de hidróxido de potasio 1N en etanol:agua (2:1), a 60 °C durante 180 min (Colombini et al., 2003). Luego de enfriar a temperatura ambiente, se realizó una

extracción con 0,5 mL de n-hexano (3 veces) y se separó la fase orgánica conteniendo los compuestos neutros (alcoholes de cadena larga y/o esteroides). La fracción neutra se transfirió a un vial de 2 mL, se pesó y se reservó a -18 °C para futuros análisis. A continuación se agregó 0,5 mL de agua destilada al residuo de extracción acuoso, se acidificó a pH 3 con ácido clorhídrico 2 N y se extrajo con 0,75 mL de dietil éter tres veces. Se separó la fase etérea conteniendo los ácidos grasos libres y se evaporó bajo corriente de nitrógeno. Una alícuota de la mezcla de ácidos grasos libres se reservó para el análisis por CG-C-EMRI. El resto fue derivatizado añadiendo 1 ml de una solución de trifluoruro de boro 20 % en metanol. Se calentó a baño María a 100 °C durante 3 minutos. Se dejó enfriar a temperatura ambiente, se agregó una gota de agua destilada y se extrajo con 0,5 mL de cloroformo tres veces. La fase de cloroformo conteniendo los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) fue transferida a un vial de vidrio de 2 mL y evaporada en un ambiente oscuro y ventilado a temperatura ambiente durante la noche. Todos los solventes utilizados fueron pre-destilados y de calidad cromatográfica. Se hicieron blancos de cada procedimiento. Por último, se controló el desarrollo de la reacción mediante cromatografía en capa delgada utilizando ciclohexano:acetona (7:3) como solvente de desarrollo y luz UV (365 nm) y una solución acuosa de ácido sulfúrico (10 %) y posterior calentamiento como agentes reveladores. Se utilizaron estándares de ácido palmítico libre y metilado (Sigma).

6.2.4 Cromatografía gaseosa con detector de ionización de llama (CG-FID)

Los FAME se analizaron en un cromatógrafo Focus (Thermo Finnigan Corporation) con una columna capilar DB225 (Agilent, fase estacionaria de 50 % cianopropil-fenil 50% dimetil polisiloxano, diámetro interno 0,25 mm, espesor del film 0,25 µm, longitud 15 m). El gas carrier fue nitrógeno (pureza 99,995 %) a 10 kPa de presión constante. La inyección fue manual y en modo splitless a una temperatura de 250 °C. El programa de temperatura fue el siguiente: temperatura inicial de 38 °C (1 min), 24 °C/min hasta 195 °C (1 min), 3 °C/min hasta 205 °C (1 min) y 8 °C hasta

230 °C (15 min). Como estándar se usó una mezcla de proporciones equivalentes de los ácidos grasos cáprico, láurico, mirístico, palmítico, esteárico, oleico y linoleico (Sigma). Más de un 90 % de los compuestos pudo ser asignado mediante la comparación con los estándares.

6.2.5 Cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa (CG-EM)

Los FAME se analizaron en un cromatógrafo gaseoso Agilent 6890 (Palo Alto, USA) acoplado a un detector selectivo de masas de cuadrupolo Agilent 5973. El sistema fue equipado con una columna capilar de sílica fusionada HP-FFAP (Agilent, fase estacionaria de polietilenglicol modificada con ácido nitrotereftálico, diámetro interno 0,20 mm, espesor del film 0,33 μm , longitud 50 m). El gas carrier fue helio a un flujo continuo de 1 ml/min. La inyección fue manual y en modo *splitless* a una temperatura de 200 °C. El programa de temperatura fue el siguiente: temperatura inicial 100 °C (2 min) y 5 °C/min hasta 240 °C (30 min). El espectrómetro de masa fue operado en el modo de impacto electrónico a 70 eV, temperatura de fuente a 250 °C, corriente de emisión de 1 mA y detección de múltiples iones con un rango de masa desde 50 a 600 uma. La identificación de los compuestos se basó en la comparación con los estándares, los tiempos de retención de CG y la interpretación de los patrones de fragmentación. Esta técnica permitió caracterizar los ácidos grasos minoritarios que no habían sido identificados por CG-FID, y confirmar la correcta asignación de los picos mayoritarios. La abundancia de cada FAME relativo al total de FAMEs fue calculada a partir de las áreas de los picos del cromatograma de iones totales (TIC).

6.3 ANÁLISIS ISOTÓPICO DE MUESTRAS ENTERAS (AIME)

Los extractos lipídicos fueron pesados (*ca.* 150 μg), transferidos a cápsulas de estaño y combustionados en un analizador elemental (AE) Carlo Erba acoplado vía

una interfaz CONFLO IV a un espectrómetro de masa de relaciones isotópicas Thermo Delta-V Advantage (EMRI), utilizando helio como gas carrier. Un estándar de CO₂ puro fue medido previamente a cada muestra. Se midieron asimismo tres estándares de referencia calibrados que cubren el rango completo de ¹³C de las muestras analizadas. La incertidumbre interna es de ± 0.2 ‰.

Los valores isotópicos fueron expresados en notación delta (δ) como por mil (‰) y calculados como desviación de la relación isotópica de la muestra con respecto del estándar internacional "Viena Peedee belemnite limestone" (V-PDB) cuyo valor fue definido en 0.0 ‰ en la escala δ (Gonfiantini, 1978; Coplen et al., 2006).

$$\delta^{13}\text{C} = [(R_{\text{muestra}} - R_{\text{estándar}}) / R_{\text{estándar}}] \times 1000$$

donde $R = {}^{13}\text{C} / {}^{12}\text{C}$ y el estándar es el valor de V-PDB.

La fracción C₄ de cada muestra fue estimada utilizando la siguiente ecuación planteada por Morton y Schwarcz (2004):

$$P_{\text{C4}} = [(\delta_{\text{muestra}} - \delta_{\text{C3 ref}}) / (\delta_{\text{C4 ref}} - \delta_{\text{C3 ref}})] \times 100$$

donde P_{C4} es el porcentaje de C₄ en la muestra, δ_{muestra} es el valor δ¹³C de la muestra, δ_{C3 ref} es el valor más empobrecido obtenido de las muestras referenciales de plantas C₃ analizadas, y δ_{C4 ref} es el valor más enriquecido obtenido de las muestras referenciales de plantas C₄ analizadas. Dado que las muestras referenciales modernas y las muestras arqueológicas fueron todos extractos lipídicos, se consideró que el fraccionamiento fue equivalente para todas las muestras y por ende el error reportado por Hart et al. (2009) fue desestimado. También se tuvo en consideración que las muestras modernas están empobrecidas en -1.6 ‰ en comparación con las muestras arqueológicas que datan del período preindustrial (Sonnerup et al., 1999).

6.4 ANÁLISIS ISOTÓPICO DE COMPUESTOS ESPECÍFICOS (AICE)

6.4.1 Preparación de las muestras

Las muestras de ácidos grasos libres fueron derivatizadas con 0.5 mL de trifluoruro de boro en metanol de composición isotópica de carbono conocida. Se calentaron a 60 °C durante 8 min. Las muestras fueron enfriadas a temperatura ambiente y extraídas dos veces con 0.75 mL de *n*-hexano para obtener los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME). El extracto fue transferido a un vial de vidrio de 2 mL y reservado disuelto en *n*-hexano a -18 °C para su análisis. Se realizaron blancos del procedimiento.

6.4.2 Método

Los análisis isotópicos de compuestos específicos (valores $\delta^{13}\text{C}$) de los ácidos grasos fueron realizados en un cromatógrafo Agilent 6890 GC acoplado a un espectrómetro de masa de relaciones isotópicas Thermo Fischer Delta V mediante una interfaz de Combustion III bajo un flujo constante de helio de 1.2 mL/min. El cromatógrafo fue operado con una columna HP-FFAP idéntica a la descrita en el acápite 6.1.3 y con el mismo programa de temperaturas que para los análisis CG-EM. La interface de combustión consistió en dos hornos cerámicos, un reactor de oxidación con alambres de CuO/NiO/Pt a 940 °C y un reactor de reducción con alambres de Cu a 600 °C. El agua fue eliminada del gas efluente por pasaje a través de un tubo de Nafion (Perma Pure, Toms River, NJ, USA) con un flujo reverso anular de helio. Se restó la lectura de fondo (background) y se calcularon los valores $\delta^{13}\text{C}$ con el programa informático ISODAT 2.5 (Thermo Fischer Scientific, Bremen, Germany). La replicabilidad y la precisión intermedia del procedimiento CG-C-EMRI así como la performance del CG e interface de combustión fueron evaluadas cada 5 mediciones por co-inyección de estándares isotópicos (éster metílico del ácido

eicosanoico, $\delta^{13}\text{C}_{20:0} = -24.30 \pm 0.20 \text{ ‰}$ y naftaleno $\delta^{13}\text{C}_{20:0} = -26.08 \pm 0.32 \text{ ‰}$) preparado por A. Schimmelman de los Laboratorios Biogeoquímicos de la Universidad de Indiana, EEUU (Spangenberg et al., 2006). Se realizaron al menos tres repeticiones de los análisis de las muestras arqueológicas y de referencia para calcular los valores medios y el desvío estándar para cada resultado. La precisión de los análisis de CG-C-EMRI fue controlada cada 10 análisis. El error analítico medio general para los FAME mayoritarios fue de 0.80 ‰, y varió entre 0.06 and 2.67 ‰.

El corrimiento isotópico por la introducción de un carbono durante la metilación de los ácidos grasos fue corregido mediante la siguiente ecuación:

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{FAME}} = f_{\text{FA}} \delta^{13}\text{C}_{\text{FA}} + f_{\text{MeOH}} \delta^{13}\text{C}_{\text{MeOH}}$$

donde $\delta^{13}\text{C}_{\text{FAME}}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{FA}}$ y $\delta^{13}\text{C}_{\text{MeOH}}$ son los valores isotópicos de los FAME, los ácidos grasos libres y el metanol del agente metilante, respectivamente; y donde f_{FA} y f_{MeOH} son las fracciones del FAME correspondientes al ácido graso no derivatizado y al metanol, respectivamente. La variabilidad introducida por esta corrección fue determinada con mediciones por CG-C-EMRI de alícuotas derivatizadas de ácidos palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0) de composición isotópica conocida. La variabilidad de los valores $\delta^{13}\text{C}_{\text{FA}}$ obtenidos por esta corrección están dentro de la replicabilidad de los análisis de CG-C-EMRI (Spangenberg et al., 2006). El posterior cálculo y la expresión de los valores isotópicos fue el mismo al detallado en el acápite 6.2.

6.5 ANÁLISIS MICROSCÓPICO DE ALMIDONES

6.5.1 Preparación de muestras

Para las muestras de referencia de razas nativas de maíz, se seleccionaron cuatro cariopsis por raza y una vez seccionados con bisturí se identificaron las dos zonas del endosperma por sus texturas córnea y harinosa. Se trabajó solamente con la porción del endosperma harinoso ya que permitió una fácil separación e individualización de los gránulos de almidón. No se estudiaron los almidones del endosperma compacto porque la única manera de individualizarlos es por molienda, la cual produce alteraciones en los gránulos y no cumple con los requisitos de integridad de la muestra requeridos en este estudio. De cada cariopsis un número de 25 gránulos fueron elegidos al azar y analizados microscópicamente buscando caracterizarlos según las variables establecidas para el estudio. Se excluyeron del estudio los gránulos que presentaran alteraciones propias del manejo instrumental como el corte del bisturí o el raspado posterior.

Las muestras fueron extraídas con un raspado suave y continuo con un instrumento de metal sobre la zona del endosperma harinoso seleccionado para el muestreo. Este método minimiza las alteraciones producidas por la manipulación durante el montaje de la muestra y es de uso corriente en los estudios microscópicos de almidón (Lavalle y Mengascini, 2007). Se evitó la extracción por molienda debido a las alteraciones potenciales asociadas a este método. El procedimiento se realizó en un ambiente controlado, limpio y hermético para evitar contaminación. Se utilizaron guantes sin polvo y el instrumento de extracción metálico fue esterilizado antes de cada uso. Todo el material de vidrio utilizado fue nuevo y enjuagado con alcohol previo a su uso. El montaje se realizó con una solución de glicerol:agua (1:1) (Cortella y Pochettino, 1994; Coil et al., 2003).

La extracción de gránulos de almidón de las muestras cerámicas, tanto arqueológicas como las ollas réplica, se llevó a cabo en un ambiente limpio y hermético para evitar contaminación. Se utilizaron guantes sin polvo nuevos (Wadley et al., 2004) y materiales estériles para cada muestra, y el espacio de trabajo fue limpiado cuidadosamente entre muestras. Un área de 4 x 4 cm de la superficie interna de cada muestra arqueológica fue raspada suavemente con un bisturí para desprender el residuo depositado. Se procedió a tamizar el residuo por una malla y se recuperó la fracción más fina y reservó en tubos eppendorf de 2 mL. El mismo procedimiento fue realizado con las ollas réplica en un día diferente y posterior a la extracción de las muestras arqueológicas para evitar la contaminación cruzada. Una punta de espátula de la fracción fina fue montada en un portaobjetos de vidrio con una solución de glicerol:agua (1:1) y cubierta con cubreobjetos.

6.5.2 Método

Las muestras se analizaron en un microscopio Lancet XSZ-148 a 400 aumentos alternando luz normal y polarizada. La intensidad de la luz fue fijada en siete (7) y el diafragma fue fijado en cinco (5). Los portaobjetos con almidones de referencia de maíces nativos fueron analizados eligiendo un campo al azar, mientras que los portaobjetos con muestras de raspado de cerámica arqueológica y réplica fueron barridos por completo.

Se obtuvieron imágenes micrográficas con una cámara Samsung HZ10W con resolución de 10.2 megapíxeles, equipada con un adaptador al objetivo del microscopio. El procesamiento digital de las imágenes se llevó a cabo con un programa informático de acceso libre ImageJ 1.44 (National Institute of Health, 2013).

Se registraron 11 variables: (a) diámetro máximo del gránulo (Singh et al., 2003; Lindeboom et al., 2004; Jane et al., 2010), (b) morfología del gránulo (Winton, 1906; Kraemer, 1907; Reichert, 1913; Loy, 1992; Babot, 2007; Horrocks et al., 2007; Pagán Jiménez, 2007), (c) forma y visibilidad de hilio (Loy, 1992; Babot, 2007; Babot et al., 2007), (d) posición del hilio (Reichert, 1913; Torrence et al., 2004), (e) presencia de anillos (Loy, 1992; Babot, 2007; Babot et al., 2007; Pagán Jiménez, 2007), (f) presencia de estrías radiales, (g) bordes dobles o simples (Babot et al., 2007; Pagán Jiménez, 2007), (h) morfología de los brazos en la cruz de polarización (Giovannetti et al., 2012), (i) ángulo de la cruz de polarización (Giovannetti, 2013), (j) espesor de los brazos de la cruz de polarización (Giovannetti, 2013) y (k) brillo de la cruz de polarización (Ugent y Cummings, 2004).

La identificación de los almidones arqueológicos se realizó a nivel de especie cuando fue posible, comparando cuali- y cuantitativamente sus caracteres con aquellos de las muestras de referencia propias y publicadas (Cortella y Pochettino, 1994; Babot et al., 2007; Holst et al., 2007; Korstanje y Babot, 2007; Pagán Jiménez, 2007; Giovannetti et al., 2008).

6.6 TRATAMIENTO NUMÉRICO DE LOS DATOS

Para el tratamiento numérico de los datos se aplicó una estadística descriptiva e inferencial, univariada y multivariada, seleccionándose las herramientas analíticas en función de la naturaleza de los datos y las preguntas (Shennan, 1992; Blalock, 1996; Drennan, 1996; Moschetti et al., 2003). Los datos fueron analizados con los programas SPSS 19.0 (IBM, 2010) y PAST 2.17 (Hammer et al., 2001).

**CAPÍTULO 7:
RESULTADOS DE LA
CARACTERIZACIÓN
QUÍMICA DE LOS
RESIDUOS GRASOS**

CAPÍTULO 7: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS GRASOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en los estudios químicos de los residuos grasos. Los mismos son expuestos en tres apartados: la caracterización química de los residuos grasos en muestras de referencia, la caracterización química de los residuos grasos en muestras arqueológicas y una síntesis de los resultados alcanzados en este capítulo.

7.1 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS GRASOS EN MUESTRAS DE REFERENCIA

7.1.1 Ingredientes crudos

El análisis del contenido total de lípidos en las muestras de referencia de ingredientes en estado crudo reflejó diferencias entre aquellos de origen vegetal respecto de los de origen animal (Tabla 7.1). Las variedades actuales de maíz (R-01 a R-04) registraron una concentración de lípidos promedio de $43,95 \pm 8,34$ mg/g. La muestra arqueológica de maíz pisingallo (R-05) presentó una concentración de 3,57 mg/g que es evidencia la degradación y pérdida de lípidos por su antigüedad de 1300 años aproximadamente. El ají (R-06) reveló una concentración muy pobre de lípidos (1,52 mg/g) mientras que las leguminosas fueron más ricas en lípidos: poroto (R-07, 15,65 mg/g), algarroba blanca (R-08, 9,79 mg/g), algarroba negra (R-29, 10,62 mg/g) y chañar (R-30, 17,47 mg/g). El fruto del mistol mostró una concentración lipídica de 9,85 mg/g (R-31). Por otra parte, los ingredientes crudos de origen animal presentaron concentraciones mayores de lípidos. Por ejemplo, las muestras de grasa vacuna (R-11 y R-12) mostraron una concentración promedio de $889,42 \pm 136,63$ mg/g. Las muestras de carne charqueada

(R-09) y fresca (R-10) de llama revelaron una concentración promedio de $173,73 \pm 3,28$ mg/g. La menor concentración de lípidos en las muestras de llama se explica por el uso de músculo y no grasa como muestra inicial, debido a que esta especie posee carne muy magra y fue imposible individualizar tejido adiposo.

Muestra	Descripción	Concentración de lípidos extraídos de un gramo de muestra entera (mg/g)
R-01	Pisingallo (<i>Zea mays</i> ARZM9043)	34,56
R-02	Chullpi (<i>Zea mays</i> ARZM09421)	54,67
R-03	Dentado blanco (<i>Zea mays</i> ARM9404)	44,77
R-04	Capia blanco (<i>Zea mays</i> ARZM9370)	41,78
R-05	Pisingallo (<i>Zea mays</i>) arqueológico Punta Colorada	3,57
R-06	Ají verde (<i>Capsicum annum</i>)	1,52
R-07	Poroto (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	15,65
R-08	Algarroba blanca (<i>Prosopis alba</i>)	9,79
R-09	Llama (<i>Lama glama</i>) charqui	171,41
R-10	Llama (<i>Lama glama</i>) carne	176,05
R-11	Vaca (<i>Bos taurus</i>) grasa	986,03
R-12	Vaca (<i>Bos taurus</i>) grasa	792,81
R-13	Dentado blanco (<i>Zea mays</i> ARZM9404) hervido	18,32
R-14	Ají verde (<i>Capsicum annum</i>) hervido	0,30
R-15	Poroto (<i>Phaseolus vulgaris</i>) hervido	4,71
R-16	Llama (<i>Lama glama</i>) charqui hervido	138,30
R-17	Llama (<i>Lama glama</i>) carne hervida	146,60
R-18	Vaca (<i>Bos taurus</i>) hervido	980,99
R-19	Mazamorra	12,38
R-20	Locro	65,09
R-21	Pochoclo	41,33
R-22	Olla réplica A (Mazamorra)	0,19
R-23	Olla réplica B (Locro)	8,77
R-24	Olla réplica C (Pochoclo)	3,74
R-25	Mazamorra enterrada en arcilla	0,63
R-26	Locro enterrado en arcilla	1,39
R-27	Mazamorra enterrada en arena	0,40
R-28	Locro enterrado en arena	1,38
R-29	Algarroba negra (<i>Prosopis nigris</i>)	10,62
R-30	Chañar (<i>Geoffrea decorticans</i>)	17,47
R-31	Mistol (<i>Ziziphus mistol</i>)	9,85
R-37	Control Sedimento arcilloso	0,01
R-38	Control sedimento arenoso	0,01
R-39	Briqueta	0,00

Tabla 7.1. Concentraciones de lípidos extraídos de las muestras de referencia.

Los lípidos fueron luego estudiados en mayor profundidad para determinar los diferentes tipos de acilgliceroles presentes. Para ello, se usó la técnica semi-cuantitativa de cromatografía en capa delgada (CCD). Como puede observarse en la Figura 7.1 A y B (muestras R-01, R-02, R-03, R-04, R-07 y R-09), la zona de revelado que corresponde a los triacilgliceroles en la porción superior de la placa presentó en todos los casos una mancha intensa. Además se constató una menor presencia de esteroides y compuestos que revelaron en la zona de los DAG y alcoholes de cadena larga. Los ácidos grasos libres se observaron en algunos casos tales como las muestras de maíces actuales (R-01 a R-04).

Los análisis por CG-FID y CG-EM (Tabla 7.2, Figura 7.2) de las muestras de referencia en estado crudo permitieron detectar y caracterizar un conjunto de ácidos grasos. Se identificaron ácidos grasos saturados mayoritarios tales como el ácido mirístico ($C_{14:0}$), el ácido pentadecanoico ($C_{15:0}$), el ácido palmítico ($C_{16:0}$), el ácido margárico ($C_{17:0}$) y el ácido esteárico ($C_{18:0}$). Por otra parte, los ácidos grasos insaturados mayoritarios detectados fueron el ácido palmitoleico ($C_{16:1}$), el ácido oleico ($C_{18:1}$), el ácido linoleico ($C_{18:2}$) y el ácido linolénico ($C_{18:3}$). Otros compuestos minoritarios fueron los ácidos láurico ($C_{12:0}$), eicosanoico ($C_{20:0}$), eláidico (9t- $C_{18:1}$), *cis*-6-octadecenoico (6c- $C_{18:1}$), *trans*-9, *trans*-12-octadecadienoico (9t, 12t- $C_{18:2}$), 12-metil-tetradecanoico ($C_{14:0-12}$ -metil) y 14-metil-hexadecanoico ($C_{16:0-14}$ -metil).

Los perfiles de ácidos grasos obtenidos de las muestras en estado crudo mostraron diferencias entre los ingredientes de origen vegetal y aquellos de origen animal. En general, las muestras vegetales presentaron abundancias mayores de los ácidos palmítico, oleico y linoleico, mientras que las muestras de origen animal presentaron mayor proporción de los ácidos mirístico, palmítico, palmitoleico, esteárico y oleico. El índice P/E (cociente entre las abundancias relativas de los ácidos palmítico y esteárico) también fue indicativo del origen vegetal o animal de los ingredientes crudos. En el caso de los vegetales, la media del índice P/E fue 5,8 mientras que en el caso de los animales fue 2,3.

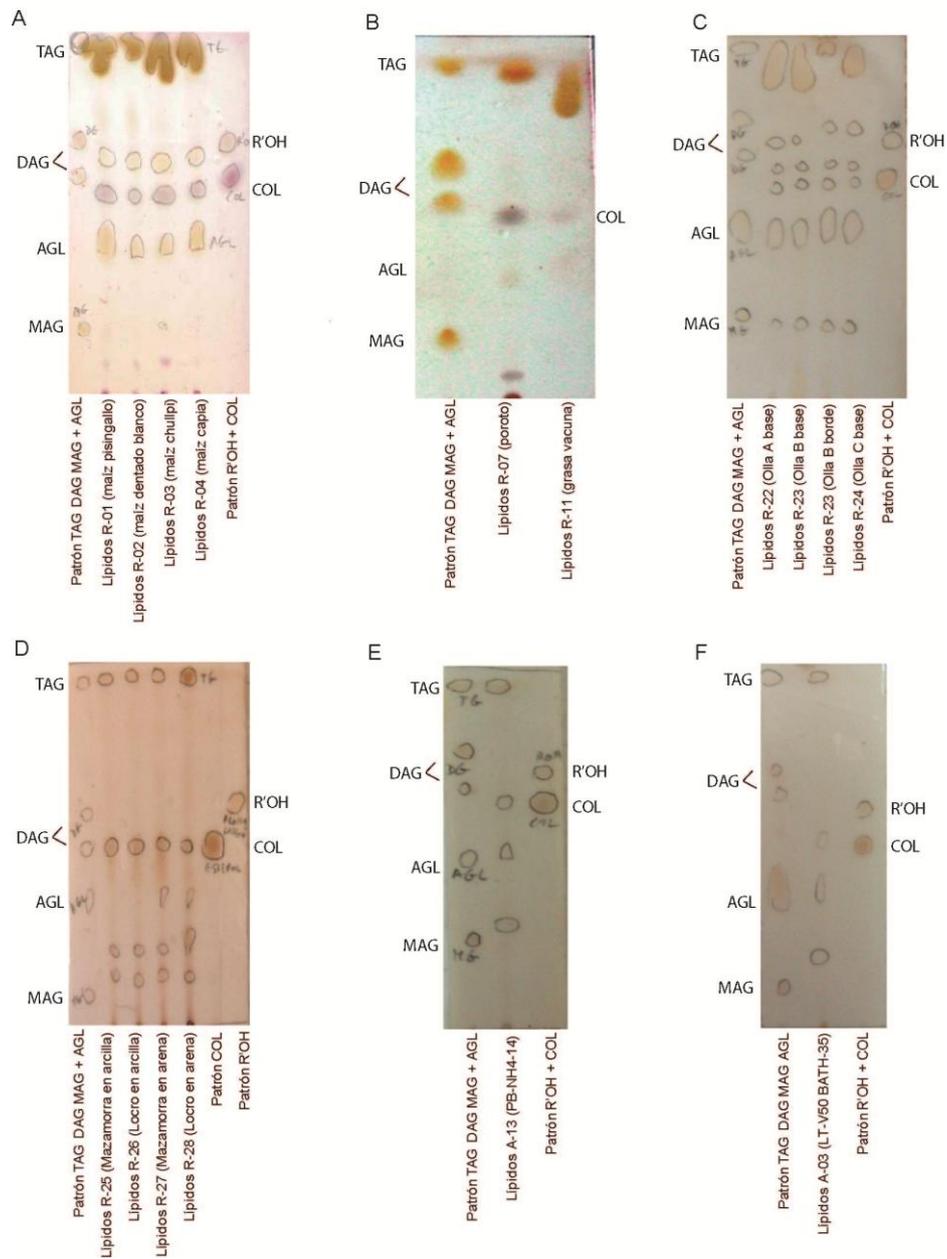


Figura 7.1. Placas de cromatografía en capa delgada (CCD) mostrando la composición de los lípidos extraídos de las muestras de referencia: A, maíz; B, poroto y grasa vacuna; C, extractos de ollas réplica A (base), B (borde y base) y C (base); D, Comidas andinas mazamorra y locro enterradas en sedimentos arenosos y arcillosos; E, extracto de muestra arqueológica A-13; F, Extracto de muestra arqueológica A-03. Solvente de desarrollo: ciclohexano:acetona (7:3), revelado con luz UV (365 nm) y ácido sulfúrico (10 %) y posterior calentamiento como agentes reveladores. Referencias: TAG, triacilgliceroles; DAG, diacilgliceroles; MAG, monoacilgliceroles; AGL, ácidos grasos libres; COL, colesterol; R'OH, alcohol de cadena larga.

Las distribuciones de ácidos grasos de los extractos lipídicos derivatizados de muestras de maíces nativos del Noroeste argentino (R-01, R-02, R-03 and R-04) fueron similares a datos publicados anteriormente (Woodbury et al., 1995; Spangenberg y Ogrinc, 2001). Los ácidos grasos mayoritarios fueron oleico y linoleico, seguidos del ácido palmítico y en menor abundancia el esteárico. El índice P/E de los maíces modernos varió entre $5,2 \pm 0,1$ a $6,3 \pm 0,1$ (Tabla 7.2). El perfil de ácidos grasos de las cariopses de maíz pisingallo arqueológico recuperado en el sitio Punta Colorada (R-05) fue típico de un aceite vegetal degradado. Se observa la pérdida de ácidos grasos insaturados y un aumento relativo de los ácidos saturados palmítico y esteárico (Regert et al., 1998). Esto se ve reflejado en el índice P/E que fue de 4,6. La muestra de ají (R-06) presentó una concentración muy alta de ácido oleico y linoleico, seguido de los ácidos palmítico y esteárico, y cantidades mínimas de los ácidos mirístico, palmitoleico y linolénico. Su índice P/E fue de $8,6 \pm 0,2$. El poroto (R-07) mostró mayor abundancia de los ácidos linolénico y linoleico, seguido de los ácidos palmítico, oleico y esteárico, y su índice fue de $10,5 \pm 0,2$. La muestra de algarroba blanca (R-08) presentó una concentración muy alta de ácido palmítico, seguido de proporciones menores de los ácidos oleico, linoleico y esteárico. Su índice P/E fue de 2,5. Por otra parte, la algarroba negra (R-29) contuvo mayoritariamente los ácidos palmítico y oleico, con una menor proporción de ácidos linoleico, esteárico, palmitoleico y linolénico, y un índice P/E de 6,0. El chañar (R-30) presentó un perfil de ácidos grasos con una concentración alta del ácido linoleico, seguido de los ácidos oleico, palmítico, linolénico y esteárico. Su índice P/E fue de $4,9 \pm 0,4$. El mistol (R-31) mostró un perfil de ácidos grasos rico en los ácidos palmítico y oleico, con proporciones menores de los ácidos esteárico, linoleico y linolénico. Su índice P/E fue de 4,1.

Las muestras de llama moderna (R-09 y R-10) tuvieron perfiles típicos de grasas de origen animal, con mayor abundancia de los ácidos palmítico y oleico, y proporciones menores de esteárico y mirístico, e índice P/E entre $2,0 \pm 0,1$ y $2,2 \pm 0,2$. Se hallaron asimismo cantidades pequeñas de los ácidos láurico y palmitoleico, que son indicadores de grasas animales. Se detectó además la presencia en cantidades

minoritarias de ácidos grasos de carbonos impares (pentadecanoico y margárico) y ácidos grasos ramificados *anteiso* (12-metil-tetradecanoico y 14-metil-hexadecanoico). Este conjunto de ácidos grasos minoritarios son indicativos de grasas de animales rumiantes, y son resultado del metabolismo de las grasas por la digestión bacteriana ruminal (Martínez Marín et al., 2010). En particular, esta clase de ácidos grasos ramificados han sido hallados en grasas de camélidos sudamericanos que son pseudo-rumiantes (Maier et al., 2007; Vázquez et al., 2008). Por lo tanto, la presencia dichos ácidos grasos ramificados en las muestras de llama fue tenido en cuenta como un potencial biomarcador de grasa de camélidos sudamericanos, los únicos animales pseudo-rumiantes explotados en el oeste tinogasteño prehispánico.

Las muestras de grasa vacuna moderna (R-11 y R-12) presentaron mayor abundancia de los ácidos palmítico y oleico, una cantidad relativa alta de los ácidos esteárico y palmitoleico, y menor presencia de los ácidos mirístico y linoleico. Asimismo, se detectaron los ácidos grasos de carbonos impares (pentadecanoico y margárico) y ramificados *anteiso* (12-metil-tetradecanoico y 14-metil-hexadecanoico). Los índices P/E variaron entre $2,7 \pm 0,1$ y $2,5 \pm 0,2$.

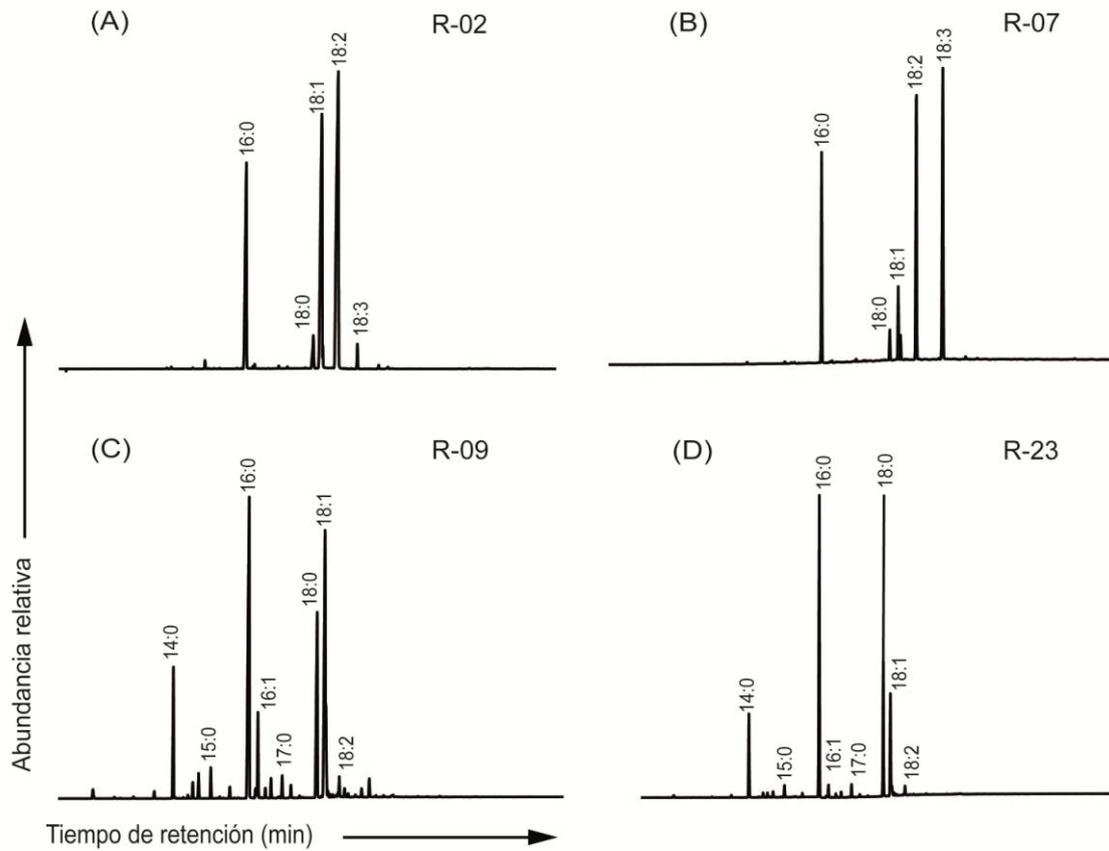


Figura 7.2. Cromatogramas de los ésteres metílicos de ácidos grasos extraídos de las muestras de referencia: (A) R-02 maíz chullpi; (B) R-07 poroto alubia; (D) R-09 charqui de llama; (D) R-23 olla réplica B (locro). Los ácidos grasos son el ácido láurico (12:0), tridecanoico (13:0), mirístico (14:0), pentadecanoico (15:0), palmítico (16:0), palmitoleico (16:1), margárico (17:0), esteárico (18:0), oleico (18:1), linoleico (18:2) y linolénico (18:3).

Muestra	Descripción	12:0	14:0	15:0	16:0	16:1	17:0	18:0	18:1	18:2	18:3	Otros	Índice P/E
R-01	Pisingallo				16,4±0,2			2,7±0,3	38,6±0,2	40,9±0,0	1,4±0,0		6,0±0,1
R-02	Chullpi				17,7±0,5			2,8±0,1	29,5±0,4	48,6±0,1	1,5±0,2		6,3±0,1
R-03	Dentado blanco				27,3±0,6			5,2±0,3	36,6±0,8	28,5±0,4	0,8±0,1	6c-18:1 (1, 5±0,4)	5,2±0,1
R-04	Capia blanco				18,5±0,5			3,4±1,2	31,0±0,5	45,8±1,3	1,3±0,0		5,4±0,4
R-05	Pisingallo (Punta Colorada)		1,2±0,1	0,4±0,0	59,0±0,2	0,6±0,0		12,9±0,1	22,6±0,3	2,8±0,3			4,6±0,0
R-06	Ají verde		0,1±0,0		13,1±0,5	0,1±0,0		1,5±0,3	44,0±0,6	40,7±0,7	0,5±0,1		8,6±0,2
R-07	Poroto		0,6±0,1		13,6±1,6			1,3±0,2	8,6±0,3	33,4±0,4	42,5±1,8		10,5±0,2
R-08	Algarroba blanca				36,4±1,4			14,9±0,1	26,7±4,3	22,0±2,8			2,5±0,0
R-09	Llama (charqui)	0,4±0,1	7,8±1,1	2,0±0,1	38,7±2,7	3,3±0,2	1,0±0,1	17,9±3,0	24,2±5,8	1,7±0,1		14:0-12-metil (1,3±0,3); 16:0-14-metil (0,8±0,9); 9t,12t-18:2 (1,0±0,8)	2,2±0,2
R-10	Llama (carne)	0,4±0,0	6,5±1,0	1,4±0,1	33,0±1,5	4,8±0,3	1,0±0,0	16,8±,3	33,0±1,5	0,7±0,1		14:0-12-metil (1,6±0,4); 16:0-14-metil (0,8± 0,1); 9t,12t-18:2 (1,3±0,1)	2,0±0,1
R-11	Vaca (grasa)	0,4±0,0	7,3±0,7	1,1±0,1	38,1±2,6	2,8±0,3	1,4±0,0	14,2±1,1	30,2±1,7	1,1±0,2		14:0-12-metil (1,5±0,1); 16:0-14-metil (1,8±0,9); 9t,12t-18:2 (0,7±0,8)	2,7±0,1
R-12	Vaca (grasa)	2,4±0,3	4,9±0,4	1,0±0,1	33,0±2,8	11,6±1,0	1,0±0,1	13,1±0,9	16,9±0,6	6,2±1,7		14:0-12-metil (2,2±0,2); 16:0-14-metil (0,8±0,1); 9t,12t-18:2 (6,8±0,4)	2,5±0,2
R-13	Dentado blanco (hervido)				52,6±1,3			9,2±5,8	34,1±4,4	4,2±0,1			5,7±0,7
R-14	Ají verde (hervido)		0,2±0,1		23,5±0,1	0,1±0,0		5,9±0,9	41,6±1,3	28,6±0,8	0,3±0,3		4,0±0,2
R-15	Poroto (hervido)				42,0±1,2			4,1±0,2	6,9±0,9	20,5±0,2	25,7±0,0		10,2±0,1
R-16	Llama (charqui hervido)	0,7±0,2	6,6±0,1	2,4±0,2	45,6±0,9	1,0±0,1	1,9±0,2	38,9±1,7	0,3±0,0	0,3±0,0		14:0-12-metil (0,9±0,4); 16:0-14-metil (0,3±0,4)	1,2±0,1
R-17	Llama (carne hervida)	0,8±0,0	9,3±0,5	1,4±0,4	55,0±0,1	0,7±0,1	1,5±0,4	29,3±0,9	0,2±0,0	0,2±0,1		14:0-12-metil (0,3±0,1); 16:0-14-metil (1,2±0,1)	1,9±0,0

Tabla 7.2. Abundancia relativa de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) de las muestras de referencia obtenidos por CG-FID. La caracterización de los picos fue confirmada por CG-EM. Se indican los valores medios y sus correspondientes desviaciones estándar. Se identificaron ácidos grasos láurico (C_{12:0}), mirístico (C_{14:0}), pentadecanoico (C_{15:0}), palmítico (C_{16:0}), palmitoleico (C_{16:1}) margárico (C_{17:0}), esteárico (C_{18:0}), oleico (C_{18:1}), linoleico (C_{18:2}), linolénico (C_{18:3}), *cis*-6-octadecenoico (6c-18:1), *trans*-9, *trans*-12-octadecadienoico (9t,12t-18:2), 12-metil-tetradecanoico (C_{14:0-12-metil}) y 14-metil-hexadecanoico (C_{16:0-14-metil}). El índice P/E es el cociente entre las abundancias medias de los ácido palmítico (C_{16:0}) y esteárico (C_{18:0}). La propagación del error relativo del cociente P/E se calculó sumando de los errores relativos (desvío estándar sobre media) del dividendo y el divisor. Referencias: *t*, *trans*; *c*, *cis*.

Muestra	Descripción	12:0	14:0	15:0	16:0	16:1	17:0	18:0	18:1	18:2	18:3	Otros	Índice P/E
R-18	Vaca (grasa hervida)	0,1±0,0	4,6±0,0	0,8±0,0	40,7±0,4	4,2±0,1	1,4±0,0	19,3±1,9	25,4±1,4	1,0±0,0		14:0-12-metil (1,0±0,1); 16:0-14-metil (0,8±0,1); 9t,12t-18:2 (0,8±0,1)	2,1 ±0,1
R-19	Mazamorra		3,1±0,3		45,7±0,3	0,2±0,3	0,4±0,6	13,1±0,4	27,0±0,1	8,1±0,3	2,4±1,7		3,5±0,0
R-20	Locro	0,3±0,0	8,6±0,5	1,3±0,1	56,3±5,7	0,7±0,3	0,8±0,1	13,7±2,6	15,1±6,3	1,3±1,3	1,1±1,5	14:0-12-metil (0,1±0,1); 16:0-14-metil (0,2 ±0,1)	4,1±0,3
R-21	Pochoclo		7,4±1,7	0,9±0,1	49,0±0,2	4,8±1,4	1,4±0,5	22,1±1,4	5,8±0,4	4,6±2,1	1,2±1,1	14:0-12-metil (1,5±0,1); 16:0-14-metil (1,0±0,2)	2,2±0,1
R-22	Olla réplica A (Mazamorra)				41,7±2,6	3,2±0,5	1,7±0,2	12,1±1,3	28,9±0,1	10,9±1,2	1,6±0,4		3,5±0,2
R-23	Olla réplica B (Locro)		5,3±0,3	0,9±0,0	38,6±0,5	6,6±0,0	1,7±0,9	38,4±0,4	5,7±0,1	0,3±0,1		14:0-12-metil (1,2±0,2); 16:0-14-metil (0,9±0,1)	1,0±0,0
R-24	Olla réplica C (Pochoclo)		4,0±0,0	0,7±0,1	29,2±0,0	1,5±0,0	1,5±0,0	26,0±0,6	24,7±0,5	3,9±0,2	6,8±0,0	14:0-12-metil (0,9±0,2); 16:0-14-metil (0,8±0,07)	1,1±0,0
R-25	Mazamorra (en arcilla)		7,4±4,0		20,8±3,8	1,7±0,8	33,8±1,9	20,6±4,8	12,1±5,8	3,5±0,7			1,0±0,4
R-26	Locro (en arcilla)		5,6±0,2	0,7±0,2	44,6±2,3	0,5±0,1	3,6±1,8	37,1±0,5	5,0±0,0	1,2±0,2		14:0-12-metil (0,8±0,4); 16:0-14-metil (0,8±0,2)	1,2±0,1
R-27	Mazamorra (en arena)		11,2±0,2		14,8±2,7		46,1±1,0	8,1±0,2	19,4±1,2	0,3±0,5			1,8±,2
R-28	Locro (en arena)		7,3±0,7	1,1±0,2	47,9±0,1	4,5±1,5	3,9±1,8	28,1±,0	4,0±0,5	1,4±0,6		14:0-12-metil (0,8±0,4); 16:0-14-metil (0,8±0,2)	1,7±0,0
R-29	Algarroba negra				46,3±0,3	3,3±0,4		7,7±0,2	30,7±0,1	10,6±0,2	1,5±0,5		6,0±0,0
R-30	Chañar				15,0±2,1			3,1±0,9	31,3±0,5	40,3±1,6	10,4±0,9		4,9±0,4
R-31	Mistol				37,5±0,1			9,2±0,0	48,4±1,4	3,3±1,1	1,6±0,1		4,1±0,0
R-37	Sedimento arcilloso				62,7±1,1			25,7±0,4	11,6±0,4				2,4±0,1

Tabla 7.2. Continuada.

7.1.2 *Ingredientes cocidos*

Los ingredientes cocidos se analizaron para observar si existieron cambios en los lípidos por efecto de la cocción.

Las concentraciones de lípidos disminuyeron en todos los ingredientes hervidos respecto de las mismas muestras en estado crudo (Tabla 7.1). En el caso del maíz dentado blanco hervido (R-13) se registró una concentración de lípidos de 18,32 mg/g, es decir que sobrevivió a la cocción un 25 % de los lípidos originales en el ingrediente crudo. Por otra parte, en el ají (R-14) se obtuvo una concentración de 0,30 mg/g que constituyó un 20 % de la concentración lipídica original. Asimismo, en el poroto (R-15) se observó una concentración de 4,71 mg/g, es decir un 30 % de los lípidos originales del poroto crudo. Finalmente, en las muestras de llama hervida (R-16 y R-17) la concentración de lípidos promedio fue de 142 mg/g con sólo un 20 % de merma con respecto a las muestras de llama en estado crudo. Asimismo, la muestra de grasa vacuna (R-19) presentó una concentración de 980 mg/g, sólo 1 % menos con respecto al ingrediente crudo.

Con respecto a la composición de los lípidos, no se observaron cambios con respecto a los ingredientes en estado crudo. En todos los casos se observó por CCD una mancha intensa en la zona de revelado que corresponde a los triacilgliceroles y manchas de menor intensidad en la zona de revelado correspondiente a los alcoholes de cadena larga y a los esteroides.

Los análisis por CG-FID y CG-EM (Tabla 7.2) de las muestras de referencia en estado hervidas permitieron detectar y caracterizar un conjunto de ácidos grasos. Se identificaron ácidos grasos saturados mayoritarios tales como los ácidos mirístico (C_{14:0}), pentadecanoico (C_{15:0}), palmítico (C_{16:0}), margárico (C_{17:0}) y esteárico (C_{18:0}). Por otra parte, los ácidos grasos insaturados mayoritarios detectados fueron los ácidos palmitoleico (C_{16:1}), oleico (C_{18:1}), linoleico (C_{18:2}) y linolénico (C_{18:3}). Otros compuestos

minoritarios fueron los ácidos láurico ($C_{12:0}$), *trans*-9, *trans*-12-octadecadienoico (*9t,12t*- $C_{18:2}$), 12-metil-tetradecanóico ($C_{14:0-12\text{-metil}}$) y 14-metil-hexadecanóico ($C_{16:0-14\text{-metil}}$).

El perfil de ácidos grasos (Tabla 7.2, Figura 7.3 A) de la muestra de maíz dentado blanco hervido (R-13) mostró cambios con respecto al dentado blanco crudo (R-03), resultado de la acción del calor de la cocción que produjo alteraciones en las proporciones de los ácidos grasos. Se observa una disminución importante del ácido linoleico y en menor medida del ácido oleico. Ambos son más susceptibles a una degradación por efectos del calor debido a sus insaturaciones. Esto genera en consecuencia un aumento relativo de los ácidos grasos saturados palmítico y esteárico. El índice P/E del dentado blanco hervido fue $5,7 \pm 0,7$ muy similar al mismo ingrediente en estado crudo ($5,2 \pm 0,1$). En el caso del ají hervido (R-14), las proporciones de ácidos grasos también sufrieron cambios con respecto a la misma muestra en estado crudo (R-06). Esto se observó en la pérdida parcial del ácido linoleico y el aumento proporcional de los ácidos esteárico y palmítico (Tabla 7.2, Figura 7.3 B). El índice P/E fue de $4,0 \pm 0,2$, bastante disminuido con respecto al valor en estado crudo ($8,6 \pm 0,2$), lo que indica que existió una degradación en este aceite vegetal (Regert et al., 1998). El poroto hervido (R-15) sufrió una pérdida en los ácidos oleico y linoleico y un consecuente aumento en los ácidos palmítico y esteárico, resultando en un índice P/E levemente alterado de $10,2 \pm 0,1$ comparado con el valor de $10,5 \pm 0,2$ del ingrediente crudo (Tabla 7.2, Figura 7.3 C).

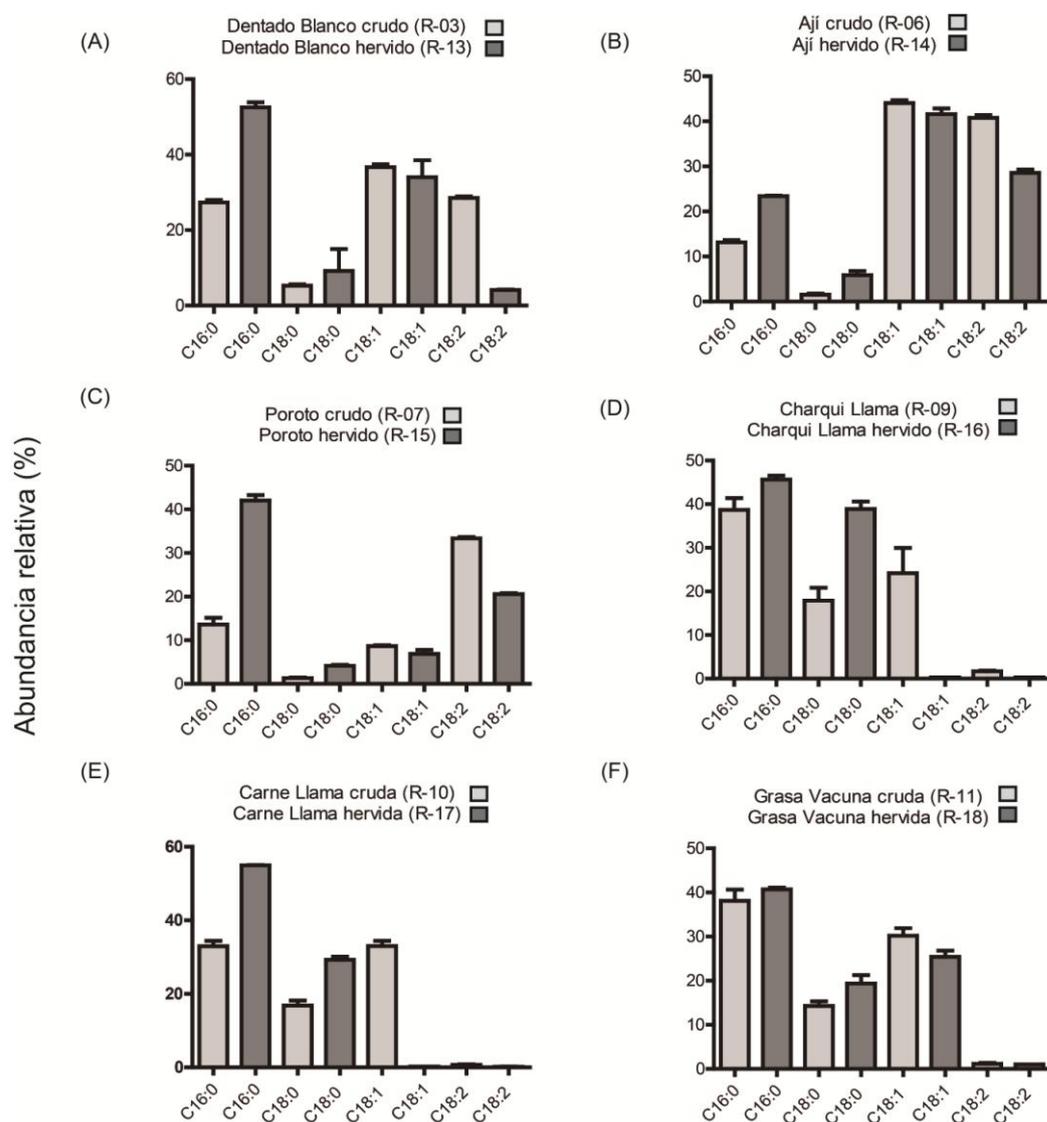


Figura 7.3. Comparación de las abundancias relativas de los ácidos grasos mayoritarios de los ingredientes en estado crudo y hervido. Las barras representan las medias y los bigotes representan las desviaciones estándar. Referencias: A, comparación entre Dentado Blanco crudo (R-03) y hervido (R-13); B, comparación entre ají verde crudo (R-06) y hervido (R-14); C, comparación entre poroto alubia crudo (R-07) y hervido (R-15); D, comparación entre el charqui de llama crudo (R-09) y hervido (R-16); E, comparación entre la carne de llama cruda (R-10) y hervida (R-17); F, comparación entre la grasa de vaca cruda (R-11) y hervida (R-18).

Las muestras de llama (charqui y grasa fresca) hervidas sufrieron mermas importantes del ácido oleico y un consecuente aumento relativo de los ácidos palmítico y esteárico (Tabla 7.2, Figura 7.3 D y E). Los índices P/E de las muestras hervidas variaron entre $1,2 \pm 0,1$ y $1,9 \pm 0,0$, levemente más bajos que los valores de charqui y carne de llama crudas ($2,2 \pm 0,2$ y $2,0 \pm 0,1$, respectivamente). En las muestras de llama hervida se observaron asimismo cantidades pequeñas de los ácidos grasos biomarcadores de carbonos impares (pentadecanoico y margárico) y ramificados (12-metil-tetradecanoico y 14-metil-hexadecanoico). Por otra parte, la muestra de grasa vacuna hervida se comportó de manera parecida a las de llama hervida, con una pérdida del ácido oleico y aumentos relativos de los ácidos palmítico y esteárico. El índice P/E fue de $2,1 \pm 0,1$, levemente menor que el de la grasa vacuna cruda ($2,7 \pm 0,1$) (Tabla 7.2 y Figura 7.3 F).

La degradación fue más evidente en las muestras de origen vegetal, con pérdidas de concentración de lípidos de entre 70 % y 80 % y cambios más drásticos en los perfiles de ácidos grasos y en el índice P/E. En cambio, las muestras de origen animal sólo sufrieron pérdidas de entre 1 % y 20 % de la concentración de lípidos y tanto los perfiles de ácidos grasos como los índices P/E no sufrieron demasiadas alteraciones. Esto indicó que la supervivencia a la cocción fue mayor para las grasas animales que para los aceites vegetales.

7.1.3 Comidas andinas

Las comidas cocidas en ollas réplica en el sitio experimental ubicado en la planicie aluvial del río La Troya se estudiaron para obtener referencias de mezclas de ingredientes sometidos al calor de la cocción.

En el caso de la mazamorra (R-19), ésta se realizó hirviendo en agua maíz dulce de la variedad chullpi (R-02). La concentración de lípidos obtenida para este producto fue de

12,38 mg/g. Si se compara con la concentración de lípidos obtenida del maíz chullpi en estado crudo (54,67 mg/g) se observa una pérdida de lípidos del 77 % . Por otra parte, el locro (R-20) se preparó con maíz dentado blanco (R-03), ají (R-06), poroto (R-07) y grasa vacuna (R-11). En este caso, la concentración de lípidos recuperada fue de 65,09 mg/g, debido al aporte de la grasa de origen animal. En el caso del pochoclo (R-21), realizado con maíz pisingallo (R-01) y un poco de grasa vacuna (R-11) para lubricar el fondo de la olla, la concentración de lípidos obtenida fue de 41,33 mg/g. En este caso el aporte de la grasa vacuna también fue de suma importancia.

Las composiciones de los lípidos en las comidas andinas replicadas experimentalmente mostraron cambios con respecto a los ingredientes crudos. Se observó por CCD una mancha intensa en la zona de revelado de los triacilgliceroles, como también la presencia de manchas menos intensas en las zonas de revelado de los diacilgliceroles, monoacilgliceroles y ácidos grasos libres. Asimismo, se continuó observando la presencia de alcoholes de cadena y esteroides.

Los análisis por CG-FID y CG-EM (Tabla 7.2) de las muestras de referencia de las comidas andinas permitieron detectar y caracterizar un conjunto de ácidos grasos. Se identificaron ácidos grasos saturados mayoritarios tales como el ácido mirístico ($C_{14:0}$), el ácido pentadecanoico ($C_{15:0}$), el ácido palmítico ($C_{16:0}$), el ácido margárico ($C_{17:0}$) y el ácido esteárico ($C_{18:0}$). Por otra parte, los ácidos grasos insaturados mayoritarios detectados fueron el ácido palmitoleico ($C_{16:1}$), el ácido oleico ($C_{18:1}$), el ácido linoleico ($C_{18:2}$) y el ácido linolénico ($C_{18:3}$).

El perfil de ácidos grasos de la mazamorra (R-19) mostró una concentración mayoritaria de ácido palmítico, seguido de los ácidos oleico, esteárico y linolénico. Además se observaron pequeñas cantidades de los ácidos mirístico, linolénico, palmitoleico y margárico. Los lípidos de la mazamorra sufrieron cambios respecto de la composición del ingrediente chullpi crudo (R-02) por la acción de la cocción. Se observó una pérdida importante del ácido linoleico y un aumento relativo de los ácidos

palmítico y esteárico. El índice P/E fue de $3,5 \pm 0,0$, considerablemente más bajo que el del chullpi crudo ($6,3 \pm 0,1$). En el caso del locro (R-20), el perfil de ácidos grasos mostró una concentración elevada de ácido palmítico, seguido de los ácidos oleico, esteárico y mirístico, y cantidades menores de los ácidos linoleico, linolénico, palmitoleico y margárico. Este perfil es característico de una mezcla de ácidos grasos de origen vegetal (maíz, poroto, ají) y animal (grasa vacuna). Muchos de los ácidos grasos mayoritarios tuvieron aporte tanto de los componentes vegetales como del componente animal. Sin embargo, se puede inferir que la alta proporción de ácidos palmítico, oleico y esteárico corresponden al componente animal, así como la presencia de los ácidos mirístico y palmitoleico, los cuales se encuentran ausentes en los ingredientes vegetales. Por otro lado, los ácidos insaturados linoleico y linolénico fueron aportados principalmente por los componentes vegetales. El índice P/E del locro fue de $4,1 \pm 0,3$, que indica un mayor aporte mixto de grasa animal y aceites vegetales. En la Tabla 7.3 se visualiza el aporte lipídico que hizo cada ingrediente al resultado final de la comida réplica locro. Por último, el perfil de ácidos grasos del pochoclo (R-21) también corresponde a una mezcla entre componentes vegetal (maíz pisingallo) y animal (grasa vacuna). Los ácidos palmítico, esteárico y oleico en gran medida fueron aportados por la grasa vacuna, así como el total de los ácido mirístico y palmitoleico. Por otra parte, los ácidos poliinsaturados linoleico y linolénico corresponden casi por completo al aporte vegetal. El índice P/E de $2,2 \pm 0,1$ indica un mayor aporte de la grasa animal con respecto a los aceites vegetales. En la Tabla 7.4 se puede visualizar el aporte lipídico que hizo cada ingrediente al resultado final de la comida réplica pochoclo.

Muestra	Ingredientes del locro	Peso ingrediente (g)	Concentración de lípidos extraídos en un gramo de ingrediente (mg/g)	Aporte de lípidos de cada ingrediente al total (g)	Porcentaje de lípidos aportados por cada ingrediente al total (%)
R-03	Maíz Dentado Blanco	425	44,77	19,03	39,61
R-06	Ají	80	1,52	0,42	0,81
R-07	Poroto	250	15,65	3,91	8,12
R-11	Grasa vacuna	25	986,03	24,66	51,30
	Total	780	-	48,02	100

Tabla 7.3. Aporte de lípidos de cada ingrediente a la comida "Locro".

Muestra	Ingredientes del pochoclo	Ingredientes del locro	Peso ingrediente (g)	Concentración de lípidos extraídos en un gramo de ingrediente (mg/g)	Aporte de lípidos de cada ingrediente al total (g)
R-01	Maíz pisingallo	320	34,56	11,06	52,84
R-11	Grasa vacuna	10	986,03	9,86	47,16
	Total	330	-	20,92	100

Tabla 7.4. Aporte lipídico de cada ingrediente a la comida "Pochoclo".

En los casos del locro (R-20) y el pochoclo (R-21), el aporte de la grasa animal a los lípidos totales fue mayor al aporte vegetal. Esto se debe a que los alimentos vegetales de por sí son menos ricos en aceites respecto del peso total que los alimentos de origen animal. Este resultado es importante para la interpretación de los perfiles de ácidos grasos de las muestras arqueológicas que se expondrán en la siguiente sección de este capítulo, dado que los componentes vegetales de las comidas arqueológicas podrían estar sub-representados por sus bajas concentraciones lipídicas y por la alta abundancia relativa de ácidos grasos insaturados, los cuales sufren mayor degradación que los ácidos saturados.

7.1.4 Ollas réplica

Los fragmentos de las ollas réplica se estudiaron para obtener referencias de residuos absorbidos en matrices cerámicas de mezclas de ingredientes sometidos al calor de la cocción. Se tomaron muestras de distintos sectores del contorno de la vasija (base, cuerpo, cuello y borde) y se obtuvieron las concentraciones de lípidos absorbidos en cada uno.

En esta instancia se pusieron a prueba dos tipos de extracción para determinar cuál era la más efectiva para recuperar los lípidos absorbidos en matrices cerámicas. Se eligió un fragmento de base de la Olla C (R-24) que fue sometido a ambos tipos de extracción (Figura 7.4). El primer tipo de extracción se realizó sumergiendo al tiesto entero en el solvente de extracción, obteniéndose una concentración de lípidos de 1,45 mg/g. El segundo tipo de extracción se realizó moliendo la cerámica y luego extrayendo el polvo con el solvente de extracción, obteniéndose una concentración de lípidos de 18,3 mg/g. Este resultado permitió conocer que el segundo procedimiento es más eficiente para recuperar los lípidos absorbidos y se aplicó a los fragmentos cerámicos de ollas réplica restantes y también en las muestras de cerámica arqueológica.

En el caso de la Olla A (R-22) (Figura 7.5), en la cual se coció la mazamorra, el sector más rico en lípidos fue la base (0,25 mg/g), seguido del cuello (0,24 mg/g), el borde (0,14 mg/g) y el cuerpo (0,11 mg/g). El valor promedio fue de 0,19 mg/g. En el caso de la Olla B (R-23) (Figura 7.6), en la cual se preparó el locro, el sector más rico en lípidos fue la base (18,3 mg/g), seguido del cuerpo (15,26 mg/g), el cuello (0,91 mg/g) y el borde (0,61 mg/g). El valor promedio fue de 8,77 mg/g. En el caso de la Olla C (R-24) (Figura 7.4), en la cual se preparó el pochoclo, el sector más rico en lípidos fue el cuello (6,43 mg/g), seguido de la base (4,85 mg/g), el cuerpo (2,78 mg/g) y el borde (0,89 mg/g). El valor promedio fue de 3,74 mg/g.

La mayor absorción de los lípidos en las matrices cerámicas de las ollas A (R-22) y B (R-23) se registró en la base posiblemente debido a la mayor concentración de calor en esa zona. En la Olla C (R-24), la zona de cuello y base fueron las más ricas en lípidos, posiblemente debido a que fueron las zonas donde las palomitas de maíz tuvieron mayor roce con la superficie interna de la vasija al reventar.

Las composiciones de los lípidos en las ollas réplica mostraron cambios con respecto a los ingredientes crudos (Figura 7.1). Se analizaron extractos de las ollas réplica A (base), B (borde y base) y C (base) por CCD y en todos los casos se observaron manchas intensas en la zona de revelado de los triacilgliceroles y ácidos grasos, como también manchas menos intensas en las zonas de revelado de los diacilgliceroles, monoacilgliceroles, alcoholes de cadena larga y esteroides. Es interesante observar que los extractos del borde y la base de la Olla B presentaron las mismas composiciones de lípidos (Figura 7.6), teniendo en cuenta la gran diferencia en la concentración de lípidos hallados en cada uno de estos sectores. Por lo tanto se concluyó que la composición no fue dependiente de la concentración de lípidos, y que fue homogénea a lo largo de todo el contorno de la vasija.

No se registraron diferencias sustanciales entre los perfiles de ácidos grasos de los diferentes sectores de las vasijas, demostrando que hubo una absorción proporcional a lo largo del contorno de la vasija (Figuras 7.4, 7.5 y 7.6).

En la Olla A (R-22), predominó el ácido palmítico, seguido del oleico, esteárico y linoleico. Se observaron también pequeños porcentajes de los ácidos palmitoleico, margárico y linolénico. Si se compara este perfil con el de la comida mazamorra (R-19), se observa que ambos perfiles son muy similares (Figura 7.7 A), así como los índices P/E ($3,5 \pm 0,2$ para la olla A y 3,5 para la mazamorra). En la Olla B (R-23), predominaron los ácidos palmítico y esteárico. Se observaron también porcentajes menores de los ácidos palmitoleico, mirístico, margárico y oleico. Al comparar el perfil de la Olla B (R-23) con el del loco (R-20) (Figura 7.7 B) se observó que los ácidos palmítico, oleico y

linoleico se encontraron en menor abundancia en la Olla B que en el locro. Por otro lado, el ácido esteárico se encontró en mayor abundancia que en el locro. Al comparar los índices P/E, el del locro fue de $4,1 \pm 0,3$ y el de la Olla B fue de 1,0. Finalmente cuando se comparó la Olla C (R-24) con el pochoclo (R-21) (Figura 7.7 C), se observó menor abundancia del ácido palmítico en la Olla C con respecto al pochoclo. El índices P/E de la Olla C fue de $1,1 \pm 0,0$, mientras que del pochoclo fue de $2,2 \pm 0,1$. Los resultados obtenidos permiten proponer que los lípidos en las ollas réplica B y C sufrieron un alto grado de degradación dado que estuvieron expuestas al calor durante más tiempo (3 cocciones sucesivas) con respecto a los lípidos de las comidas (locro y pochoclo) que sólo estuvieron sometidas al calor durante una cocción.

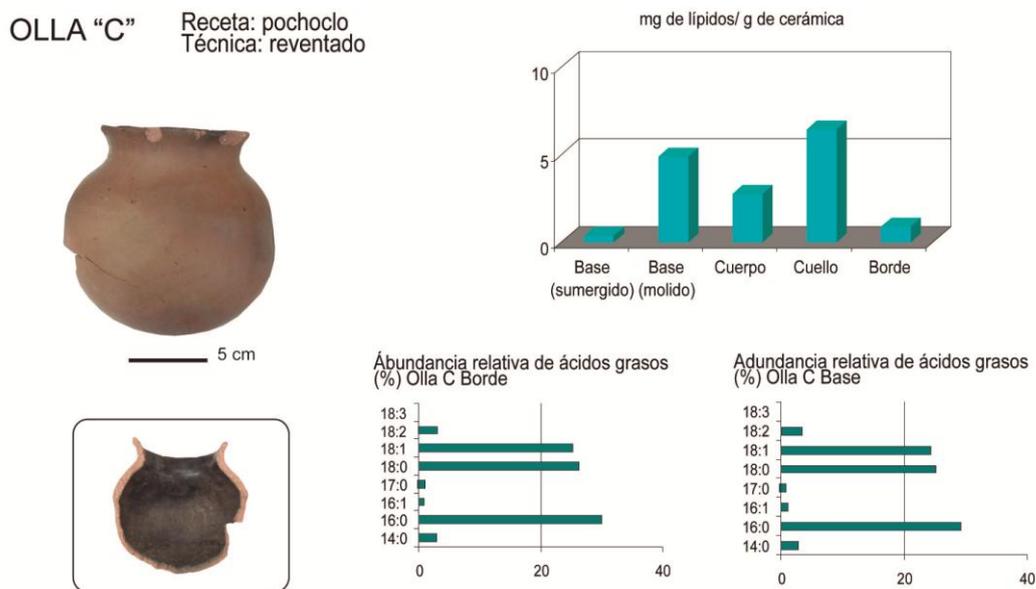


Figura 7.4. Concentraciones de lípidos absorbidos y comparación de perfiles de ácidos grasos en distintas regiones de la Olla C. La fotografía en la sección superior corresponde a una vista de perfil de la Olla C, la fotografía en la sección inferior corresponde a una vista del interior de la vasija donde se aprecian los rastros de los residuos culinarios absorbidos.

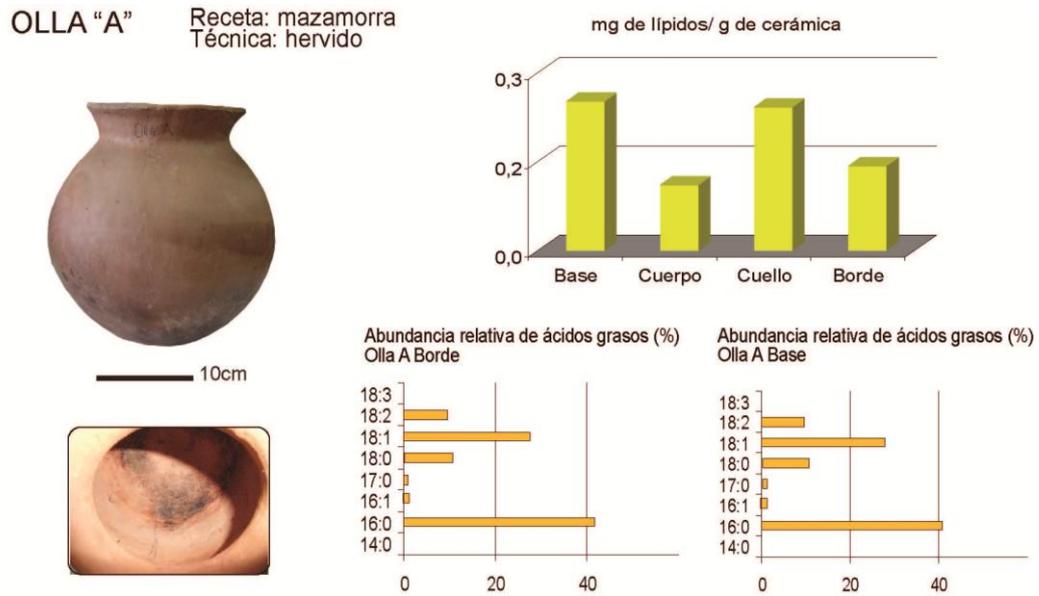


Figura 7.5. Concentraciones de lípidos absorbidos y comparación de perfiles de ácidos grasos en distintas regiones de la Olla A. La fotografía en la sección superior corresponde a una vista de perfil de la Olla A, la fotografía en la sección inferior corresponde a una vista del interior de la vasija donde se aprecian los rastros de uso de los residuos culinarios absorbidos.

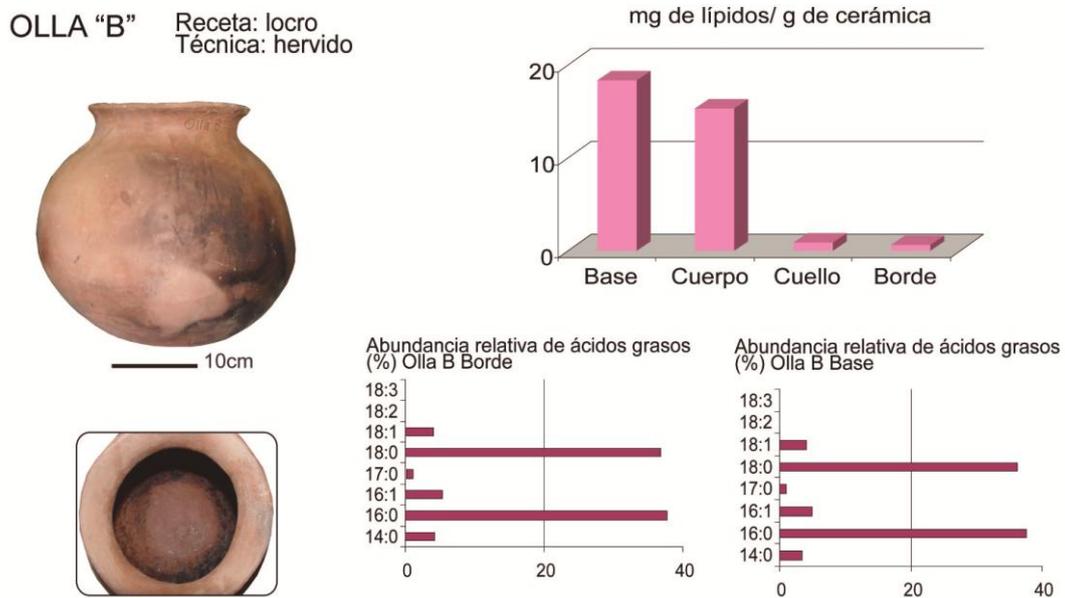


Figura 7.6. Concentraciones de lípidos absorbidos y comparación de perfiles de ácidos grasos en distintas regiones de la Olla B. La fotografía en la sección superior corresponde a una vista de perfil de la Olla B, la fotografía en la sección inferior corresponde a una vista del interior de la vasija donde se aprecian los rastros de uso de los residuos culinarios absorbidos.

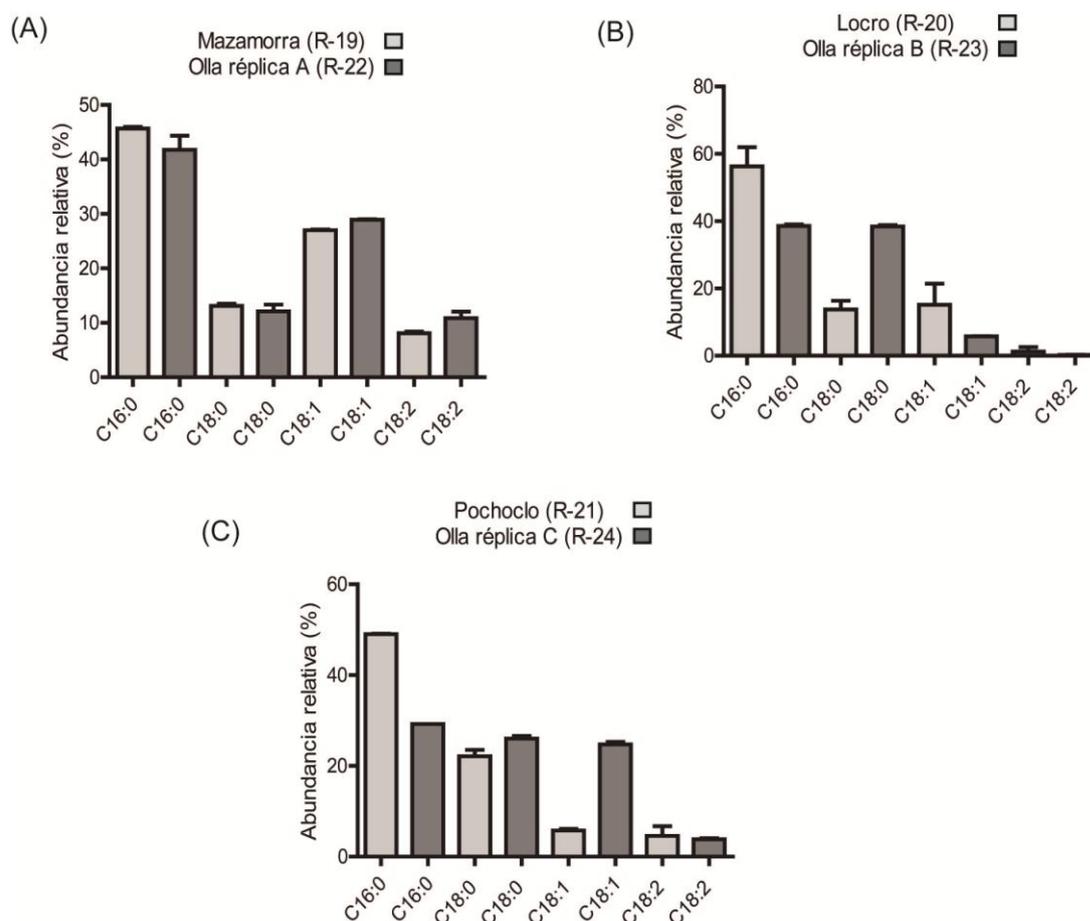


Figura 7.7. Comparación de abundancias relativas de los ácidos grasos mayoritarios entre las comidas y las ollas réplica. Las barras representan las medias y los bigotes las desviaciones estándar. Referencias: A, comparación entre mazamorra y Olla A; B, comparación entre locro y Olla B; C, Comparación entre pochoclo y Olla C.

Similarmente a lo expuesto en el acápite anterior, las ollas réplica B y C tuvieron perfiles de ácidos grasos e índices P/E típicos de mezclas de componentes vegetales y animales presentes en diferentes proporciones. Se observó además que los ácidos grasos saturados sobrevivieron mejor que los insaturados (especialmente los ácidos poliinsaturados linoleico y linolénico) a la degradación por el calor de la cocción. Esto resultó en perfiles típicos de mezclas en donde dominó el aporte animal por sobre el vegetal. Este dato se tuvo en cuenta a la hora de interpretar los perfiles de ácidos grasos de las muestras arqueológicas más adelante en este capítulo.

7.1.5 Degradación de lípidos en sedimentos

Se analizaron muestras de las comidas loco y mazamorra enterradas en pistas experimentales de sedimentos arcilloso y arenoso instaladas en el sitio experimental situado en la planicie aluvial del Río La Troya. Se regresó luego de 18 meses de su instalación para tomar muestras de cada pista.

Se estudiaron las concentraciones de lípidos recuperadas de los sedimentos donde habían sido enterrados la mazamorra (R-25 y R-27) y el loco (R-26 y R-28). Cabe aclarar que las muestras control de sedimentos arcillosos (R-37) y arenosos (R-38) presentaron concentraciones muy bajas de lípidos, en ambos casos de 0,01 mg/g. La concentración de lípidos obtenida luego de 18 meses de soterramiento de la mazamorra en el sedimento arcilloso (R-25) fue de 0,63 mg/g, mientras que en el sedimento arenoso (R-27) fue de 0,40 mg/g. Por otra parte, la concentración de lípidos obtenida luego de 18 meses de soterramiento de loco en el sedimento arcilloso (R-26) fue de 1,39 mg/g, mientras que en el sedimento arenoso (R-28) fue de 1,38 mg/g. (Figura 7.8). Los lípidos de las comidas enterradas estuvieron compuestos mayormente por triacilglicerolos (Figura 7.1 D).

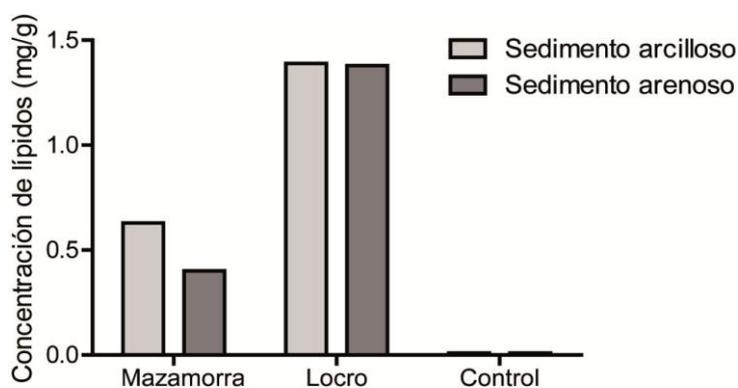


Figura 7.8. Comparación de concentraciones lipídicas entre las muestras de mazamorra y loco enterradas en acilla y arena durante 18 meses.

Los resultados (Figura 7.9) indicaron que luego de 18 meses el ácido poliinsaturado linoleico ($C_{18:2}$) disminuyó significativamente en las muestras enterradas en arcilla, mientras que prácticamente desapareció en la muestra de mazamorra enterrada en arena. Por otra parte, el ácido oleico disminuyó significativamente. Los ácidos grasos saturados palmítico y esteárico no se vieron afectados por la degradación, por lo que sus porcentajes relativos aumentaron al disminuir los porcentajes relativos de los ácidos grasos insaturados. Asimismo, el ácido margárico, indicador de degradación bacteriana, aumentó significativamente luego de 18 meses de degradación (Dudd et al., 1998). Es interesante observar que el aumento de éste ácido graso es mayor en la mazamorra enterrada que en el locro enterrado, lo cual indicaría una mayor degradación en el primer caso. Por último, el índice P/E para las muestras de locro degradado en sedimento arcilloso y arenoso varió entre $1,2 \pm 0,1$ y $1,7 \pm 0,0$ cuando el valor original del locro fue de $4,1 \pm 0,3$. En contraste, el índice P/E para la mazamorra enterrada en ambos sedimentos varió entre $1,0 \pm 0,4$ y $1,8 \pm 0,2$ mientras que el valor original de esta comida fue de 3,5. Este resultado indica que el índice P/E disminuye notablemente por el efecto de la degradación de los lípidos en los perfiles de los ácidos grasos.

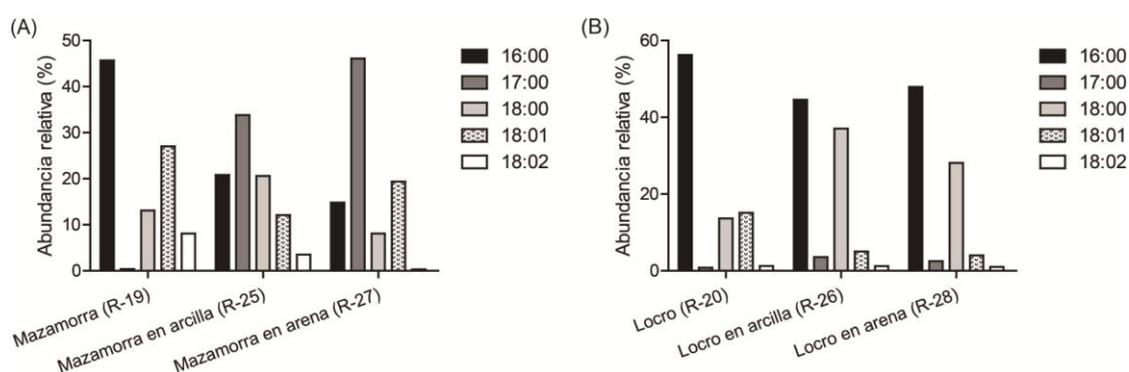


Figura 7.9. Comparación de los perfiles de ácidos grasos entre las comidas y las comidas enterradas en arcilla y arena. Las barras representan las medias. Referencias: A, comparación entre mazamorra, mazamorra en arcilla y mazamorra en arena; B, comparación entre locro, locro en arcilla y locro en arena.

7.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS GRASOS EN MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS

Se analizaron 24 extractos de lípidos recuperados de las matrices cerámicas de vasijas arqueológicas (Tabla 7.5). La concentración de lípidos promedio para el conjunto total de muestras fue de $0,21 \pm 0,13$ mg/g (Tabla 7.6). Estos valores fueron inferiores a aquellos registrados en la cerámica experimental (valor promedio de Ollas A, B y C $4,23 \pm 4,31$ mg/g), indicando una posible pérdida de los lípidos a través del tiempo.

Se compararon las concentraciones de lípidos promedio según la antigüedad de las muestras (Tabla 7.6). Sólo pudo observarse una leve disminución en las concentraciones de las muestras asociadas a las ocupaciones del primer milenio ($0,20 \pm 0,15$ mg/g) con respecto a aquellas asociadas a la ocupación Inca ($0,22 \pm 0,12$ mg/g), y nuevamente las desviaciones estándar mostraron una gran superposición de los rangos. Por lo tanto no pudo plantearse una relación entre la preservación de lípidos y la antigüedad de las muestras.

Por otra parte, se compararon los valores por tipo de vasija (Tabla 7.6) y se observó que las concentraciones medias fueron prácticamente iguales en las ollas domésticas ($0,21 \pm 0,14$ mg/g) que en los aríbalos, aribaloides y tinajas Belén ($0,20 \pm 0,13$ mg/g).

En cuanto a las zonas de mayor concentración de lípidos en el contorno de las vasijas (Tabla 7.6), se observaron valores mayores en los fragmentos de cuerpo ($0,24 \pm 0,15$ mg/g), seguido por las bases ($0,17 \pm 0,09$) y por último los bordes y cuellos ($0,16 \pm 0,10$). A diferencia de lo observado experimentalmente, los fragmentos de cuerpo fueron los que tuvieron mayor rendimiento de lípidos, y no así las bases como fue registrado en las ollas réplica. Esta tendencia podría estar sesgada por la gran cantidad de tiestos de cuerpo recuperados y analizados en esta tesis (14/24), en comparación con fragmentos correspondientes a otros sectores como bases (6/24), bordes y cuellos (4/24).

Por otra parte, se compararon las concentraciones obtenidas en las vasijas arqueológicas según la textura de la matriz cerámica (Tabla 7.6). Las texturas fueron determinadas previamente por Feely (2010) a través de un estudio macro- y microscópico de las pastas cerámicas. Las muestras habían sido clasificadas por la mencionada autora en tres tipos de textura: gruesas, medias y finas. En este estudio se observó que en las muestras con texturas gruesas (y por lo tanto más porosas) la concentración promedio fue de $0,31 \pm 0,14$ mg/g, mientras que en las de textura media de $0,19 \pm 0,08$ mg/g y en las de textura fina de $0,16 \pm 0,17$ mg/g. Estos resultados marcaron una tendencia que indicó que las cerámicas de matrices con texturas más gruesas absorbieron -y posiblemente también preservaron- una mayor cantidad de lípidos que aquellas de texturas finas.

La absorción de lípidos a la matriz también podría estar influida por el tipo de tratamiento que da el artesano a la superficie interna de la vasija, ya que con un pulido muy intenso se obtiene una superficie menos porosa que aquella lograda con un simple alisado. En todas las muestras arqueológicas estudiadas en esta tesis, las superficies internas fueron alisadas. Sin embargo, en algunos casos estas superficies estuvieron alisadas de manera más trabajada que en otras resultando en superficies más o menos regulares. En investigaciones previas en el marco del PACHA, Feely (2010) clasificó a las superficies de las muestras en Alisado-A (irregular) y Alisado-B (regular). En este estudio se observaron leves diferencias en las concentraciones lipídicas de las muestras con Alisado-B ($0,23 \pm 0,17$ mg/g) versus Alisado-A ($0,20 \pm 0,11$ mg/g) y nuevamente los desvíos estándar se superponen (Tabla 7.6). Por lo tanto al momento no se pudo concluir que algún tipo de alisado favorezca la absorción de lípidos a través de la superficie interna y hacia dentro de la matriz cerámica.

Muestra	Código	Sitio arqueológico	Parte de la vasija	Tipo de vasija	Tipo de pasta	Textura	Acabado superficie interna	Concentración de lípidos extraídos en un gramo de muestra entera (mg/g)
A-01	LTV50-178-09	La Troya LT-V50	Borde	Olla	s/d	Media	Alisado-B	0,11
A-02	LTV50-1344-04A	La Troya LT-V50	Borde/cuello	Olla (OARII-c)	II (A)	Media	Alisado-A	0,05
A-03	LTV50-BATH35	La Troya BATH35	Borde/cuerpo	Olla	s/d	Media	Alisado-A	0,27
A-04	VBAT-032	Batungasta	Cuerpo	Olla	VIII (C)	Gruesa	Alisado-A	0,43
A-05	VBAT-020-05	Batungasta	Cuerpo	Olla	VIII (C)	Fina	Alisado-A	0,08
A-06	VBAT-035-02	Batungasta	Cuerpo/base	Olla	s/d	Media	Alisado-A	0,34
A-07	M7-H1	Mishma 7	Base	Olla	s/d	Gruesa	Alisado-A	0,16
A-08	M7-HA	Mishma 7	Cuello/cuerpo	Tinaja Belén	s/d	Media	Alisado-B	0,19
A-09	Q1-E2-4849-Olla1	Quintar 1	Cuerpo	Olla	s/d	Media	Alisado-A	0,18
A-10	PB-NH1-05	Palo Blanco NH1	Base	Olla (OBRII)	Atípica	Media	Alisado-B	0,19
A-11	PB-NH3-228-21	Palo Blanco NH3	Cuerpo	Olla	I (A)	Fina	Alisado-B	0,60
A-12	PB-NH6-11-30-2	Palo Blanco NH6	Cuerpo	Olla	s/d	Fina	Alisado-A	0,07
A-13	PB-NH4-14	Palo Blanco NH4	Base	Olla	s/d	Fina	Alisado-A	0,09
A-14	OA1-49-02	Ojo del Agua 1	Cuerpo	Olla	V (B)	Gruesa	Alisado-A	0,33
A-15	Car-ES-647-01	Cardoso	Cuello	Olla	s/d	Media	Alisado-A	0,10
A-16	PC-2b-B	Punta Colorada	Cuerpo/base	Olla	s/d	Fina	Alisado-B	0,13
A-17	SF-R15-17	San Francisco	Cuerpo	Aribaloide	s/d	Media	Alisado-A	0,20
A-18	SF-R12	San Francisco	Cuerpo	Aribalo	s/d	Fina	Alisado-B	0,17
A-19	EZ-067-04	El Zorro	Cuerpo	Olla	I (A)	Fina	Alisado-A	0,14
A-20	VBAT-004-02	Batungasta	Cuerpo	Olla	I (B)	Fina	Alisado-B	0,19
A-21	SF-R12-1	San Francisco	Cuerpo	Aribalo	s/d	Fina	Alisado-B	0,43
A-22	SF-R12-19	San Francisco	Cuerpo	Aribaloide	s/d	Media	Alisado-A	0,12
A-23	LS-52	Laguna Salada	Cuerpo	Olla	s/d	Media	s/d	0,27
A-24	LC-53	Las Coladas	Base	Aribaloide	s/d	Fina	s/d	0,09

Tabla 7.5. Características tecno-morfológicas de las muestras de cerámica arqueológicas (tomado de Feely, 2010) y concentraciones de lípidos extraídos de las muestras arqueológicas.

Clasificación	Concentraciones de lípidos (mg/g)	
	Promedio	Desvío estándar
Muestra total	0,21	0,13
Antigüedad	Primer milenio	0,20
	Asociado a Inka	0,22
Tipo de vasija	Ollas	0,21
	Aríbalos/ Aribaloides/ Tinajas	0,20
Zona de vasija	Borde/ Cuello	0,16
	Cuerpo	0,24
	Base	0,17
Textura	Fina	0,19
	Media	0,19
	Gruesa	0,31
Tratamiento superficie interna	Alisado A (irregular)	0,20
	Alisado B (regular)	0,23

Tabla 7.6. Promedios y desviaciones estándar de las concentraciones de lípidos recuperados en las matrices cerámicas de las vasijas arqueológicas. Se comparan los valores por antigüedad, tipo de vasija, zona del contorno de la vasija, textura de la matriz cerámica y tratamiento de la superficie interna de la cerámica.

En cuanto al análisis por CCD de la composición de los lípidos recuperados en las muestras arqueológicas, se puede observar en la Figura 7.1 (E y F) que los lípidos mayoritarios fueron triacilgliceroles, ácidos grasos libres y esteroides.

Las distribuciones de ácidos grasos de las muestras arqueológicas fueron típicas de mezclas de grasas animales y aceites vegetales degradados (Tabla 7.7, Figura 7.10). El índice P/E promedio fue de $2,14 \pm 1,28$. Los ácidos grasos mayoritarios fueron generalmente los ácidos palmítico y esteárico. Los ácidos grasos monoinsaturados tales como el ácido palmitoleico y oleico fueron hallados en concentraciones menores. Cantidades muy pequeñas del ácido linoleico fueron detectadas sólo en algunas muestras. Esto fue lo esperable dado que los ácidos grasos poliinsaturados son los más propensos a la degradación durante el uso, posterior descarte y depositación en las matrices sedimentarias arqueológicas de los materiales cerámicos.

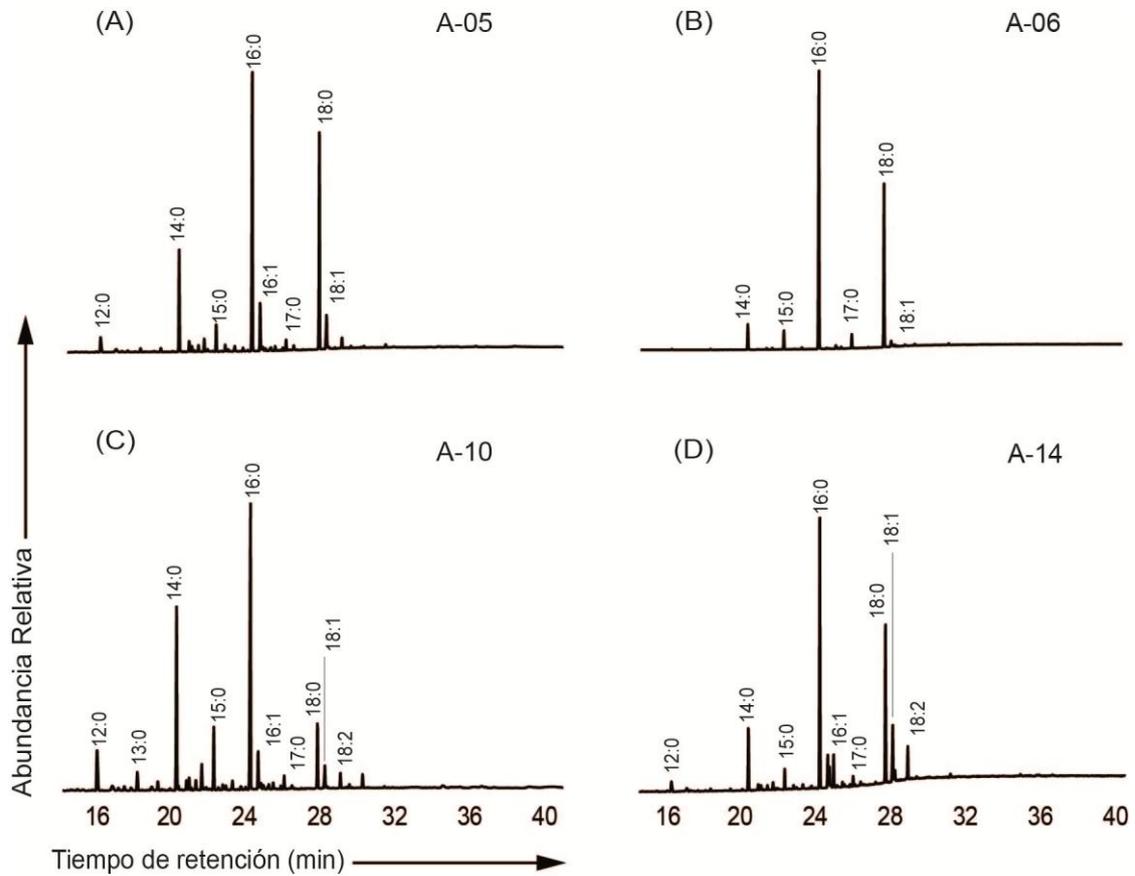


Figura 7.10. Cromatogramas de los ésteres metílicos de ácidos grasos extraídos de las muestras arqueológicas: (A y B) A-05 y A-06 ollas culinarias de Batungasta; (C) A-10 olla culinaria de Palo Blanco NH1; (D) A-14 olla culinaria de Ojo del Agua. Los ácidos grasos son el ácido láurico (12:0), tridecanoico (13:0), mirístico (14:0), pentadecanoico (15:0), palmítico (16:0), palmitoleico (16:1), margárico (17:0), esteárico (18:0), oleico (18:1), linoleico (18:2) y linolénico (18:3).

Muestra	Descripción	12:0	14:0	15:0	16:0	16:1	17:0	18:0	18:1	18:2	Otros	Índice P/E
A-01	La Troya LT-V50, olla	<1,00	15,43	5,52	38,93	12,29	2,67	16,41	7,84			2,37
A-02	La Troya LT-V50, olla	2,72	13,95	5,63	49,87		2,04	25,79				1,93
A-03	La Troya BATH35, olla	1,83	15,9	1,73	25,03	16,14	3,52	15,79	17,85			1,59
A-04	Batungasta, olla	<1,00	3,24	1,88	32,75	1,16	2,50	50,88	6,36			0,64
A-05	Batungasta, olla	2,89	13,34	3,60	39,73	5,99	1,34	27,98	5,13			1,42
A-06	Batungasta, olla		4,76	2,31	37,50	1,05	2,36	41,08	9,96			0,91
A-07	Mishma 7, olla		2,66		41,90		2,83	41,12	6,62	4,88		1,02
A-08	Mishma 7, tinaja Belén	<1,00	9,83	4,98	44,41	8,18	1,44	21,03	9,14			2,11
A-09	Quintar 1, olla		4,83	4,03	54,03		2,52	34,60				1,56
A-10	Palo Blanco NH1, olla	8,38	15,46	4,23	43,06	1,96	1,11	12,48	4,23	2,36	13:0 (4,11)	3,45
A-11	Palo Blanco NH3, olla	4,93	15,29	10,91	41,91	4,33	<1,00	6,44	11,34	4,39		6,51
A-12	Palo Blanco NH6, olla	3,60	7,51	2,46	31,31	1,49	1,35	16,95	29,36	2,38	11c-16:1 (3,58)	1,85
A-13	Palo Blanco NH4, olla		15,86	3,50	36,96		4,42	34,80				1,06
A-14	Ojo del Agua 1, olla	<1,00	8,34	1,54	26,85	11,47	13,33	18,53	15,63	4,30	11c-16:1 (1,00)	1,45
A-15	Cardoso, olla	<1,00	8,51	2,65	42,34	6,79	1,85	14,31	16,54	1,82	14:0-12-metil (4,39)	2,96
A-16	Punta Colorada, olla	1,80	9,16	3,70	41,88	6,83	1,50	18,18	13,20	3,75		2,30
A-17	San Francisco, aribaloide	2,07	12,74	6,47	46,79	6,99	2,18	13,99	6,66		14:0-12-metil (2,13)	3,34
A-18	San Francisco, aribalo	2,63	11,72	4,68	38,53	11,20	1,62	14,23	12,63		14:0-12-metil (1,76)	2,71
A-19	El Zorro, olla	<1,00	3,58	1,08	26,93	4,86	1,24	24,85	31,76	3,37	14:0-12-metil (<1,00), 16:0-14-metil (1,23), 11c-16:1 (<1,00), 11c-18:1 (<1,00)	1,08
A-20	Batungasta, olla	3,77	10,91	2,94	34,62	5,97	1,10	11,18	27,26	1,39	14:0-12-metil (<1,00)	3,10
A-21	San Francisco, aribalo	1,45	7,35	3,28	26,47	1,25	1,02	30,15	35,32		14:0-12-metil (1,65), 16:0-14-metil (<1,00), 11c-16:1 (8,31), 11c-18:1 (1,18)	0,88
A-22	San Francisco, aribaloide	4,83	9,77	3,87	29,65	2,43	1,01	9,02	21,21	2,34	C10:0 (5,06), 14:0-12-metil (1,72), 11c-16:1 (9,09)	3,29
A-23	Laguna Salada, olla		4,60	2,11	43,69		2,95	41,41	3,57		16:0-14-metil (1,66)	1,06
A-24	Las Coladas, aribaloide		11,33	4,44	52,19	1,81		18,30	11,94			2,85

Tabla 7.7. Abundancia relativa de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) de las muestras de referencia obtenidos por CG-FID. La caracterización de los picos fue confirmada por CG-EM. Se identificaron ácidos grasos laurico ($C_{12:0}$), mirístico ($C_{14:0}$), pentadecánico ($C_{15:0}$), palmítico ($C_{16:0}$), palmítoleico ($C_{16:1}$), margárico ($C_{17:0}$), esteárico ($C_{18:0}$), oleico ($C_{18:1}$), linoleico ($C_{18:2}$), linoléico ($C_{18:3}$), *cis*-6-octadecenoico (*6c*- $C_{18:1}$), *trans*-9, *trans*-12-octadecadienoico (*9t,12t*- $C_{18:2}$), 12-metil-tetradecánico ($C_{14:0-12}$ -metil) y 14-metil-hexadecánico ($C_{16:0-14}$ -metil). El Índice P/E es el cociente entre las abundancias medias de los ácido palmítico ($C_{16:0}$) y esteárico ($C_{18:0}$). Debido a la cantidad limitada de masa, se cuenta con un solo análisis por CG-FID. En base al promedio de las desviaciones estándar de las muestras de referencia, se estima una desviación estándar para las muestras arqueológicas de $\pm 1,6\%$. Las concentraciones menores a 1,00 % se consignaron como <1,00 %. Referencias: *t*, *trans*; *c*, *cis*.

Los perfiles de ácidos grasos de todas las vasijas estuvieron dominados por ácidos grasos característicos de la grasa animal y muy similares al perfil de ácidos grasos de las muestras de referencia de llama (R-09 and R-10), incluyendo a los ácidos láurico, mirístico, palmítico, palmitoleico y oleico. Además algunas muestras arqueológicas mostraron cantidades traza de ácidos grasos biomarcadores de camélidos sudamericanos tales como los ramificados metil-tetradecanoico y metil-hexadecanoico hallados en las muestras de referencia de llama (R-09 and R-10). Por otra parte, los ácidos grasos de carbonos impares hallados en las muestras arqueológicas tales como el pentadecanoico y el margárico podrían provenir de grasa de camélido así como de la degradación bacteriana de los lípidos en contextos postdepositacionales (Maier et al., 2007; Vázquez et al., 2008).

Tanto los ácidos impares como los ramificados fueron considerados en esta tesis como biomarcadores de grasa de camélidos sudamericanos por tratarse de compuestos específicos de animales pseudo-rumiantes, dado que la actividad bacteriana que sintetiza estos compuestos se da en el propio rumen de los animales (Martínez Marín et al., 2010). Esto se refuerza si se tiene en consideración que en las muestras de locro y mazamorra enterradas en sedimentos durante 18 meses se hallaron cantidades importantes de ácidos impares tales como el margárico, pero no se halló un aumento significativo en los ácidos grasos ramificados. Por lo tanto, esto indicaría que la presencia de ácidos grasos ramificados en muestras arqueológicas corresponde a grasa de camélido. Dado que los únicos animales pseudo-rumiantes que fueron cazados o pastoreados en tiempos prehispánicos en la región de estudio del oeste de Tinogasta fueron los camélidos sudamericanos tales como vicuña, guanaco y llama¹, los ácidos grasos biomarcadores descritos arriba son fuertes indicadores de la preparación de comidas con carne, charqui, grasa o médula de estos animales.

¹ Cabe recordar que la vaca, la oveja y la cabra fueron todos introducidos por el español

Aunque los perfiles de las muestras arqueológicas indican un importante componente animal, en algunas de ellas se observa que el componente vegetal también fue relevante. Esto se nota fundamentalmente cuando se comparan los índices P/E (Figura 7.11). Las muestras con valores altos indican un mayor aporte vegetal y una buena preservación, mientras que aquellas con valores bajos dan cuenta de un mayor aporte animal.

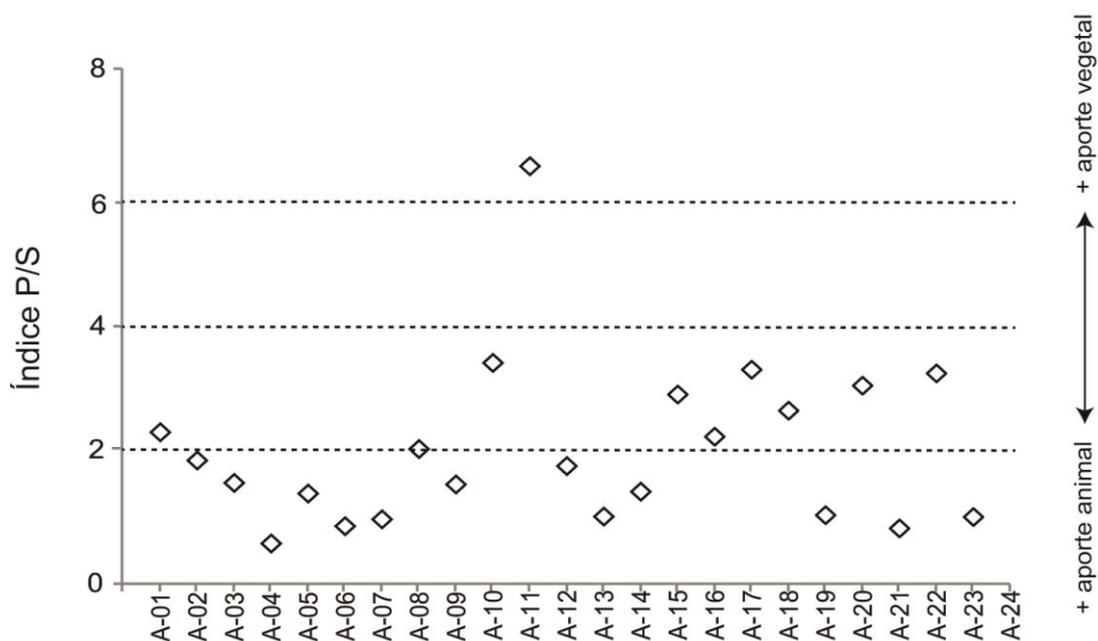


Figura 7.11. Índice palmítico/esteárico (P/E) de las muestras arqueológicas. Se observa que los valores más bajos corresponden a mayor aporte animal mientras que los valores más altos corresponden a mayor aporte vegetal.

7.3 SÍNTESIS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN ESTE CAPÍTULO

En este capítulo se estudiaron los lípidos extraídos de las muestras de referencia y arqueológicas. Se analizaron las concentraciones lipídicas obtenidas de cada muestra,

las composiciones de dichos lípidos mediante CCD y los perfiles de ácidos grasos mediante CG-FID y CG-EM.

Los puntos más importantes discutidos en este capítulo fueron:

1. Los ingredientes de origen animal presentaron concentraciones de lípidos mayores que los ingredientes de origen vegetal, y sus perfiles de ácidos grasos variaron según su origen. Los ingredientes vegetales tuvieron mayor concentración de ácidos grasos insaturados e índices P/E más altos. Los ingredientes animales tuvieron mayor concentración de ácidos saturados e índices P/E más bajos. Además, las muestras de llama tuvieron cantidades traza de ácidos grasos impares y ramificados, los cuales son biomarcadores de grasa de camélido sudamericano.
2. Los ingredientes crudos mostraron concentraciones de lípidos mayores que aquellos hervidos. En los ingredientes vegetales hervidos se constató una pérdida entre el 80 % y 70 % de los lípidos; mientras que en los ingredientes animales hervidos fue entre 20 % y 1 % . Esto se debe a las características de las muestras vegetales que al ser ricas en ácidos grasos poliinsaturados son mucho más susceptibles a la degradación. En los perfiles de ácidos grasos de los ingredientes vegetales cocidos *versus* los crudos se observó una pérdida parcial de ácidos insaturados y el aumento proporcional de los saturados, y un consecuente cambio en los índices P/E. Los perfiles de ácidos grasos en los ingredientes animales cocidos *versus* los crudos no variaron tanto como lo hicieron los vegetales. Todo esto indicó que la supervivencia a la cocción fue mayor para las grasas animales que para los aceites vegetales.
3. Se observó que en las ollas réplica A, B y C la mayor acumulación de lípidos fue en el sector de la base. Los triacilgliceroles sufrieron una degradación parcial al constatarse la presencia de di- y monoacilgliceroles como productos de este proceso. En las tres ollas réplica se registró una importante pérdida de los ácidos

grasos insaturados y por lo tanto un aumento relativo de los ácidos saturados. Esto también fue debido al proceso de degradación de los ácidos grasos. Por último, no se registraron diferencias sustanciales entre los perfiles de ácidos grasos de los diferentes sectores de las vasijas, demostrando que los acilglicéridos se distribuyeron de manera equivalente a lo largo del contorno de la vasija, independientemente de la concentración de lípidos acumulados en cada sector.

4. En cuanto a las muestras de comidas enterradas, se observó una pérdida importante de los ácidos grasos insaturados. Asimismo, el ácido margárico, indicador de degradación bacteriana, aumentó significativamente luego de 18 meses de degradación.
5. Las muestras arqueológicas presentaron concentraciones de lípidos inferiores a aquellos registrados en la cerámica experimental, indicando una pérdida de los mismos a través del tiempo. No pudo sostenerse una relación entre la preservación de lípidos y la antigüedad de las muestras. A diferencia de lo observado experimentalmente, se observó una mayor concentración de lípidos en los fragmentos de cuerpo, seguido por las bases y por último los bordes y cuellos. Esta tendencia podría estar sesgada por la gran cantidad de tiestos de cuerpo recuperados y analizados en esta tesis en comparación con fragmentos correspondientes a otros sectores. Se observó una tendencia que indicó que las cerámicas de matrices con texturas más gruesas absorbieron -y posiblemente también preservaron- una mayor cantidad de lípidos que aquellas de texturas finas, pero no fue factible correlacionar la concentración de lípidos con el tipo de tratamiento de superficie.
6. En los perfiles de ácidos grasos de todas las muestras arqueológicas se observó un importante aporte de ácidos grasos característicos de la grasa animal: ácidos láurico, mirístico y palmitoleico. En varios casos (A-10, A-12, A-14, A-15, A-17, A-18, A-19, A-20, A-21, A-22 y A-23) se constató la presencia de cantidades traza de

ácidos grasos biomarcadores de camélidos sudamericanos tales como los ramificados metil-tetradecanoicos y metil-hexadecanoicos, biomarcadores de grasa de camélidos sudamericanos. Por otra parte, los ácidos grasos de carbonos impares hallados en las muestras arqueológicas tales como el pentadecanoico y el margárico podrían provenir de grasa de camélido así como de la degradación bacteriana de los lípidos en contextos postdepositacionales (Maier et al., 2007; Vázquez et al., 2008). Aunque los perfiles de las muestras arqueológicas indican un importante componente animal, en algunas de ellas se observa que el componente vegetal también fue relevante.

En el próximo capítulo se expondrá cómo los valores isotópicos de las muestras lipídicas enteras (medición *bulk*) y por compuestos específicos (medición de cada ácido graso) permiten combinar la información de los perfiles de ácidos grasos con la isotópica para arribar a determinaciones más precisas acerca del origen de los lípidos en las mezclas complejas recuperadas de las matrices cerámicas arqueológicas.

**CAPÍTULO 8:
RESULTADOS DE LOS
ESTUDIOS
ISOTÓPICOS DE LOS
RESIDUOS GRASOS**

CAPÍTULO 8: RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS ISOTÓPICOS DE LOS RESIDUOS GRASOS

En este capítulo se exponen los resultados de los análisis isotópicos de residuos grasos en muestras completas (AIME) y por compuestos específicos (AICE) que permitieron ampliar la información obtenida inicialmente con métodos cromatográficos convencionales. Se organiza en tres apartados: la caracterización isotópica de los residuos grasos en muestras de referencia, la caracterización isotópica de los residuos grasos en muestras arqueológicas y una síntesis de los resultados obtenidos en este capítulo.

8.1 CARACTERIZACIÓN ISOTÓPICA DE LOS RESIDUOS GRASOS EN MUESTRAS DE REFERENCIA

8.1.1 Análisis isotópico de muestras enteras (AIME)

Se obtuvieron los valores $\delta^{13}\text{C}$ de los extractos lipídicos enteros (*bulk*) de un grupo de muestras de referencia (Tabla 8.1) y se estimó la contribución de C_4 en cada muestra según Morton y Schwartz (2004) (para más detalles ver Capítulo 6, sección 6.2).

Las muestras de maíces nativos modernos (R-01 a R-04) tuvieron los valores más altos de $\delta^{13}\text{C}$ entre -15,9 ‰ y -14,8 ‰. La muestra de maíz arqueológico de Punta Colorada (A-05) mostró un valor de $\delta^{13}\text{C}$ un poco más bajo de -16,8 ‰. Por otro lado, las muestras de referencia de plantas C_3 (A-06, A-07, A-29, A-30 y A-31) presentaron valores de $\delta^{13}\text{C}$ en el rango entre -34,9 ‰ y -26,2 ‰.

Muestra	Descripción	$\delta^{13}\text{C}$ lípidos bulk (‰)	Contribución de C_4 (%)	$\delta^{13}\text{C}_{14:0}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}_{16:0}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}_{18:0}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}_{18:1}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}_{18:2}$ (‰)
R-01	Pisingallo (<i>Zea mays</i> ARZM9043)	-14,8	100	-	-17,7±0,3	-19,7±0,4	-16,3±0,4	-16,6±0,4
R-02	Chullpi (<i>Zea mays</i> ARZM09421)	-15,9	-	-	-19,7±0,4	-21,4±0,5	-18,9±0,3	-18,6±0,1
R-03	Dentado blanco (<i>Zea mays</i> ARM9404)	-15,4	-	-	-18,6±0,2	-21,6±0,5	-17,2±0,1	-17,7±0,1
R-04	Capia blanco (<i>Zea mays</i> ARZM9370)	-15,9	-	-	-19,2±0,5	-21,5±1,5	-17,8±0,8	-17,6±0,4
R-05	Pisingallo (<i>Zea mays</i>) arqueológico	-16,8	-	-	-15,6±0,1	-18,3±0,1	-13,9±0,4	-19,7±2,1
R-06	Ají verde (<i>Capsicum annuum</i>)	-32,0	-	-	-34,3±0,3	-34,3±0,5	-26,3±1,2	-34,5±0,5
R-07	Poroto (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	-34,9	0	-	-35,5±0,2	-34,3±0,3	-33,8±0,8	-34,8±0,6
R-08	Algarroba blanca (<i>Prosopis alba</i>)	s/d	-	-	-34,5±0,4	-33,4±0,3	-32,5±1,2	-34,5±1,7
R-09	Llama (<i>Lama glama</i>) charqui	-28,6	-	-24,3±0,3	-24,2±0,1	-27,2±0,3	-26,5±0,2	-28,4±0,1
R-10	Llama (<i>Lama glama</i>) carne fresca	s/d	-	-27,9±0,9	-28,0±0,4	-31,0±0,3	-30,1±0,7	-34,7±3,0
R-11	Vaca (<i>Bos taurus</i>) grasa	-19,8	-	-23,5±0,9	-22,2±0,1	-23,6±0,1	-22,3±0,1	-33,8±0,8
R-12	Vaca (<i>Bos taurus</i>) grasa	-20,8	-	-23,4±0,5	-21,8±0,3	-24,4±0,4	-22,2±0,1	-27,5±1,4
R-13	Dentado blanco hervido	-15,8	-	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
R-19	Mazamorra	-16,4	-	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
R-20	Locro	-17,7	86	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
R-21	Pochoclo	-19,2	78	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
R-22	Olla réplica A (Mazamorra)	-19,8	-	-	-19,0±0,2	-29,0±1,0	-17,4±0,7	-18,4±0,6
R-23	Olla réplica B (Locro)	-24,6	51	-19,6±0,2	-20,0±0,3	-20,9±0,1	-21,0±0,7	-24,6±1,7
R-24	Olla réplica C (Pochoclo)	-20,2	73	-19,1±0,1	-19,7±0,1	-20,6±0,2	-20,3±0,8	-17,7±0,4
R-29	Algarroba negra (<i>Prosopis nigris</i>)	-29,5	-	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
R-30	Chañar (<i>Geoffrea decorticans</i>)	-26,2	-	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
R-31	Mistol (<i>Ziziphus mistol</i>)	-30,9	-	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d

Tabla 8.1. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ de los extractos lipídicos enteros (AIME) y de los ácidos grasos principales derivados de los extractos lipídicos (AICE) de las muestras de referencia. Por el alto requerimiento de masa (150 μg), las mediciones AIME fueron realizadas una sola vez, y el error estándar de la técnica AE-EMRI calculado a partir de los gases de referencia fue de 0,2 ‰. Los análisis por AICE demandaron mucha menos masa (0,2 μg) y se realizaron por triplicado, se informa el valor promedio y la desviación estándar para cada muestra

La muestra de charqui de llama (R-09), alimentada exclusivamente a pasturas C₃, mostró un valor de $\delta^{13}\text{C}$ de -28,6‰. Las muestras de grasa vacuna (R-11 y R-12), alimentados con mezclas de pasturas C₃ y maíz (C₄), presentaron valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -20,8 ‰ y -19,8 ‰. Cabe mencionar que las señales isotópicas disminuyen a medida que aumentan los niveles tróficos, y por lo tanto se obtienen valores de $\delta^{13}\text{C}$ menos diferenciados en los herbívoros con respecto a los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de las plantas con las que se alimentaron (Gannes et al., 1997).

La muestra de maíz dentado blanco hervido (R-13) mostró un valor isotópico de -15,8 ‰, muy similar al de este ingrediente en estado crudo (R-03, -15,4 ‰). Similarmente, el valor de la mazamorra (R-19) fue de -16,4 ‰, muy similar al valor del chullpi crudo (R-02, -15,9 ‰). Estos dos casos mostraron que la cocción no alteró los valores isotópicos *bulk* de las muestras, aunque los lípidos pudieron haber sufrido degradación por acción del calor de la cocción. La muestra de locro (R-20) presentó un valor de $\delta^{13}\text{C}$ de -17,7 ‰ más bajo que el maíz y más alto que el ají (R-06), el poroto (R-07) y la grasa vacuna (R-11), característico de una mezcla entre componentes de plantas C₄ y C₃ y animales. El pochoclo (R-21) mostró un valor de $\delta^{13}\text{C}$ de -19,2 ‰, más bajo que el maíz y muy similar al valor de la grasa vacuna (R-11), característico de mezclas entre componentes de plantas C₄ y animales.

La Olla A (R-22) presentó un valor de $\delta^{13}\text{C}$ de -19,8 ‰ levemente más bajo que el de la mazamorra (R-19). El valor de $\delta^{13}\text{C}$ de la Olla B (R-23) fue de -24,6 ‰ levemente más bajo que el valor del locro (R-20). La Olla C (R-24) mostró un valor de $\delta^{13}\text{C}$ de -20,2, asimismo levemente más bajo con respecto al pochoclo (R-21).

La herramienta diseñada por Morton y Schwarcz (2004) resultó muy útil para estimar la contribución de C₄ en muestras de mezclas complejas. Siguiendo a estos autores, se tomó como referencia de 100 % C₄ al valor más alto (R-01), y como referencia de 100 % C₃ al valor más bajo (R-07). Estos dos valores fueron tomados como parámetros para nuestro universo de muestras y a partir de ellos se calcularon los porcentajes

correspondientes a cada muestra. La herramienta fue útil para hacer estimaciones a grandes rasgos en mezclas complejas con componentes de diferentes orígenes, asumiendo que los valores tomados como parámetros son los extremos de la escala.

En este sentido, se estimó que el valor isotópico del locro tuvo una contribución de C_4 de un 86 %. Si bien la contribución de los lípidos de maíz al extracto lipídico total fue de 40 % (Tabla 7.3, Capítulo 7), debe tenerse en cuenta que un 51 % de los lípidos del locro fueron aportados por la grasa vacuna que fue alimentada parcialmente a maíz, por lo que se puede inferir que una parte importante del aporte C_4 está dada por la grasa vacuna. Por último, sólo un 9 % fue aportado por plantas C_3 (poroto y ají).

En el caso del pochoclo, se estimó una contribución del 78 % de C_4 . Nuevamente en este caso se observó que el aporte real del aceite de pisingallo al extracto lipídico total fue de 53 %. A su vez, el aporte de la grasa de vaca alimentada parcialmente a maíz fue de 47 %.

En los casos de las ollas réplica, se estimó una contribución C_4 de 75 % en la Olla A, un 51 % en la Olla B y un 73 % en la Olla C. Las estimaciones de aporte C_4 en los tres casos fueron inferiores a aquellas registradas para las comidas mazamorra, locro y pochoclo, respectivamente.

La combinación de la información de los perfiles de ácidos grasos con los valores isotópicos permite aproximarse al origen de los lípidos. Se eligió cruzar el índice P/E (cociente entre abundancia relativa del ácido palmítico y el ácido esteárico), que indica el origen animal o vegetal de los lípidos, con los valores *bulk* de $\delta^{13}\text{C}$ que indica el origen C_3 o C_4 de los lípidos (Figura 8.1, A). De esta manera se agruparon las muestras de referencia de orígenes similares en campos dentro del gráfico. Se identificaron cinco campos. El primero agrupó a lípidos de plantas C_4 (incluyendo a los maíces crudos y cocidos, la mazamorra y la olla réplica A) y se identifica con el color rojo. El segundo campo identificado en azul agrupó a lípidos de plantas C_3 (incluyendo al

poroto, el ají, la algarroba, el chañar y el mistol). El tercero, identificado en color marrón, agrupó a las muestras de animales alimentados a plantas C₃ y C₄ (grasa vacuna). El cuarto campo de color verde correspondió a la muestra de grasa animal alimentada exclusivamente a plantas C₃ (llama). Finalmente el quinto, coloreado en violeta, agrupó a las mezclas de lípidos de plantas C₄ y de animales alimentados a C₃ y C₄ (locro, pochoclo, olla réplica B y olla réplica C).

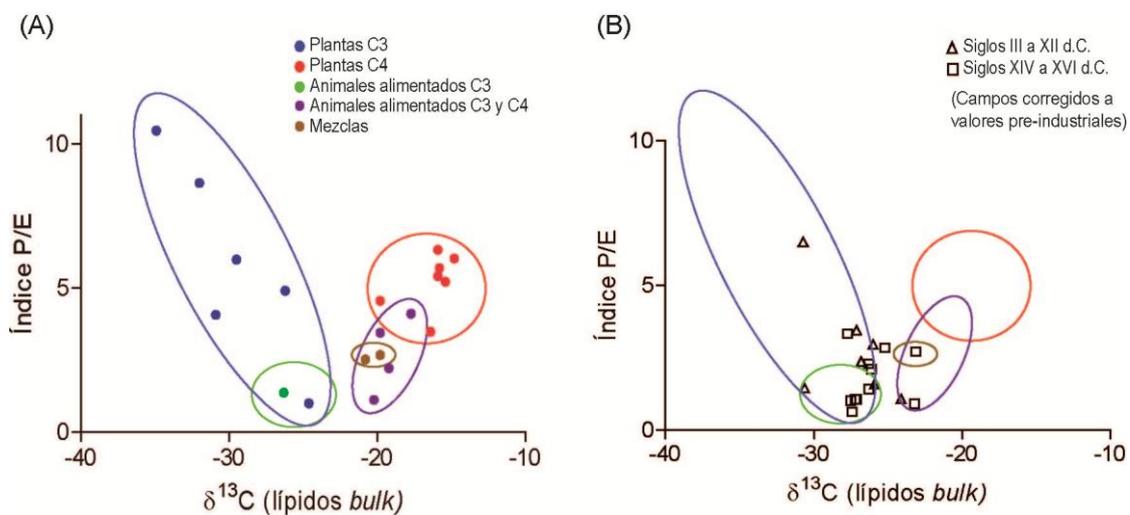


Figura 8.1 Comparación de los valores $\delta^{13}\text{C}$ *bulk* de los lípidos con los índices P/E (relación entre el ácido palmítico y el ácido esteárico). Los campos de las muestras de referencia fueron corregidos a valores pre-industriales para realizar comparaciones con las muestras arqueológicas. A, valores de $\delta^{13}\text{C}$ e índice P/E de las muestras de referencia; B, valores de $\delta^{13}\text{C}$ e índice P/E de las muestras arqueológicas.

8.1.2 Análisis isotópico por compuestos específicos (AICE)

Se obtuvieron los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de los ácidos grasos principales de los extractos lipídicos de las muestras de referencia (Tabla 8.1). Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ promedio de los maíces (R-01 a R-05) para los compuestos C_{16:0}, C_{18:0}, C_{18:1} y C_{18:2} fueron $-16,9 \pm 1,0$ ‰, $-19,2 \pm 1,0$ ‰, $-15,5 \pm 1,3$ ‰ y $-16,5 \pm 1,2$ ‰, respectivamente. Los mismos fueron similares a valores ya publicados en la bibliografía (Woodbury et al., 1995;

Spangenberg y Ogrinc, 2001). Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ promedio para las plantas C_3 (R-06 ají, R-07 poroto, R-08 algarroba blanca) para los compuestos $\text{C}_{16:0}$, $\text{C}_{18:0}$, $\text{C}_{18:1}$ y $\text{C}_{18:2}$ fueron $-34,8 \pm 0,3 \text{ ‰}$, $-34,0 \pm 0,4 \text{ ‰}$, $-30,9 \pm 1,1 \text{ ‰}$, $-34,6 \pm 0,9 \text{ ‰}$, respectivamente. Las muestras de llama (R-09 and R-10) mostraron valores de $\delta^{13}\text{C}$ promedio para los compuestos $\text{C}_{16:0}$, $\text{C}_{18:0}$, $\text{C}_{18:1}$ y $\text{C}_{18:2}$ de $-24,5 \pm 2,7 \text{ ‰}$, $-27,5 \pm 2,6 \text{ ‰}$, $-26,7 \pm 2,6 \text{ ‰}$ y $-29,9 \pm 4,5 \text{ ‰}$, respectivamente. Las muestras de grasa de vaca (R-07 y R-08) presentaron valores de $\delta^{13}\text{C}$ promedio para los compuestos $\text{C}_{16:0}$, $\text{C}_{18:0}$, $\text{C}_{18:1}$ y $\text{C}_{18:2}$ de $-20,4 \pm 0,3 \text{ ‰}$, $-22,4 \pm 0,5 \text{ ‰}$, $-20,6 \pm 0,1 \text{ ‰}$ y $-29,1 \pm 4,5 \text{ ‰}$, respectivamente.

La olla réplica A (R-22) mostró valores de $\delta^{13}\text{C}$ para los compuestos $\text{C}_{16:0}$, $\text{C}_{18:0}$, $\text{C}_{18:1}$ y $\text{C}_{18:2}$ de $-19,0 \pm 0,2 \text{ ‰}$, $-29,0 \pm 1,0 \text{ ‰}$, $-17,4 \pm 0,7 \text{ ‰}$ y $-18,4 \pm 0,6 \text{ ‰}$, respectivamente. Los valores $\delta^{13}\text{C}$ para los compuestos $\text{C}_{16:0}$, $\text{C}_{18:0}$, $\text{C}_{18:1}$ y $\text{C}_{18:2}$ en la olla B (R-23) fueron $-19,6 \pm 0,2 \text{ ‰}$, $-20,0 \pm 0,3 \text{ ‰}$, $-20,9 \pm 0,1 \text{ ‰}$, $-21,0 \pm 0,7 \text{ ‰}$ y $-24,6 \pm 1,7 \text{ ‰}$, respectivamente. En la olla B se observó que el valor obtenido para el ácido linoleico (aportado principalmente por los ingredientes vegetales) representó una mezcla entre el componente C_4 del maíz (valor promedio $-16,5 \text{ ‰}$) y el componente C_3 del ají y el poroto (valor promedio $-34,7 \text{ ‰}$). La olla C (R-24) presentó valores de $\delta^{13}\text{C}$ para los compuestos $\text{C}_{16:0}$, $\text{C}_{18:0}$, $\text{C}_{18:1}$ y $\text{C}_{18:2}$ de $-19,1 \pm 0,1 \text{ ‰}$, $-19,7 \pm 0,1 \text{ ‰}$, $-20,6 \pm 0,2 \text{ ‰}$, $-20,3 \pm 0,8 \text{ ‰}$ y $-17,7 \pm 0,4 \text{ ‰}$, respectivamente. En la Olla C, el ácido linoleico mostró un valor $\delta^{13}\text{C}$ dominado por el maíz, el único componente vegetal. En ambas ollas B y C, los ácidos grasos restantes tuvieron valores isotópicos que representaron mezclas de las grasas animales con los aceites vegetales.

Los valores de $\delta^{13}\text{C}_{16:0}$ fueron comparados con los valores de $\delta^{13}\text{C}_{18:0}$ y $\delta^{13}\text{C}_{18:1}$. Los gráficos de doble entrada (Figura 8.2, A y B) mostraron una clara separación entre los aceites vegetales de plantas C_3 (verde) y plantas C_4 (rojo). Las grasas animales (naranja y azul) se posicionaron en una zona intermedia. La olla réplica A se ubicó en ambos gráficos cerca de las plantas C_4 (muestras de referencia de maíz R-01 a R-05). Las ollas réplica B y C se posicionaron cerca de las plantas C_4 en el gráfico 8.2 A, y en una zona

intermedia entre las plantas C_4 y los animales alimentados a mezclas de C_3 y C_4 (grasa vacuna R-11 y R-12) en la Figura 8.2 B.

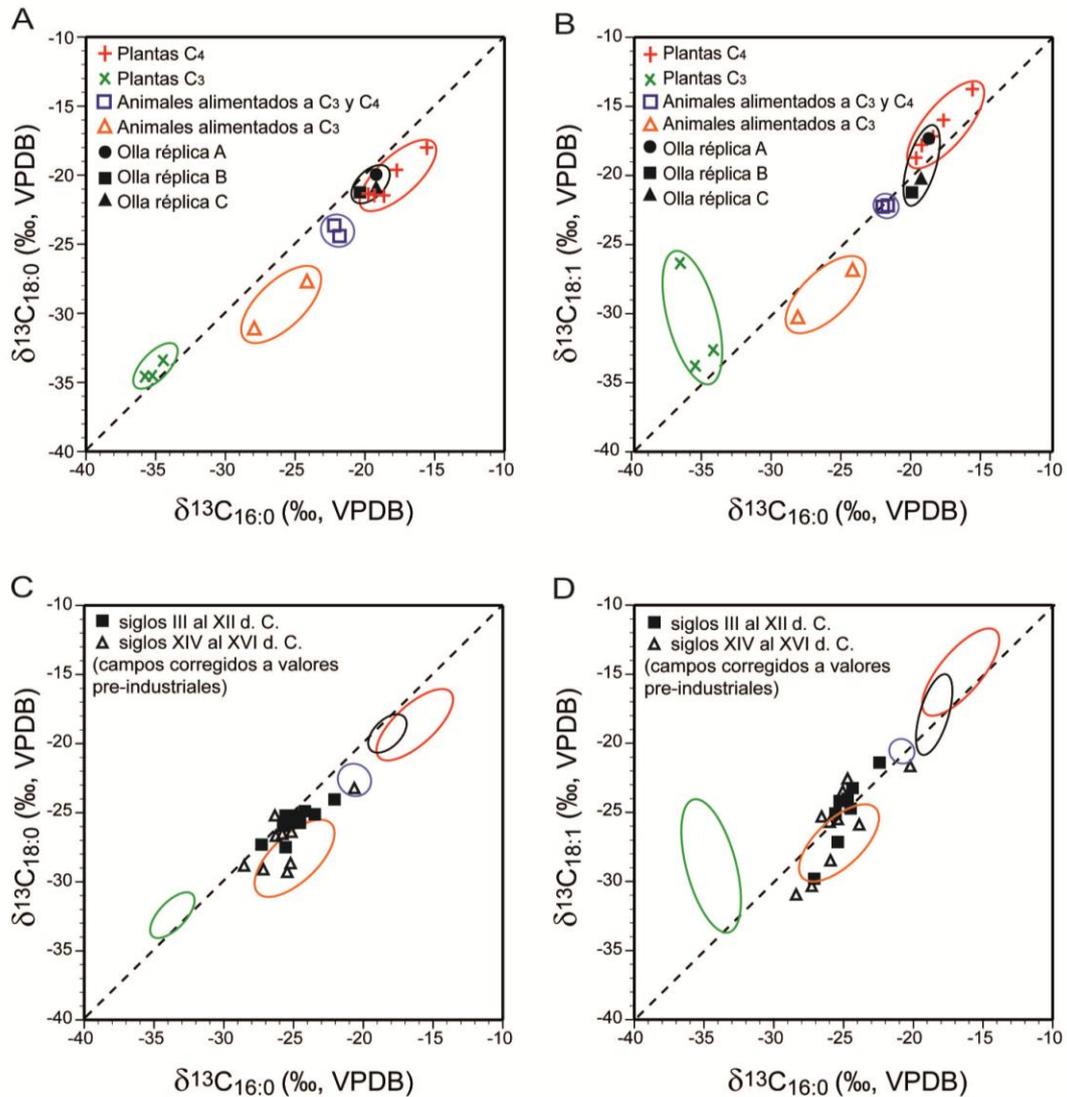


Figura 8.2. Comparación de valores $\delta^{13}C_{16:0}$ con valores $\delta^{13}C_{18:0}$ y $\delta^{13}C_{18:1}$. Los campos de las muestras de referencia fueron corregidos a valores pre-industriales para realizar comparaciones con las muestras arqueológicas. A y B, valores de $\delta^{13}C$ de las muestras de referencia; C y D, valores de $\delta^{13}C$ de las muestras arqueológicas.

8.2 CARACTERIZACIÓN ISOTÓPICA DE LOS RESIDUOS GRASOS EN MUESTRAS ARQUEOLÓGICAS

8.2.1 Análisis isotópico de muestras enteras (AIME)

Se obtuvieron resultados del AIME para 18 de las 24 muestras arqueológicas (A-01, A-03, A-04, A-05, A-06, A-07, A-08, A-10, A-11, A-13, A-14, A-15, A-16, A-17, A-18, A-19, A-23 y A-24) (Tabla 8.2). Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de los extractos lipídicos extraídos de las matrices de las cerámicas arqueológicas mostraron variaciones que indicaron orígenes diferentes de los residuos.

Se identificaron tres grupos de muestras arqueológicas gracias a la comparación con los campos¹ creados a partir de las muestras de referencia y corregidos para valores pre-industriales (Figura 8.1, B).

El primer grupo correspondió a muestras arqueológicas que presentaron valores de $\delta^{13}\text{C}$ en el campo de C_3 (promedio $-27,0 \pm 1,7 \text{ ‰}$) e índices P/E que indicaron una alta proporción de lípidos de origen vegetal (promedio $3,2 \pm 1,4$). Este grupo incluyó a muestras de La Troya LT-V50 (A-01), Mishma 7 (A-08), Palo Blanco NH1 (A-10), Palo Blanco NH3 (A-11), Cardoso (A-15), Punta Colorada (A-16), San Francisco (A-17) y Las Coladas (A-24). El aporte estimado de C_4 promedio para este grupo fue de $39,4 \pm 8,4 \text{ ‰}$.

¹ Los campos se corrigieron para comparar con las muestras arqueológicas pre-industriales. La corrección se realizó sumando 1.6 ‰ a los valores isotópicos obtenidos por los análisis de AE-EMRI. Esta corrección corresponde a la variación ambiental de $\delta^{13}\text{C}$ del CO_2 como resultado de las emisiones por la quema de combustibles fósiles, conocido como el efecto Sues (Sonnerup et al., 1999; Dassié et al., 2013).

Muestra	Descripción	$\delta^{13}\text{C}$ lípidos bulk (‰)	Contribución de C_4 (%)	$\delta^{13}\text{C}_{14:0}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}_{16:0}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}_{18:0}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}_{18:1}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}_{18:2}$ (‰)
A-01	La Troya LT-V50, olla	-26.8	40	-25.2±0.3	-24.3±0.4	-25.3±0.3	-23.3±0.4	-
A-02	La Troya LT-V50, olla	s/d	s/d	-25.7±0.2	-24.6±0.4	-25.0±0.1	-	-
A-03	La Troya BATH35, olla	-25.9	45	-27.6±0.7	-24.0±0.4	-24.8±0.3	-24.6±0.4	-
A-04	Batungasta, olla	-27.4	37	-25.9±0.2	-25.0±0.2	-28.7±0.2	-25.1±1.3	-
A-05	Batungasta, olla	-26.3	43	-27.4±0.9	-26.0±0.4	-25.1±0.7	-25.6±1.5	-
A-06	Batungasta, olla	-23.2	58	-26.0±0.2	-25.1±0.3	-29.2±0.1	-25.3±0.3	-
A-07	Mishma 7, olla	-27.5	37	-26.5±1.3	-25.6±0.6	-26.7±0.6	-25.4±1.4	-
A-08	Mishma 7, tinaja Belén	-26.1	44	-24.9±0.1	-24.7±0.3	-25.8±0.3	-23.8±0.3	-
A-09	Quintar 1, olla	s/d	s/d	-23.0±1.2	-24.8±2.4	-25.6±2.7	-	-
A-10	Palo Blanco NH1, olla	-27.1	39	-25.3±1.1	-24.7±1.6	-25.5±1.3	-24.1±1.1	-34.6±1.2
A-11	Palo Blanco NH3, olla	-30.7	21	-26.1±0.3	-25.4±0.1	-25.1±0.1	-27.0±0.1	-36.5±2.6
A-12	Palo Blanco NH6, olla	s/d	s/d	-25.4±1.1	-26.9±0.9	-27.4±0.9	-29.4±1.0	-42.7±1.2
A-13	Palo Blanco NH4, olla	-27.2	38	-26.3±0.3	-25.6±0.2	-25.5±0.1	-	-
A-14	Ojo del Agua 1, olla	-30.6	21	-24.0±1.0	-24.8±0.9	-25.0±0.8	-25.1±0.4	-
A-15	Cardoso, olla	-26.0	44	-26.7±0.6	-24.5±0.2	-25.3±0.1	-24.5±0.7	-24.5±0.1
A-16	Punta Colorada, olla	-26.3	43	-27.7±0.1	-25.5±0.3	-27.4±0.2	-25.2±0.3	-31.9±2.9
A-17	San Francisco, aríbaloide	-27.7	36	-25.5±1.5	-24.5±1.3	-25.7±1.5	-22.8±1.6	-
A-18	San Francisco, aríbalo	-23.1	59	-21.7±1.2	-20.2±0.4	-23.4±2.0	-21.8±3.5	-
A-19	El Zorro, olla	-24.1	54	-23.5±0.5	-21.9±0.4	-23.8±0.4	-21.3±0.1	-23.6±0.8
A-20	Batungasta, olla	s/d	s/d	-28.8±0.4	-28.3±0.1	-28.9±0.3	-30.8±0.1	-31.1±1.6
A-21	San Francisco, aríbalo	s/d	s/d	-25.5±0.6	-27.1±0.8	-29.0±0.5	-30.2±0.3	-
A-22	San Francisco, aríbaloide	s/d	s/d	-25.0±1.3	-25.8±1.5	-26.8±1.7	-28.7±1.7	-28.3±2.9
A-23	Laguna Salada, olla	-27.1	39	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
A-24	Las Coladas, aríbaloide	-25.2	48	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d

Tabla 8.2. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ de los extractos lipídicos enteros (AIME) y de los ácidos grasos principales derivados de los extractos lipídicos (AICE) de las muestras arqueológicas. Por el alto requerimiento de masa (150 μg), las mediciones AIME fueron realizadas una sola vez, y el error estándar de la técnica AE-EMRI calculado a partir de los gases de referencia fue de 0.2‰. Los análisis por AICE demandaron mucha menos masa (0,2 μg) y se realizaron por triplicado, se informa el valor promedio y el desvío estándar para cada muestra

El segundo grupo correspondió a muestras arqueológicas que presentaron valores de $\delta^{13}\text{C}$ en el campo de C_3 (promedio $-27,4 \pm 1,5 \text{ ‰}$) e índices P/E que indicaron una mayor proporción de grasas de animales (promedio $1,2 \pm 0,3$). Este grupo incluyó a muestras de La Troya (A-03), Batungasta (A-04 y A-05), Mishma 7 (A-07), Palo Blanco NH4 (A-13), Ojo del Agua 1 (A-14) y Laguna Salada (A-23). El aporte estimado de C_4 promedio para este grupo fue de $37,2 \pm 7,6 \text{ ‰}$.

El tercer grupo correspondió a muestras arqueológicas que mostraron valores de $\delta^{13}\text{C}$ en el campo de las mezclas de C_3 y C_4 (promedio $-24,8 \pm 0,6 \text{ ‰}$), e índices P/E que indicaron una mayor proporción de grasas de animales (promedio $1,6 \pm 1,0$). Este grupo incluyó muestras de, Batungasta (A-06), San Francisso (A-18) y El Zorro (A-19). El aporte estimado de C_4 promedio para este grupo fue de $56,9 \pm 2,7 \text{ ‰}$.

Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de las muestras de sitios del primer milenio d. C. (período Formativo) presentaron una media de $-27,2 \text{ ‰}$ y un desvío estándar de $2,0 \text{ ‰}$. Por otra parte, los valores $\delta^{13}\text{C}$ de las muestras de sitios datados entre los siglos XIV y XVI d. C. (período Tardío-Inca) brindaron una media de $-26,1 \text{ ‰}$ y un desvío estándar de $1,7 \text{ ‰}$. Se realizó una prueba de Mann-Whitney que compara las medianas de los dos grupos sin asumir una distribución normal de los datos. La prueba se realizó con dos colas y con una significancia de 95 ‰ ($p < 0,05$). El resultado de esta prueba fue que las medianas no son estadísticamente diferentes ($U = 22,5$; $p = 0,8$). Estos resultados indican que no existió un aumento en la preparación y consumo de alimentos a base de maíz (C_4) entre los dos períodos estudiados.

Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de las muestras procedentes de la región de Fiambalá (1350-2400 msnm) obtuvieron una media de $-27,0 \text{ ‰}$ y un desvío estándar de $1,9 \text{ ‰}$. Por otra parte, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de las muestras de la región de Chaschuil (4000-4200 msnm) brindaron una media de $-25,4 \text{ ‰}$ y un desvío estándar de $1,9 \text{ ‰}$. Se realizó la prueba de Mann-Whitney de dos colas y significancia de 95 ‰ ($P < 0,05$), y el resultado fue que las medianas no son estadísticamente diferentes ($U = 20,5$; $P = 0,3$). Es decir que no se

registró un mayor consumo de maíz en la región de Fiambalá con respecto a la región de Chaschuil.

La distribución similar de señales isotópicas C₄ (maíz) en la región de Chaschuil con respecto a la región de Fiambalá es llamativo dado que en la primera región no están dadas las condiciones ambientales de cultivo de maíz para fines alimentarios (es decir que las plantas pueden llegar a florecer pero no dan fruto), ni se han registrado instalaciones agrícolas que indiquen que en el pasado el maíz haya sido cultivado en estas cotas altitudinales (Ratto et al., 2010). Por lo tanto, los resultados sugieren un posible transporte de este alimento desde cotas más bajas. En contextos agropastoriles del primer milenio el maíz habría sido traído de la zona de valles para sustentar a los pastores durante sus estadías de pastoreo estacionales. Además, las partes no comestibles del maíz como chalas y marlos podrían haber servido de alimento para los camélidos domésticos (llamas), que por lo tanto habrían recibido una alimentación mixta a base de pasturas C₃ y complemento C₄ (Dantas et al., 2014). El transporte de maíz (o de ollas con contenido de maíz) no sería un hecho aislado sino que habría sido parte de un sistema de interacción y de circulación de recursos que ya fue registrado entre las regiones de Chaschuil y Fiambalá para momentos formativos (Ratto et al., 2002). Por otra parte, para momentos incaicos el maíz podría haber sido transportado como producto procesado -principalmente chicha- para fines festivos en contextos rituales. Esto estaría reforzado por la presencia exclusiva de aríbalos y aribaloides en los sitios incaicos de San Francisco y Las Coladas. La ausencia de cerámica ligada a la producción de bebidas alcohólicas tales como grandes ollas, tinajas o virques indicaría que el maíz no fue procesado *in situ* sino que fue transportado como bebida en los aríbalos y aribalodes.

Finalmente, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de las ollas culinarias presentaron una media de -26,9 ‰ y un desvío estándar de 2,0 ‰. Por otra parte, los valores $\delta^{13}\text{C}$ de los aríbalos, aribaloides y tinajas Belén brindaron una media de -25,5 ‰ y un desvío estándar de 1,9 ‰. Se realizó la prueba de Mann-Whitney de dos colas y significancia de 95 % ($p <$

0,05), y el resultado fue que las medianas no son estadísticamente diferentes ($U = 18,0$; $p = 0,3$). Por lo tanto, a este nivel de análisis, no puede observarse un uso diferencial del maíz en los ámbitos domésticos (indicado por las ollas culinarias) en comparación con los ámbitos festivos (indicado por los aríbalos, aribaloides y tinaja Belén).

8.2.2 Análisis isotópico de compuestos específicos (AICE)

Se obtuvieron resultados del AICE para 22 de las 24 muestras arqueológicas (A-01 a A-22). Los valores promedio de $\delta^{13}\text{C}$ de los ácidos grasos mayoritarios de las muestras arqueológicas para los compuestos $\text{C}_{14:0}$, $\text{C}_{15:0}$, $\text{C}_{16:0}$, $\text{C}_{16:1}$, $\text{C}_{17:0}$, $\text{C}_{18:0}$, $\text{C}_{18:1}$ y $\text{C}_{18:2}$ fueron $-25,6 \pm 1,6 \text{ ‰}$, $-25,1 \pm 1,7 \text{ ‰}$, $-25,0 \pm 1,7 \text{ ‰}$, $-25,3 \pm 1,9 \text{ ‰}$, $-26,3 \pm 1,9 \text{ ‰}$, $-26,1 \pm 1,7 \text{ ‰}$, $-25,5 \pm 2,7 \text{ ‰}$ y $-31,7 \pm 6,3 \text{ ‰}$, respectivamente. Los valores de cada muestra arqueológica variaron de $-21,5 \text{ ‰}$ a $-28,8 \text{ ‰}$, indicando la existencia de orígenes biológicos distintos para los residuos orgánicos.

Los valores de $\delta^{13}\text{C}_{16:0}$ fueron comparados con los valores de $\delta^{13}\text{C}_{18:0}$ y $\delta^{13}\text{C}_{18:1}$. Los gráficos de doble entrada (Figura 8.2, C y D). Los campos indicados por los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de las muestras de referencia fueron corregidos a valores pre-industriales para su comparación con los valores de $\delta^{13}\text{C}$ obtenidos para las muestras arqueológicas.

Los gráficos de doble entrada mostraron que la mayoría de los valores isotópicos se posicionaron en el campo naranja, correspondiente a los valores de animales alimentados a plantas C_3 (grasa de llama R-09 y R-10). Sólo algunas muestras con valores más altos (A-09, A-14, A-18 y A-19) se ubicaron cercanas al campo azul correspondiente a los valores de animales alimentados a mezclas de C_3 y C_4 (grasa de vaca R-11 y R-12). Estos valores más altos indicaron la presencia de mezclas con mayor abundancia de componente C_4 .

Se realizó un análisis numérico multivariado con el fin de procesar una gran cantidad de datos recabados con las diferentes técnicas aplicadas. Este procedimiento permitió observar agrupamientos de las muestras, y por comparación con las de referencia, aproximarnos al origen de los residuos arqueológicos.

Se llevó a cabo en primer lugar un análisis de componentes principales (ACP), una técnica de reducción de datos que condensa la información obtenida a partir del análisis de múltiples variables que se encuentra conformando una matriz en dos nuevas variables independientes, o componentes principales (Pérez, 2001; Jackson, 2005). Se seleccionaron cuatro variables para el análisis multivariado: valores de $\delta^{13}\text{C}_{16:0}$, $\delta^{13}\text{C}_{18:0}$, $\delta^{13}\text{C}_{18:1}$ e índice P/E (Figura 8.3). Se realizó este análisis sobre 34 muestras (14 muestras de referencia y 19 muestras arqueológicas) que obtuvieron resultados positivos para las variables seleccionadas. El criterio adoptado para clasificar a las muestras de referencia fue su origen conocido. Las muestras arqueológicas fueron agrupadas en una sola categoría: residuos de lípidos de origen desconocido.

El ACP resultó en una varianza explicada de 97,5 % entre el CP1 y el CP2 (CP1 explicó un 86,7 % y CP2 explicó un 10,8 %). En el CP1, el peso mayor fue observado para la variable 3 ($\delta^{13}\text{C}_{18:1}$; 0,63), seguida de la variable 1 ($\delta^{13}\text{C}_{16:0}$; 0,55), la variable 2 ($\delta^{13}\text{C}_{18:0}$; 0,49) y finalmente la variable 4 (índice P/E; 0,25). En el CP2, el peso mayor fue observado para la variable 4 (índice P/E; 0,96), seguido por la variable 1 ($\delta^{13}\text{C}_{16:0}$; -0,22), la variable 2 ($\delta^{13}\text{C}_{18:0}$; -0,17) y finalmente la variable 3 ($\delta^{13}\text{C}_{18:1}$; -0,05). Los pesos indicaron que en el CP1 las variables 1, 2 y 3 (valores de $\delta^{13}\text{C}$) fueron los más importantes, mientras que en el CP2 el índice P/E fue el más significativo. Observamos que la mayoría de las muestras arqueológicas se superpusieron con los valores pre-industriales de los animales alimentados a C_3 , es decir con las muestras de referencia de llama (R-09 y R-10).

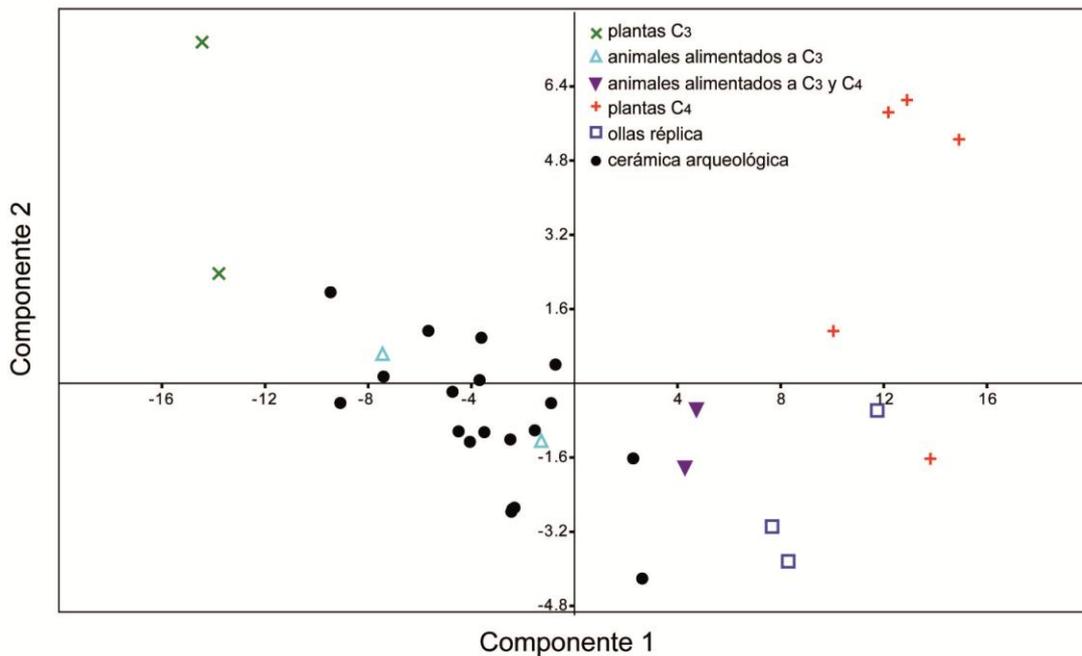


Figura 8.3. Análisis de componentes principales de las muestras de referencia y arqueológicas. N=34

Los resultados del ACP fueron profundizados mediante un análisis de *cluster* jerárquico (método Ward) realizado con las mismas muestras y variables que el ACP. Este análisis agrupó a las muestras en dos grandes *clusters* a una distancia euclídeana de 20, y en cuatro sub-*clusters* a una distancia euclídeana de 15 (Figura 8.4). El coeficiente de correlación fue de $p = 0,7104$. El *cluster* A agrupó a las muestras con los valores isotópicos más altos. El sub-*cluster* A1 agrupó a tres de las muestras de maíces pisingallo, dentado blanco y capia. El sub-*cluster* A2 agrupó a las muestras de chullpi, pisingallo arqueológico, las ollas réplica A, B y C, grasa de vaca y dos muestras arqueológicas (A-18 y A-19). El *cluster* B agrupó a las muestras con los valores isotópicos más bajos. El sub-*cluster* B1 incluyó a la grasa de llama fresca y a las muestras arqueológicas A-01, A-03, A-04, A-05, A-06, A-07, A-08, A-10, A-11, A-14, A-15, A-16 y A-17. El sub-*cluster* B2 agrupó a las muestras de algarroba, poroto, ají, charqui de llama y a las muestras arqueológicas A-12, A-20, A-21 y A-22.

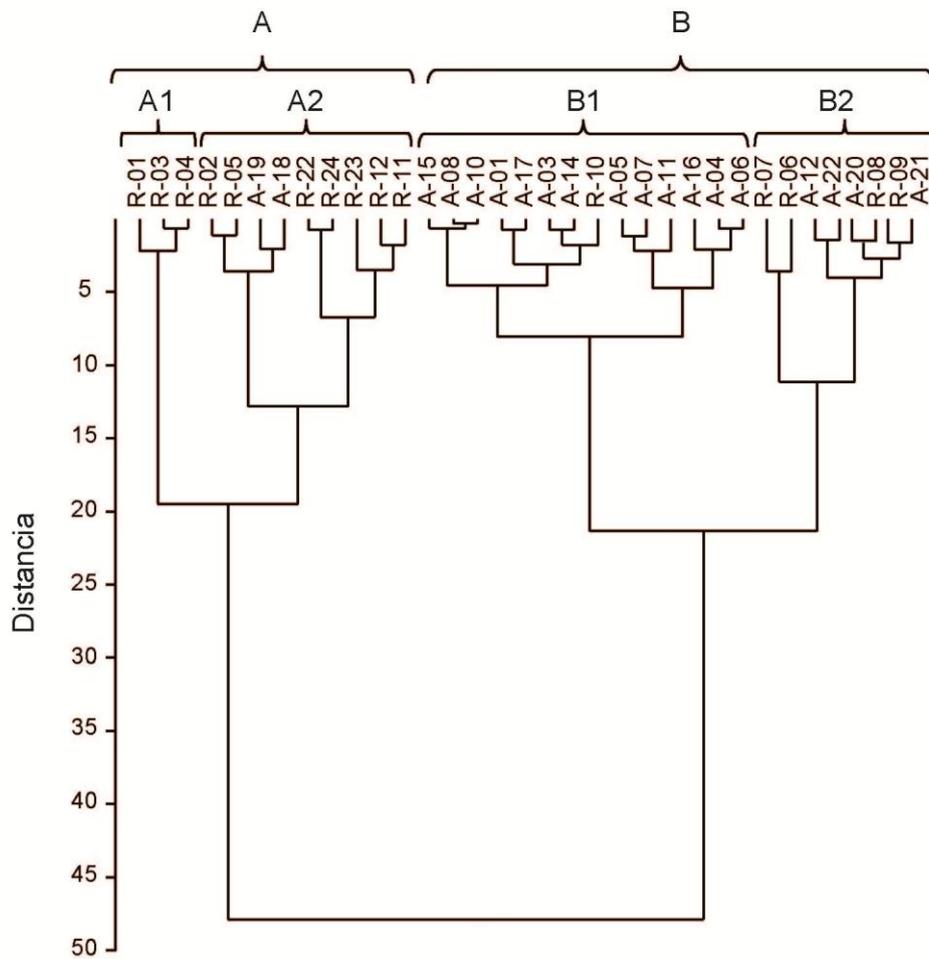


Figura 8.4. Análisis de *cluster* jerárquico de las muestras de referencia y arqueológicas. N=34.

Las muestras del primer milenio d. C. (período Formativo) se agruparon mayormente en el *cluster* B (A-01, A-02, A-03, A-10, A-11, A-12, A-13, A-14, A-15 y A-16). Se trata de ollas culinarias en las que se cocieron mezclas de alimentos de origen vegetal y animal, y cuyos valores isotópicos apuntan a la presencia de grasas de camélidos sudamericanos u otros animales y de plantas C₃. Los perfiles de ácidos grasos y los valores isotópicos de la mayoría de las muestras formativas no apuntan a un importante aporte de maíz. Sin embargo, como se verá en el capítulo siguiente, se hallaron almidones de maíz arqueológicos en algunas muestras. Esto sugiere que: (i) las proporciones relativas de maíz en los guisos no fueron dominantes, ó (ii) que la

contribución de lípidos de maíz a los residuos fue enmascarada por otros ingredientes, tales como las grasas animales. Este enmascaramiento fue observado experimentalmente en dos ollas réplica que combinaron maíz con grasa animal (R-23, olla B y R-24, olla C), donde las señales características del primer ingrediente estuvieron solapadas con aquellas del segundo. Sólo la alta proporción del ácido linoleico ($C_{18:2}$) y el valor alto de $\delta^{13}C_{18:2}$ fueron indicadores de la presencia de maíz en las ollas réplica. La limitación es que este ácido graso es muy susceptible a la degradación y rara vez es hallado en las muestras arqueológicas². Únicamente hubo dos muestras en donde efectivamente se detectó al maíz (A-15 y A-19). Para los siglos XIV a XVI d. C. (período Tardío-Inca) se observa que las ollas culinarias también fueron clasificadas mayormente en el *cluster* B, indicando una continuidad en las prácticas con respecto al período anterior. Sin embargo, la cerámica asociada a la producción, almacenaje y transporte de bebida fue clasificada en ambos *clusters*, A y B, indicando una mayor complejidad en los usos de los distintos recipientes, y por lo tanto una heterogeneidad en las prácticas, las que se discutirán en los párrafos subsiguientes.

En cuanto a las principales regiones del oeste tinogasteño, puede observarse que las muestras procedentes de sitios localizados en la región de Fiambalá se concentran en el *cluster* B; mientras que aquellas procedentes de la región de Chaschuil se distribuyen entre los *clusters* A y B. Nuevamente resulta llamativa la concentración de muestras con perfiles de ácidos grasos y valores isotópicos asociados al maíz en la región de Chaschuil. Estos resultados refuerzan la interpretación alcanzada a partir de los resultados del AIME, que indican el transporte humano de este recurso, ya sea como materia prima o como producto elaborado.

Al analizar la distribución de muestras en los *clusters* según el tipo de cerámica, pudo observarse que la mayoría de las ollas culinarias fueron clasificadas dentro del *cluster* B (A-01, A-03, A-04, A-05, A-06, A-07, A-10, A-11, A-14, A-15 y A-16, A-12 y A-20),

² Vale aclarar que el $C_{18:2}$ fue hallado en sólo 8 de las 24 muestras arqueológicas indicando que las mismas estuvieron excepcionalmente bien preservadas.

indicando que la mayoría de las ollas culinarias tuvieron perfiles de ácidos grasos y valores isotópicos asociados a mezclas de grasa de animales alimentados a pasturas C_3 , y de aceites de plantas C_3 . Por otra parte, la cerámica asociada a la preparación, almacenamiento y transporte de bebidas estuvo distribuida dentro de ambos *clusters* A y B. La tinaja Belén (A-08) fue clasificada dentro del sub-*cluster* B1. Su perfil de ácidos grasos corresponde a mezclas de aceite vegetal y grasa animal, y sus valores isotópicos la relacionaron con la grasa de llama. Los aríbalos y aribaloides fueron agrupados dentro de tres sub-*clusters*: A2 (A-18), B1 (A-17) y B2 (A-21 y A-22). En A-18 los perfiles de ácidos grasos y valores isotópicos mostraron la presencia de aceite de plantas C_4 y grasas animales. Esto es un fuerte indicador de la presencia de chicha de maíz. En A-17 se observaron mezclas de aceites vegetales y grasas animales. En A-21 y A-22 los valores indicaron la presencia de aceites de plantas C_3 y grasas animales. Esto es un fuerte indicador del uso de aríbalos para el consumo de bebidas a base de plantas C_3 , tal como la aloja fabricada a base de la fermentación de harina de algarroba. La presencia de grasa animal en todas las cerámicas cuya función fue contener bebidas de algún tipo indica su uso para el tratamiento de impermeabilización de las paredes internas.

8.2 SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN ESTE CAPÍTULO

En este capítulo se presentaron los resultados de los análisis de isótopos estables de carbono (AIME y AICE) en los lípidos extraídos de las muestras de referencia y arqueológicas.

Los puntos más importantes discutidos en este capítulo fueron:

1. Los análisis por AIME de las muestras de referencia permitieron observar diferencias marcadas entre los valores de $\delta^{13}C$ obtenidos para las plantas C_3 y C_4 . Los valores de las muestras animales estuvieron situados en una zona intermedia.

Los valores de animales alimentados a pasturas C_3 estuvieron más cerca de los valores de las plantas C_3 , mientras que los de aquellos animales alimentados a mezclas de plantas C_3 y C_4 se posicionaron más cerca de los valores de plantas C_4 . La comparación de los valores de $\delta^{13}C$ con los índices P/E permitieron ubicar a los campos para cada tipo de ingrediente (sean de origen animal o vegetal, C_3 o C_4) en un espacio bidimensional, que sirvió como base comparativa para interpretar los valores de las muestras arqueológicas.

2. Los análisis de AICE permitieron comparar los valores de $\delta^{13}C_{16:0}$ con los valores de $\delta^{13}C_{18:0}$ y $\delta^{13}C_{18:1}$. Se logró una clara separación entre los aceites vegetales de plantas C_3 y plantas C_4 en el espacio bidimensional. Las grasas animales se posicionaron en una zona intermedia. Las ollas réplica se ubicaron en una zona intermedia entre las plantas C_4 y los animales alimentados a mezclas de C_3 y C_4 . Los campos creados por las muestras de referencia sirvieron para interpretar los valores isotópicos de las muestras arqueológicas.
3. Los AIME de las muestras arqueológicas mostraron variaciones que indicaron orígenes diferentes de los residuos. Se identificaron tres grupos a través de la comparación con los campos creados por las muestras de referencia. El primer grupo correspondió a muestras arqueológicas que presentaron valores de $\delta^{13}C$ en el campo de las plantas C_3 e índices P/E que indicaron una alta proporción de lípidos de origen vegetal. El segundo grupo correspondió a muestras arqueológicas que mostraron valores de $\delta^{13}C$ en el campo de las plantas C_3 e índices P/E que indicaron una mayor proporción de grasas de animales. El tercer grupo correspondió a muestras arqueológicas con valores de $\delta^{13}C$ en el campo de las mezclas de C_3 y C_4 , e índices P/E que indicaron una mayor proporción de grasas de animales. Se compararon las muestras del primer milenio d.C. con aquellas de los siglos XIV-XVI d. C. mediante una prueba Mann-Whitney y se constató que no existió un aumento en la preparación y consumo de alimentos a base de maíz (C_4) entre los dos períodos estudiados. Se compararon las muestras de las regiones de

Fiambalá y Chaschuil mediante la misma prueba y el resultado fue que no existieron diferencias significativas en el consumo de maíz entre ambas regiones. Finalmente, se compararon las ollas culinarias con los aríbalos, aribaloides y tinajas Belén mediante la prueba de Mann-Whitney y se comprobó que no existió un uso diferencial del maíz en los ámbitos domésticos en comparación con los ámbitos festivos.

4. Los AICE de las muestras arqueológicas mostraron variaciones que indicaron la existencia de orígenes biológicos distintos para los residuos orgánicos. La comparación de las muestras arqueológicas con los campos creados por las muestras de referencia mostraron que la mayoría se posicionó en el campo de los animales alimentados a plantas C_3 . Sólo algunas muestras con valores altos se ubicaron cercanas a los animales alimentados a mezclas de C_3 y C_4 , e indicaron la presencia de mezclas con mayor abundancia de componente C_4 . El ACP permitió observar que la mayoría de las muestras arqueológicas se superpusieron con los valores de los animales alimentados a C_3 , es decir con las muestras de referencia de llama. El análisis de *cluster* jerárquico agrupó a las muestras en dos grandes *clusters* y cuatro sub-*clusters*. El *cluster* A agrupó a las muestras con los valores isotópicos más altos mientras que el *cluster* B agrupó a las muestras con los valores isotópicos más bajos. En las ollas culinarias del primer milenio d. C. (período Formativo) se identificaron residuos de grasa de camélidos sudamericanos y plantas C_3 . Una sola olla fue utilizada para cocinar mezclas de maíz y camélidos alimentados parcialmente a maíz. En las ollas culinarias de los siglos XIV a XVI d. C. (período Tardío-Inca) se identificaron residuos similares a los del período anterior. Por otra parte, en la cerámica Inca asociada a la producción, almacenaje y transporte de bebida se identificaron residuos heterogéneos. Algunos de estos enseres fueron usados para contener chicha de maíz, otros fueron utilizados para contener aloja, y unos terceros fueron utilizados alternadamente para contener chicha y aloja. Todos ellos tuvieron un tratamiento de impermeabilización de las paredes internas para contener de manera eficiente a las bebidas.

Hasta aquí se han mostrado los resultados obtenidos en los análisis de los residuos grasos recuperados en muestras arqueológicas y de referencia. En el próximo capítulo se expondrán los resultados de los estudios microscópicos de los almidones recuperados en muestras arqueológicas y de referencia.

**CAPÍTULO 9:
RESULTADOS DE LOS
ESTUDIOS DE LOS
RESIDUOS DE
ALMIDÓN**

CAPÍTULO 9: RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS DE LOS RESIDUOS DE ALMIDÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos del estudio microscópico de almidones. Los mismos son expuestos en cuatro apartados: los análisis de las muestras de referencia de almidones de maíces nativos del Noroeste argentino, los análisis de almidones recuperados de las ollas réplica utilizadas en la experimentación culinaria, los análisis de los almidones recuperados en las vasijas arqueológicas y una síntesis de los resultados alcanzados en este capítulo.

En los dos capítulos anteriores (Capítulos 7 y 8) se identificaron los residuos de lípidos que fueron recuperados de las matrices cerámicas arqueológicas a la luz de los resultados arrojados por el estudio de las muestras de referencia.

En este capítulo, se presentan los resultados del segundo tipo de residuo culinario recuperado en la cerámica del oeste tinogasteño: los gránulos de almidón. La caracterización de dichos microrrestos se llevó a cabo mediante la comparación con muestras de referencia, generadas en esta propia investigación, o bien publicadas en la bibliografía específica. Fue de particular interés lograr una caracterización precisa que permitiera la identificación de las especies, y en los casos posibles las sub-especies. Se hizo uso de los estudios sistemáticos existentes sobre variedades de tubérculos (Cortella y Pochettino, 1995), porotos (Babot et al., 2007) y algarrobas (Giovannetti et al., 2008). Para el maíz existen trabajos que describen almidones arqueológicos de dicha especie (Holst et al., 2007; Piperno, 2009), y otros que describen sistemáticamente almidones de maíces actuales tropicales (Pagán Jiménez, 2007). Sin embargo no hay publicado hasta la fecha un estudio sistemático de los almidones de

variedades andinas de maíz. Por lo tanto, esta tesis buscó aportar un estudio detallado de maíces actuales nativos del Noroeste argentino que sirvieron como base comparativa para la identificación de almidones arqueológicos de esta especie.

9.1 MUESTRAS DE REFERENCIA DE ALMIDONES

9.1.1 Base de referencia de almidones de maíces nativos actuales del noroeste argentino

Se generó una base de referencia de almidones de razas nativas de maíz del noroeste argentino con el objetivo de identificar elementos referenciales para clasificar racialmente de manera confiable a los almidones de maíz recuperados en muestras arqueológicas. Dado que esta especie presenta una gran variabilidad intra e interracial, que se evidencia en múltiples morfologías, dimensiones y adaptabilidad ambiental, se seleccionaron ocho razas nativas y cultivadas en las provincias de Catamarca y Jujuy (Tabla 9.1) para generar un conjunto representativo tanto a nivel cuantitativo como cualitativo que permitiese identificar elementos distintivos para cada raza de maíz, sobre la base de análisis descriptivos y estadísticos.

Las muestras de cariopsis de las razas nativas actuales estudiadas se encontraban depositadas en el Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA-Pergamino y fueron producto de las recolecciones sistemáticas realizadas en diferentes zonas del Noroeste argentino en las décadas de 1960 y 1970. El Banco clasificó las muestras por raza de acuerdo con los descriptores fenotípicos de grano y marlo, como textura, color, forma, ancho, largo y número de filas en el marlo (Solari y Gómez, 1997; Ferrer et al., 1998). Las muestras fueron secadas a temperatura ambiente y presión atmosférica con control de humedad, preservadas en bolsas de papel selladas y guardadas a 5-10 °C y 40-50 % de humedad relativa.

Se seleccionaron ocho razas de maíces nativos del Noroeste argentino (Tabla 9.1, Figura 5.5 pág. 101), cuatro fueron recolectados en la provincia de Jujuy entre 1963 y 1968, y las otras cuatro en la provincia de Catamarca en 1977, clasificados por el Banco de Germoplasma (INTA) como: pisingallo (R-01), cristalino colorado (R-32), perlita (R-33), calchaquí (R-34), complejo tropical (R-35), dentado amarillo colorado (R-36), chullpi (R-02) y capia (R-04). A su vez fueron clasificados por la textura dominante de su endosperma en los siguientes grupos: córneo, córneo-harinoso, dentado, dextrinoso y harinoso (Abiusso y Cámara Hernández, 1974; Molestina, 1987; Oliszewski, 2008). Se eligieron al azar cuatro cariopsis por raza y se analizaron en total 800 gránulos procedentes de 32 cariopsis de maíces nativos actuales.

La extracción y montaje de las muestras, y los procedimientos de observación al microscopio y de procesamiento y análisis posterior de las imágenes fueron detallados en el Capítulo 6.

Raza de maíz	Código Banco Germoplasma	Procedencia	Altitud (msnm)	Textura endosperma	Color cariopsis	Tamaño Cariopsis	Sigla raza-cariopsis
Pisingallo (R-01)	ARZM9043	Chicapa, Tilcara, Jujuy	2500	Córneo	amarillo intenso	pequeño	Pg-02 Pg-03 Pg-17 Pg-18
Cristalino colorado (R-32)	ARZM12082	La Ciénaga, Tinogasta, Catamarca	1160	Córneo	amarillo intenso	mediano	Cr-33 Cr-34 Cr-35 Cr-36
Perlita (R-33)	ARZM12264	La Higuera, Paclín, Catamarca	1930	Córneo-harinoso	amarillo pálido	mediano	Pe-19 Pe-20 Pe-23 Pe-24
Calchaquí (R-34)	ARZM12055	Belén, Belén, Catamarca	1240	Córneo-harinoso	amarillo pálido	mediano	Cch-29 Cch-30 Cch-31 Cch-32
Complejo tropical (R-35)	ARZM12111	Hualfín, Belén, Catamarca	1140	Córneo-harinoso	blanco	mediano	Cj-21 Cj-22 Cj-25 Cj-26
Dentado amarillo colorado (R-36)	ARZM12001	Fiambalá, Tinogasta, Catamarca	1470	Dentado	amarillo y rojo	mediano	Dt-04 Dt-05 Dt-27 Dt-28
Chullpi (R-02)	ARZM09421	Tilcara, Tilcara, Jujuy	2500	Dextrinoso	amarillo intenso	Grande	Ch-10 Ch-11 Ch-12 Ch-13
Capia (R-04)	ARZM09370	Maimará, Tilcara, Jujuy	2400	Harinoso	blanco	Grande	Cp-09 Cp-14 Cp-15 Cp-16

Tabla 9.1. Composición de la muestra de maíces nativos analizada. Los tamaños de las cariopsis fueron categorizados según su medida longitudinal: grande (2 a 1,5 cm), (1,5 a 1 cm) y pequeño (1 a 0,5 cm).

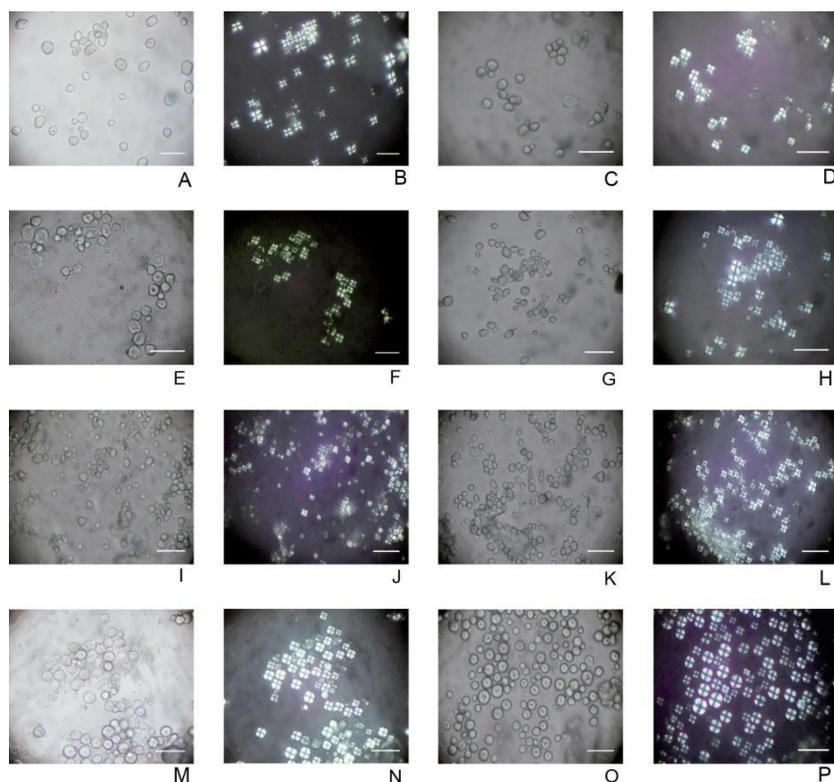


Figura 9.1. Fotomicrografías tomadas a 400 aumentos con luz normal y polarizada: A, pisingallo luz normal; B, pisingallo luz polarizada; C, cristalino colorado luz normal; D, cristalino colorado luz polarizada; E, perlita luz normal; F, perlita luz polarizada; G, calchaquí luz normal; H, calchaquí luz polarizada; I, complejo tropical luz normal; J, complejo tropical luz polarizada; K, dentado amarillo colorado luz normal; L, dentado amarillo colorado luz polarizada; M, chullpi luz normal; N, chullpi luz polarizada; O, capia luz normal; P, capia luz polarizada. Las barras de escala representan 50 μm .

Se registraron 11 variables y sus estados, 37 en total, para los 800 gránulos de las ocho razas de maíz nativo actual estudiadas (Tabla 9.3). Como se analizaron 100 gránulos por raza, las frecuencias fueron equivalentes a los porcentajes en que se presenta cada estado de variable. Cada uno de los nombres de dichos 37 estados fue abreviado con una sigla (A-AK). De las 11 variables consideradas sólo una fue continua (diámetro máximo del gránulo), pudiéndose calcular la media, la desviación estándar, mínimos y máximos, asimetría, curtosis y coeficiente de variación. Las restantes variables presentaron estados cualitativos por lo cual se utilizaron pruebas no paramétricas que fueron útiles para determinar si los valores de una variable particular diferían o no entre dos o más grupos. Se usó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (K-W)

porque no asume parámetros tales como la igualdad de las medias o las varianzas, como así tampoco requiere una forma normal de distribución de los datos. Para ello, las frecuencias de los estados de cada una de las variables registradas en los 32 cariopsis fueron asignadas a un "ranking" en función de su abundancia relativa, considerándose el rango consignado en la Tabla 9.2. Igual criterio se aplicó a la única variable cuantitativa (diámetro máximo) para unificar el tratamiento numérico de los datos en todas las variables. De esta manera, se generó un rango jerárquico de abundancia relativa para los 37 estados que caracterizan cada cariopsis, oscilando los valores entre uno (cuando no hay registro del estado) y siete (cuando el estado es mayor a 25 registros). Esto permitió la creación de una matriz compuesta por 32 filas (cariopsis) y 37 columnas (los estados de cada variable). La H_0 sostuvo que los cariopsis pertenecen a la misma población de maíces, considerando cada uno de los estados que toman las variables del análisis (para consultar variables y estados ver Tabla 9.3). La hipótesis alternativa fue la contraria. De esta manera, la abundancia relativa, rankeada, de cada estado de las variables fue contrastada contra dos niveles de agrupación: (a) razas de maíces (8 grupos) y (b) la clasificación por textura del endosperma (5 grupos). Se determinó como nivel de significación $p=0,05$.

Rango de abundancia relativa de los estados de registro de cada variable	Orden del rango jerárquico
0 (sin registro)	1
≥ 1 a ≤ 5	2
> 5 a ≤ 10	3
> 10 a ≤ 15	4
> 15 a ≤ 20	5
> 20 a ≤ 25	6
> 25	7

Tabla 9.2. Transformación de los estados de las variables cualitativas a escala ordinal. Generación de un "ranking" de abundancia relativa de los estados de registro para cada variable al nivel del cariopsis (N=32).

La prueba no paramétrica de K-W permitió identificar aquellos estados de variables que diferenciaban a los maíces a uno y otro nivel de agrupación considerado. Esos estados fueron seleccionados como nuevas variables para analizarlas a través de un tratamiento numérico multivariado al nivel del gránulo (N = 800). Primero se realizó un Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM), ya que esta técnica permite analizar la relación existente entre variables categóricas, como así también conocer la forma en que está estructurada esa relación. Para cada gránulo se registró la presencia o ausencia de las nuevas variables seleccionadas. Luego, sobre la base de los ejes dimensionales obtenidos por ACM, se realizó un Análisis Discriminante (AD) para corregir la conformación de los grupos mediante la distancia de Mahalanobis. Esta es una medida de distancia y su utilidad radica en que es una forma de determinar la similitud entre dos variables aleatorias multi-dimensionales (Muñoz Salas, 1998; Portillo y Salas, 2008). Además, el AD contiene en las primeras funciones discriminantes la expresión de las mayores cargas de cada variable. De esta manera, cada caso es asignado a un grupo pronosticado con una probabilidad determinada de pertenencia.

Las características morfológicas y métricas de los gránulos de almidón de cada raza de maíz pueden observarse en la Figura 9.1. En la Tabla 9.3 se presenta el registro de los estados de las variables de los gránulos en las cariopsis de cada raza analizada. De la Tabla 9.3 se desprenden las siguientes observaciones:

Pisingallo (R-01). El conjunto de almidones de la raza pisingallo presentó un tamaño promedio de 12,14 μm y el rango entre 6-9 μm fue el más poblado. Las morfologías fueron mayormente circulares (71 %), con menor incidencia de ovaladas (14 %), y gránulos con caras rectas o facetados (10 %), campanuliformes (4 %) e irregulares (1 %). Los hilios fueron por lo general puntiformes (60 %) y en posición central o subcentral (70 %). En menor proporción se encontraron ejemplares con hilios no visibles (32 %) y filiformes (8 %) y ausencia total de trífidos. Sólo un 2 % de los gránulos presentaron anillos de crecimiento y un 9 % estrías radiales, mientras que el 76 % tuvo

bordes simples. En cuanto a los rasgos de la cruz de polarización, un 66 % presentó brazos rectos y un 28 % curvos, mayormente posicionados en ángulo recto (85 %) y de espesor intermedio (60 %) o delgado (34 %). El brillo de la cruz de polarización fue en mayor proporción mayormente moderado (62 %) a suave (32 %).

Cristalino colorado (R-32). El conjunto de almidones de la raza cristalino colorado presentó un tamaño promedio de 12,87 μm y el rango entre 9-12 μm fue el más poblado. Las morfologías fueron mayormente circulares (50 %) con menor incidencia de gránulos con una o dos caras rectas (28 %) ovalados (11 %), poliédricos (8 %) e irregulares (3 %). Los hilios fueron por lo general puntiformes (50 %) y en posición central o subcentral (82 %). En menor proporción se encontraron ejemplares con hilios filiformes (34 %), no visibles (14 %) y trífidos (2 %). No se presentaron anillos de crecimiento y un 11 % tuvo estrías radiales, mientras que el 71 % tuvo bordes simples. En cuanto a los rasgos de la cruz de polarización, un 76 % presentó brazos rectos, 13 % quebrados y 11 % curvos, mayormente posicionados en ángulo recto (92 %) y de espesor intermedio (58 %) o delgado (32 %). El brillo de la cruz polarización fue mayormente moderado (68 %) aunque en iguales proporciones apareció suave (19 %) y fuerte (19 %).

Perlita (R-33). El conjunto de almidones de la raza perlita presentó un tamaño promedio de 13,04 μm y el rango entre 9-12 μm fue el más poblado. Las morfologías fueron mayormente circulares (52 %) con menor incidencia de gránulos ovalados (28 %), poliédricos (9 %), con caras rectas (8 %) irregulares (2 %) y campanuliformes (1 %). Los hilios más frecuentes fueron puntiformes (59 %), filiformes (27 %), no visibles (13 %) y trífidos (1 %). Se encontraron mayormente en posición central o subcentral (82 %) con menor proporción de casos con hilios excéntricos (36 %). No se presentaron anillos de crecimiento y un 6 % tuvo estrías radiales. Los bordes dobles representaron el 45 % y los simples el 55 %. En cuanto a los rasgos de la cruz de polarización, un 57 % presentó brazos rectos, 29 % curvos y 14 % quebrados, mayormente posicionados en ángulo recto (86 %) y de espesor intermedio (58 %) o delgado (32 %). El brillo de la cruz

polarización fue mayormente moderado (68 %) mientras que un 22 % presentó brillo fuerte.

Calchaquí (R-34). El conjunto de almidones de la raza calchaquí presentó un tamaño promedio de 12,66 μm , siendo el rango entre 9-12 μm el más poblado. Las morfologías fueron mayormente circulares (53 %) con menor incidencia de gránulos ovalados (17 %), con caras rectas (15 %), irregulares (12 %), campanuliformes (2 %) y poliédricos (1 %). Los hilios más representados fueron los puntiformes (64 %), seguidos por los no visibles (20 %) y los filiformes (16 %). Se ubicaron mayormente en posición central o subcentral (77 %) con menor proporción de casos con hilios excéntricos (23 %). Se presentaron 10 % de casos con anillos de crecimiento y un 7 % tuvo estrías radiales. Los bordes dobles representaron el 35 % y los simples el 65 % de los casos. En cuanto a los rasgos de la cruz de polarización, un 64 % presentó brazos rectos, 18 % curvos y otro 18 % quebrados, mayormente posicionados en ángulo recto (91 %) y de espesor intermedio (58 %) o delgado (36 %). El brillo de la cruz polarización fue mayormente moderado (64 %) a suave (21 %) mientras que un (15 %) presentó brillo fuerte.

Complejo tropical (R-35). El conjunto de almidones de la raza complejo tropical presentó un tamaño promedio de 11,36 μm y el rango entre 9-12 μm fue el más poblado. Las morfologías fueron mayormente circulares (56 %) con menor incidencia de gránulos con caras rectas (25 %), ovalados (15 %), poliédricos (2 %), irregulares (1 %) y campanuliformes (1 %). Dominaron los hilios puntiformes (79 %), seguidos por los filiformes (12 %) y los no visibles (9 %) y la ausencia total de trífidos. Adquirieron mayormente posición central o subcentral (63 %) con menor proporción de casos con hilios excéntricos (37 %). Se presentaron 4 % de casos con anillos de crecimiento y un 11 % tuvo estrías radiales. Los bordes dobles representaron el 63 % y los simples el 37 % de los casos. En cuanto a los rasgos de la cruz de polarización, un 79 % presentó brazos rectos, 12 % curvos y 9 % quebrados, mayormente posicionados en ángulo recto (93 %) y de espesor intermedio (74 %) o delgado (17 %). El brillo de la cruz polarización fue mayormente moderado (74 %) y en menor proporción suave (23 %).

Dentado amarillo-colorado (R-36). El conjunto de almidones de la raza dentado amarillo-colorado presentó un tamaño promedio de tamaño de 14,66 μm , estableciéndose en los rangos 9-12 μm (26 %), 12-15 (22 %) y 15-18 (19 %) los más representados. Las morfologías más abundantes fueron circulares (48 %) con menor incidencia de gránulos ovalados (19 %), con caras rectas (14 %), irregulares (14 %) y poliédricos (5 %). Los hilios que adquirieron el estado puntiforme mostraron un 52 %, seguidos por los no visibles (25 %), filiformes (22 %) y trífidos (1 %). Todos se encontraron mayormente en posición central o subcentral (74 %) con menor proporción de casos con hilios excéntricos (26 %). Se presentaron 3 % de casos con anillos de crecimiento y un 5 % tuvo estrías radiales. Los bordes dobles representaron el 51 % y los simples el 49 % de los casos. En cuanto a los rasgos de la cruz de polarización, un 76 % presentó brazos rectos, 14 % curvos y 9 % quebrados 1 % de curvos y quebrados, mayormente posicionados en ángulo recto (97 %) y de espesores intermedios (52 %) o delgados (36 %). El brillo de la cruz polarización fue mayormente moderado (57 %) a fuerte (27 %).

Chullpi (R-02). El conjunto de almidones de la raza chullpi presentó un tamaño promedio de 16,47 μm y los rangos rango de tamaño más poblados fueron los de 15-18 μm (33 %) y 18-21 μm (24 %). Las morfologías fueron mayormente circulares (86 %) con menor incidencia de gránulos ovalados (5 %), con caras rectas (5 %), campanuliformes (2 %), irregulares (1 %) y poliédricos (1 %). Los hilios más frecuentes fueron los filiformes (46 %), no visibles (33 %), puntiformes (27 %) y trífidos (6 %). Se encontraron mayormente en posición central o subcentral (78 %) con menor proporción de casos con hilios excéntricos (22 %). Se presentaron 6 % de casos con anillos de crecimiento y ninguno tuvo estrías radiales. Los bordes dobles representaron el 54 % y los simples el 46 % de los casos. En cuanto a los rasgos de la cruz de polarización, 65 % presentó brazos rectos, 28 % curvos, 6 % quebrados y 1 % curvos y quebrados, mayormente posicionados en ángulo recto (84 %) y de espesor intermedio

(51 %) o delgado (46 %). El brillo de la cruz polarización fue moderado (47 %) a fuerte (47 %).

Capia (R-04). El conjunto de almidones de la raza capia presentó un tamaño promedio de 16,47 μm y los rangos de tamaño más importantes fueron los de 15-18 μm (44 %) y 18-21 μm (23 %). Se destacaron las morfologías circulares (81 %) con menor incidencia de gránulos con caras rectas (9 %), poliédricos (4 %), irregulares (3 %), campanuliformes (2 %) y ovalados (1 %). Dominaron los hilios que adquirieron los estados puntiforme (53 %), no visible (25 %), filiforme (21 %) y trífido (1 %), especialmente en posición central o subcentral (85 %) y en menor proporción hilios excéntricos (15 %). Se presentaron 9 % de casos con anillos de crecimiento y un 74 % de estrías radiales. Los bordes dobles representaron el 39 % y los simples el 61 % de los casos. En cuanto a los rasgos de la cruz de polarización, 81 % presentó brazos rectos, 17 % curvos y 2 % quebrados, mayormente posicionados en ángulo recto (92 %) y de espesor intermedio (68 %) o delgado (31 %). El brillo de la cruz polarización fue mayormente moderado (62 %) a fuerte (32 %).

Raza de maíz	Sigla	Cantidad de gránulos	Diámetro máximo (µm) (variable cuantitativa y rango)							Morfología del gránulo						Forma y visibilidad del hilio				Posi- ción. hilio	
			menor 6							mayor 21											
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
Pisingallo	Pg-02	30	0	12	11	6	1	0	0	0	27	1	1	0	1	20	1	0	9	24	6
	Pg-03	20	0	0	2	1	3	4	10	0	9	6	3	0	2	8	4	0	8	13	7
	Pg-17	25	0	7	7	6	5	0	0	1	16	2	5	0	1	14	2	0	9	16	9
	Pg-18	25	10	13	2	0	0	0	0	0	19	5	1	0	0	18	1	0	6	17	8
		100	10	32	22	13	9	4	10	1	71	14	10	0	4	60	8	0	32	70	30
Cristalino	Cr-33	25	0	0	4	12	5	4	0	0	9	4	8	4	0	13	9	1	2	24	1
	Cr-34	25	0	0	8	7	9	0	1	1	11	1	11	1	0	8	12	1	4	11	14
	Cr-35	25	0	10	6	6	3	0	0	0	17	3	2	3	0	16	7	0	2	25	0
	Cr-36	25	0	2	16	4	2	1	0	2	13	3	7	0	0	13	6	0	6	22	3
		100	0	12	34	29	19	5	1	3	50	11	28	8	0	50	34	2	14	82	18
Perlita	Pe-19	25	1	0	6	4	11	2	1	2	17	1	1	4	0	10	12	1	2	23	2
	Pe-20	25	0	2	1	8	8	5	1	0	15	2	4	4	0	9	11	0	5	24	1
	Pe-23	25	0	4	11	7	2	1	0	0	5	15	3	1	1	18	4	0	3	9	16
	Pe-24	25	0	3	17	5	0	0	0	0	15	10	0	0	0	22	0	0	3	8	17
		100	1	9	35	24	21	8	2	2	52	28	8	9	1	59	27	1	13	64	36
Calchaquí	Cch-29	25	0	4	7	4	7	3	0	5	13	5	2	0	0	14	7	0	4	18	7
	Cch-30	25	0	2	5	13	3	2	0	4	15	2	2	0	2	15	3	0	7	18	7
	Cch-31	25	0	3	16	5	1	0	0	2	9	5	9	0	0	18	2	0	5	18	7
	Cch-32	25	1	4	7	4	4	5	0	1	16	5	2	1	0	17	4	0	4	23	2
		100	1	13	35	26	15	10	0	12	53	17	15	1	2	64	16	0	20	77	23
Complejo	Cj-21	25	1	7	12	4	1	0	0	0	15	6	3	0	1	18	2	0	5	11	14
	Cj-22	25	0	1	9	10	3	2	0	1	10	5	7	2	0	17	6	0	2	18	7
	Cj-25	25	1	6	9	8	1	0	0	0	12	3	10	0	0	19	4	0	2	13	12
	Cj-26	25	0	3	15	6	1	0	0	0	19	1	5	0	0	25	0	0	0	21	4
		100	2	17	45	28	6	2	0	1	56	15	25	2	1	79	12	0	9	63	37
Dentado	Dt-04	25	0	1	2	1	5	5	11	7	7	4	3	4	0	12	5	1	7	17	8
	Dt-05	25	2	5	6	4	4	4	0	3	11	7	4	0	0	12	3	0	10	19	6
	Dt-27	25	0	0	3	9	9	3	1	1	14	5	4	1	0	14	8	0	3	18	7
	Dt-28	25	1	0	15	8	1	0	0	3	16	3	3	0	0	14	6	0	5	20	5
		100	3	6	26	22	19	12	12	14	48	19	14	5	0	52	22	1	25	74	26
Chullpi	Ch-10	25	2	2	3	7	9	2	0	1	19	3	1	1	0	7	9	0	9	20	5
	Ch-11	25	0	1	2	3	6	9	4	0	23	0	0	0	2	3	7	0	15	20	5
	Ch-12	25	0	1	1	4	9	8	2	0	23	1	1	0	0	8	11	0	6	19	6
	Ch-13	25	0	0	0	5	9	5	6	0	21	1	3	0	0	9	13	0	3	19	6
		100	2	4	6	19	33	24	12	1	86	5	5	1	2	27	40	0	33	78	22
Capia	Cp-9	25	0	0	3	6	7	6	3	2	23	0	0	0	0	8	10	1	6	24	1
	Cp-14	25	0	0	1	3	10	8	3	0	21	0	2	2	0	16	0	0	9	25	0
	Cp-15	25	0	0	2	7	12	4	0	0	21	0	3	0	1	17	3	0	5	19	6
	Cp-16	25	0	0	0	5	15	5	0	1	16	1	4	2	1	12	8	0	5	17	8
		100	0	0	6	21	44	23	6	3	81	1	9	4	2	53	21	1	25	85	15

Tbla 9.3. Registro de variables de los gránulos de almidón por cariopsis de cada una de las razas de maíz analizadas.

Raza de maíz	Raza-carriopsis	Cantidad de gránulos	Anillo		Borde		Estrías		Morfología brazos cruz polarizada				Ángulo cruz polarizada		Espesor brazos cruz polarizada			Brillo		
			ausencia	Presencia	Simple	Doble	ausencia	presencia	Rectos	curvos	Quebrados	curvos y quebrados	recto	agudo	delgados	intermedios	Gruesos	Suave	moderado	Fuerte
			T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK
Pisingallo	Pg-02	30	2	2	2	2	3	0	24	5	1	0	29	1	2	27	1	13	15	2
	Pg-03	20	2	0	8	1	1	8	10	7	2	1	20	0	2	17	1	3	16	1
	Pg-17	25	2	0	2	5	2	1	17	6	1	1	19	6	16	7	2	8	14	3
	Pg-18	25	2	0	2	5	2	0	15	10	0	0	17	8	14	9	2	8	17	0
		100	9	2	7	2	9	9	66	28	4	2	85	15	34	60	6	32	62	6
Cristalino	Cr-33	25	2	0	2	2	2	0	13	7	5	0	21	4	8	14	3	1	19	5
	Cr-34	25	2	0	1	1	2	0	18	3	4	0	24	1	12	12	1	2	22	1
	Cr-35	25	2	0	1	8	2	5	23	0	2	0	23	2	8	15	2	3	17	5
	Cr-36	25	2	0	1	7	1	6	22	1	2	0	24	1	4	17	4	13	10	2
		100	1	0	7	2	8	11	76	11	13	0	92	8	32	58	10	19	68	13
Perlita	Pe-19	25	2	0	1	1	1	6	17	6	2	0	21	4	19	6	0	0	14	11
	Pe-20	25	2	0	1	1	2	0	21	2	2	0	22	3	12	12	1	0	14	11
	Pe-23	25	2	0	2	3	2	0	9	12	4	0	20	5	8	14	3	9	16	0
	Pe-24	25	2	0	8	1	2	0	10	9	6	0	23	2	14	11	0	1	24	0
		100	1	0	5	4	9	6	57	29	14	0	86	14	53	43	4	10	68	22
Calchaquí	Cch-29	25	2	1	2	3	2	1	13	5	7	0	23	2	15	10	0	3	10	12
	Cch-30	25	2	1	1	1	2	1	17	4	4	0	22	3	10	12	3	5	19	1
	Cch-31	25	2	5	1	1	2	5	20	2	3	0	24	1	3	19	3	9	16	0
	Cch-32	25	2	3	1	1	2	0	14	7	4	0	22	3	8	17	0	4	19	2
		100	9	1	6	3	9	7	64	18	18	0	91	9	36	58	6	21	64	15
Complejo	Cj-21	25	2	1	3	2	2	0	24	1	0	0	24	1	0	24	1	4	20	1
	Cj-22	25	2	0	1	1	1	7	17	3	5	0	21	4	10	13	2	3	20	2
	Cj-25	25	2	0	1	8	2	3	18	4	3	0	23	2	5	20	0	6	19	0
	Cj-26	25	2	3	7	1	2	1	20	4	1	0	25	0	2	17	6	10	15	0
		100	9	4	3	6	8	11	79	12	9	0	93	7	17	74	9	23	74	3
Dentado	Dt-04	25	2	3	1	6	2	3	11	10	4	0	25	0	18	7	0	0	6	19
	Dt-05	25	2	0	1	9	2	0	19	3	2	1	23	2	3	16	6	5	14	6
	Dt-27	25	2	0	1	1	2	2	24	0	1	0	24	1	12	9	4	4	20	1
	Dt-28	25	2	0	2	2	2	0	22	1	2	0	25	0	3	20	2	7	17	1
		100	9	3	4	5	9	5	76	14	9	1	97	3	36	52	12	16	57	27
Chullpi	Ch-10	25	1	6	9	1	2	0	17	6	1	1	25	0	6	12	7	3	17	5
	Ch-11	25	2	0	5	2	2	0	18	6	1	0	20	5	15	10	0	2	8	15
	Ch-12	25	2	0	1	1	2	0	16	7	2	0	19	6	8	16	1	1	15	9
	Ch-13	25	2	0	2	4	2	0	14	9	2	0	20	5	11	13	1	0	7	18
		100	9	6	4	5	1	0	65	28	6	1	84	16	40	51	9	6	47	47
Capia	Cp-9	25	2	0	2	5	2	23	24	1	0	0	25	0	0	25	0	0	3	22
	Cp-14	25	2	2	2	3	3	22	25	0	0	0	25	0	5	20	0	4	21	0
	Cp-15	25	2	4	9	1	9	16	20	5	0	0	21	4	14	11	0	0	19	6
	Cp-16	25	2	3	1	1	1	13	12	11	2	0	21	4	12	12	1	2	19	4
		100	9	9	6	3	2	74	81	17	2	0	92	8	31	68	1	6	62	32

Tabla 9.3. Continuada.

En la Tabla 9.4 se presenta la estadística descriptiva de la variable diámetro máximo del gránulo para cada una de las cariopsis, consignando la cantidad gránulos, la media, la desviación estándar, el máximo y el mínimo, la asimetría, la curtosis y el coeficiente de variación. Se observó que en general los coeficientes de variación fueron altos dando cuenta de una alta variabilidad de tamaños de gránulos al interior de cada cariopsis. Por lo tanto, se optó por considerar que la distribución de los datos no es normal y se analizó su comportamiento mediante la aplicación de test no paramétricos, al igual que en los casos de las variables cualitativas.

Se realizó la prueba no paramétrica de K-W considerando como variable a contrastar a cada uno de los estados de las variables (A-AK en Tabla 9.3) y la variable de agrupación fue seleccionada tanto al nivel de raza (Tabla 9.5) como de la textura del endosperma (Tabla 9.6). Pudo observarse que la mayoría de los estados no rechazaron la hipótesis nula del test K-W a ninguno de los dos niveles de agrupación considerados. La excepción a lo dicho fueron los estados que se expresan en la Tabla 9.7.

Grano	N	Media	s	Mínimo	Máximo	Asimetría	Curtosis	CV (%)
Pg-02	30	10,11	2,54	6,23	16,85	0,60	0,22	25,11
Pg-03	20	20,54	5,18	10,78	27,79	-0,50	-0,83	25,20
Pg-17	25	11,49	3,42	6,08	17,14	0,03	-1,11	29,77
Pg-18	25	6,43	1,54	3,65	9,53	0,24	-0,54	23,88
Cr-33	25	14,80	2,52	10,16	19,08	-0,11	-0,26	17,02
Cr-34	25	13,96	2,76	10,10	21,09	0,61	0,05	19,76
Cr-35	25	10,81	3,26	6,36	17,82	0,41	-0,56	30,15
Cr-36	25	11,91	3,01	6,93	20,56	1,27	1,90	25,30
Pe-19	25	14,26	3,54	5,44	21,66	-0,44	0,56	24,82
Pe-20	25	15,43	3,85	8,20	27,19	0,83	2,70	24,93
Pe-23	25	11,74	2,91	6,39	18,26	0,34	0,48	24,78
Pe-24	25	10,73	1,40	8,12	13,21	-0,10	-0,94	13,04
Cch-29	25	13,50	3,76	7,93	20,73	0,27	-0,85	27,81
Cch-30	25	13,25	2,90	6,82	18,87	-0,21	0,03	21,93
Cch-31	25	10,89	2,03	7,86	16,16	0,85	0,77	18,60
Cch-32	25	13,00	4,36	5,23	20,24	0,31	-0,86	33,57
Cj-21	25	10,11	2,51	5,55	15,18	0,13	-0,72	24,82
Cj-22	25	13,14	2,76	8,48	19,61	0,86	0,80	21,01
Cj-25	25	10,85	2,60	4,52	15,93	-0,61	0,27	24,00
Cj-26	25	11,35	2,24	7,05	15,95	0,11	-0,09	19,75
Dt-04	25	19,48	4,98	8,53	27,81	-0,53	-0,08	25,57
Dt-05	25	12,53	4,92	4,73	20,91	0,33	-0,79	39,26
Dt-27	25	15,14	2,92	10,07	21,14	0,31	-0,30	19,28
Dt-28	25	11,48	2,12	5,61	16,23	-0,31	1,69	18,46
Ch-10	25	13,77	3,63	4,54	19,55	-0,79	0,42	26,38
Ch-11	25	17,31	3,91	8,36	22,17	-0,92	0,03	22,56
Ch-12	25	16,85	3,40	8,24	23,25	-0,67	0,69	20,17
Ch-13	25	17,97	3,06	12,48	24,03	0,16	-0,61	17,05
Cp-09	25	16,33	1,94	12,46	19,83	-0,21	0,00	11,85
Cp-14	25	16,39	3,70	10,15	23,07	-0,06	-0,93	22,59
Cp-15	25	17,70	3,15	11,43	24,10	0,15	-0,19	17,80
Cp-16	25	15,46	2,53	10,04	19,50	-0,51	-0,46	16,39

Tabla 9.4. Estadística descriptiva de la variable diámetro máximo del gránulo de las cariopsis de las razas de maíz. Medidas en μm . Referencias de siglas en la Tabla 1. CV: coeficiente de variación.

Variable	Estado de contraste	Chi-cuadrado	Significancia
Rango diámetro	A_RK	4,88	0,68
	B_RK	13,34	0,06
	C_RK	13,88	0,05
	D_RK	3,58	0,83
	E_RK	16,46	0,02
	F_RK	14,81	0,04
	G_RK	8,14	0,32
Morfología	H_RK	12,63	0,08
	I_RK	15,64	0,03
	J_RK	14,57	0,04
	K_RK	14,66	0,04
	L_RK	7,91	0,34
	M_RK	8,24	0,31
Forma y visibilidad hilio	N_RK	13,37	0,06
	O_RK	12,28	0,09
	P_RK	7,12	0,42
	Q_RK	14,70	0,04
Posición hilio	R_RK	4,15	0,76
	S_RK	5,10	0,65
Anillos	T_RK	3,05	0,88
	U_RK	13,10	0,07
Bordes	V_RK	5,45	0,60
	W_RK	7,81	0,35
Estrías	X_RK	16,02	0,02
	Y_RK	15,40	0,03
Morfología brazos cruz	Z_RK	4,98	0,66
	AA_RK	11,09	0,13
	AB_RK	14,24	0,047
	AC_RK	8,47	0,29
Ángulo cruz	AD_RK	12,03	0,10
	AE_RK	6,39	0,49
Espesor brazos cruz	AF_RK	7,36	0,39
	AG_RK	5,14	0,64
	AH_RK	7,64	0,37
Brillo	AI_RK	10,66	0,15
	AJ_RK	3,76	0,81
	AK_RK	8,10	0,32

Tabla 9.5. Resultados del test Kruskal Wallis de los estados registrados en las 32 cariopsis de maíces analizados. Nivel de agrupamiento por razas de maíces (7 grados de libertad). Se resaltan en gris los estados que rechazan la H_0 del test. En la columna estado de contraste se consignan los estados de las variables (Tabla 9.3) en función del rango jerárquico de abundancia relativa (Tabla 9.2).

Variable	Estado de contraste	Chi- cuadrado	Significancia asintótica
Rango diámetro	A_RK	3,12	0,54
	B_RK	9,22	0,06
	C_RK	13,23	0,01
	D_RK	1,15	0,89
	E_RK	14,54	0,01
	F_RK	12,63	0,01
	G_RK	5,83	0,21
Morfología	H_RK	6,89	0,14
	I_RK	14,26	0,01
	J_RK	12,18	0,02
	K_RK	6,11	0,19
	L_RK	0,71	0,95
	M_RK	2,85	0,58
Forma-visibilidad hilio	N_RK	10,71	0,03
	O_RK	5,93	0,20
	P_RK	2,22	0,70
	Q_RK	9,84	0,04
Posición hilio	R_RK	2,32	0,68
	S_RK	2,61	0,62
Anillos	T_RK	1,66	0,80
	U_RK	5,00	0,29
Bordes	V_RK	3,52	0,47
	W_RK	4,82	0,31
Estrías	X_RK	15,18	0,00
	Y_RK	14,39	0,01
Morfología brazos en la cruz de polarización	Z_RK	1,95	0,74
	AA_RK	4,88	0,30
	AB_RK	10,58	0,03
	AC_RK	3,90	0,42
Ángulo cruz	AD_RK	8,34	0,08
	AE_RK	5,56	0,23
Espesor brazos en la cruz de polarización	AF_RK	0,94	0,92
	AG_RK	1,45	0,84
	AH_RK	6,02	0,20
Brillo	AI_RK	7,52	0,11
	AJ_RK	3,32	0,51
	AK_RK	6,65	0,16

Tabla 9.6. Resultados del test de Kruskal Wallis de los estados registrados en las 32 cariopsis de maíces estudiados. Nivel de agrupamiento por textura del endosperma (grados de libertad 4). Se resaltan en gris los estados que rechazan la H_0 del test. En la columna estado de contraste se consignan los estados de las variables (Tabla 9.3) en función del rango jerárquico de abundancia relativa (Tabla 9.2).

Variable	Estado de contraste	Nombre del estado	Agrupamiento por raza (Tabla 9.5)	Agrupamiento por textura de endosperma (Tabla 9.6)
Rango de diámetro máximo	C	9-12 μm	X	X
	E	15-18 μm	X	X
	F	18-21 μm	X	X
Morfología	I	Circular	X	X
	J	Ovalado	X	X
	K	Con cara recta	X	
Forma hilio	N	Visible		X
	Q	No visible	X	X
Estrías	X	Ausencia	X	X
	Y	Presencia	X	X
Morfología brazos	AB	Quebrados	X	X

Tabla 9.7. Resumen de los estados de las variables que rechazan la H_0 del test de Kruskal Wallis e indican que los cariopsis de maíz ($N = 32$) pertenecen a poblaciones diferentes.

En resumen, el test de K-W mediante el cruce de un estado con los criterios de agrupación seleccionados indicó que en el agrupamiento por raza de maíz sólo 10 sobre los 37 estados registrados dieron cuenta de la diferenciación entre razas nativas. Cuando usamos el segundo agrupamiento, clasificación general por textura del endosperma, otros 10 estados cumplieron esa condición. Además, se observó que los estados morfología con cara recta, hilio visible puntiforme y brazos de la cruz de polarización quebrados difieren según el tipo de agrupamiento elegido (Tabla 9.7). Por lo tanto, los 11 estados que dan cuenta de diferencias en la población de maíces, independiente del nivel de agrupamiento seleccionado, fueron considerados para la realización de la estadística multivariada siguiendo el procedimiento expresado en el acápite de materiales y métodos.

El ACM generó 10 ejes dimensionales, de los cuales los primeros 6 explicaron el 81,2 % de la varianza total, ubicándose las variables en forma diferencial dentro del espacio dimensional. El porcentaje de la varianza explicada se distribuyó de la siguiente manera: Eje 1 (17,206 %), Eje 2 (14,723 %), Eje 3 (13,667 %), Eje 4 (12,917 %), Eje 5 (12,651 %), Eje 6 (10,028 %), Eje 7 (9,878 %), Eje 8 (5,446 %), Eje 9 (2,514 %), Eje 10 (0,969 %). En la figura 9.3 se graficaron los primeros dos ejes, cuyas puntuaciones para

cada variable fueron: C (-0,61856, 0,010742); E (0,92675, 0,49513); F (0,42183, -1,1997); I (0,29663, -0,27099); J (-1,0238, -0,67563); K (-0,42083, 1,9483); N (-0,26007, 0,28347); Q (0,39179, -0,85461); X (-0,32911, -0,06752); Y (1,9672, 0,4424); AB (-0,25596, -0,25596). Luego, sobre la base de los ejes dimensionales del ACM se realizó un AD para corregir la conformación de los grupos mediante la distancia de Mahalanobis (figura 9.2).

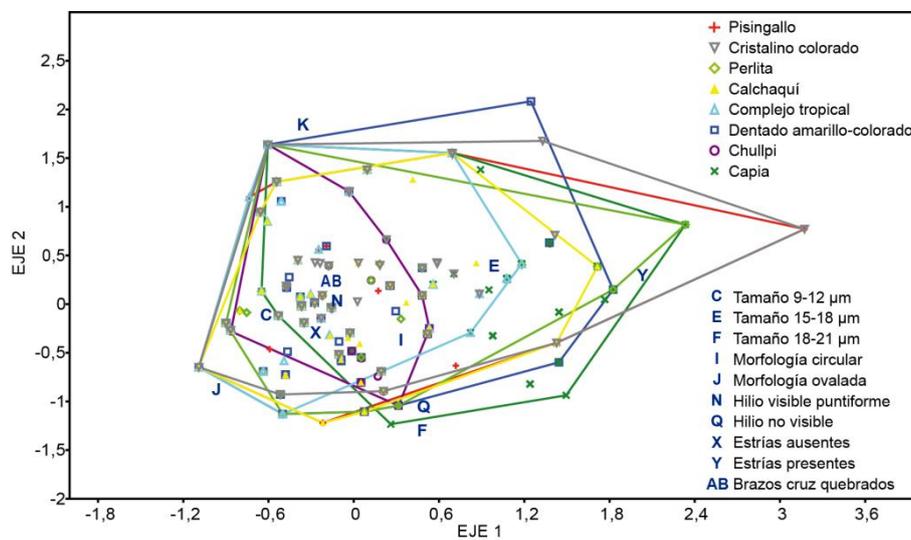


Figura 9.2. Ubicación de las variables analizadas dentro del espacio dimensional. Tamaño de muestra N=800.

El análisis multivariado indica que, a nivel de clasificación por raza, ninguna presenta características distintivas que permitan discriminarlas en grupos exclusivos (Tabla 9.8 y figura 9.3). La situación ideal de una identificación excluyente es que el 100 % de los casos de una raza sean clasificados dentro del grupo discriminante correspondiente a la misma. Esta situación no se encontró en nuestro estudio, pero existieron algunas tendencias que resultan relevantes. El caso más auspicioso fue el de la raza capia cuya probabilidad de correcta clasificación fue del 74 %. Para chullpi esta probabilidad descendió al 71 % y para el resto de las razas osciló entre el 40 % y el 2 %.

Raza	Grupo pronosticado (N=800)								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Pisingallo	40	1	8	20	10	12	1	8	100
Dentado	14	8	5	29	12	18	0	14	100
Capia	4	1	74	14	0	3	0	4	100
Chullpi	13	3	0	71	5	4	1	3	100
Perlita	13	6	6	22	25	21	1	6	100
Complejo	21	2	11	6	13	32	1	14	100
Calchaquí	22	2	5	21	19	21	2	8	100
Cristalino	22	2	5	21	19	21	2	8	100
Total	141	27	119	199	96	136	7	75	800

Tabla 9.8. Asignación de Grupos pronosticados para cada raza de maíz nativo. Los valores sombreados corresponden a la probabilidad de correcta clasificación de los gránulos.

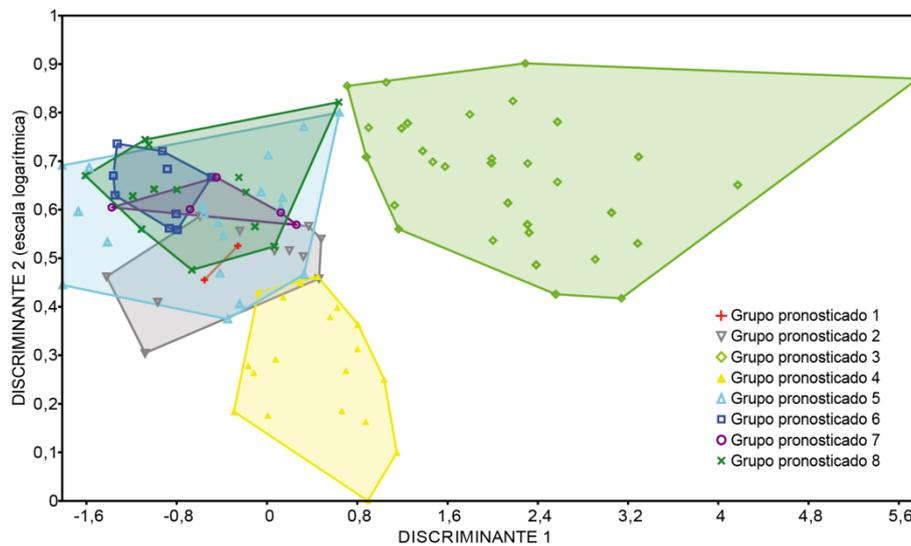


Figura 9.3. Grupos pronosticados por el análisis discriminante realizado a nivel de agrupación por raza (8 grupos).

Sobre la base de los mismos ejes del ACM, se repitió el procedimiento estadístico para el AD utilizando el nivel de agrupamiento de la clasificación por textura del endosperma. Se obtuvieron los resultados expresados en la Figura 9.4 y la Tabla 9.9. Se observó que la situación no cambió ya que el maíz harinoso se siguió diferenciando de los otros grupos pero los centroides del maíz córneo y del maíz córneo-harinoso continúan estando muy próximos, al igual que el maíz dentado con el maíz dextrinoso. En este caso, las probabilidades de correcta clasificación fueron de 74 % para los harinosos, 71 % para los dextrinosos, 51 % para los córneo-harinosos, 20,5 % para los córneos, y 17 % para los dentados.

Tipo de maíz		Grupos pronosticados (N=800)					Total
		1	2	3	4	5	
Córneo	Frecuencia	41	86	18	37	18	200
	Porcentaje	20,5 %	43,0 %	9,0 %	18,5 %	9,0 %	100,0 %
Córneo-harinoso	Frecuencia	44	153	27	52	24	300
	Porcentaje	14,7 %	51,0 %	9,0 %	17,3 %	8,0 %	100,0 %
Dentado	Frecuencia	18	31	17	29	5	100
	Porcentaje	18,0 %	31,0 %	17,0 %	29,0 %	5,0 %	100,0 %
Dextrinoso	Frecuencia	7	16	6	71	0	100
	Porcentaje	7,0 %	16,0 %	6,0 %	71,0 %	0,0 %	100,0 %
Harinoso	Frecuencia	2	7	3	14	74	100
	Porcentaje	2,0 %	7,0 %	3,0 %	14,0 %	74,0 %	100,0 %
Total		112	293	71	203	121	800

Tabla 9.9. Asignación de Grupos pronosticados en función de la clasificación general por textura del endosperma. Los valores sombreados corresponden a la probabilidad de correcta clasificación de los gránulos.

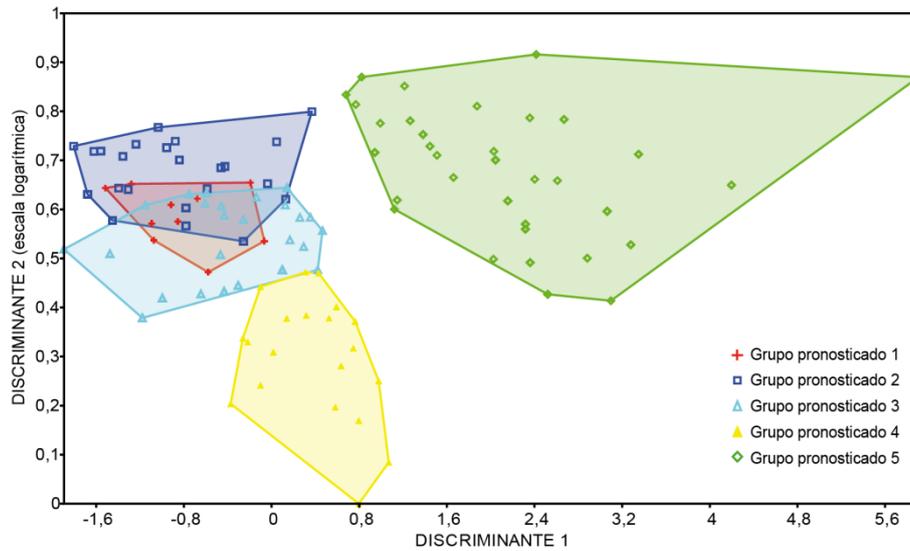


Figura 9.4. Grupos pronosticados por el análisis discriminante realizado a nivel de agrupación por textura del endosperma (5 grupos).

Los resultados de los análisis multivariados indicaron que ninguna de las razas de maíz presenta características que permita discriminarlas en grupos distintivos. Ningún estado de variable es característico de una única raza. Sólo dos casos - capia y chullipresentaron una razonable probabilidad de correcta clasificación (Tabla 9.8). Por otra parte, cuando el agrupamiento fue al nivel de la textura del endosperma se obtuvieron resultados levemente más auspiciosos (Tabla 9.9). Estos resultados le otorgaron especial importancia a la clasificación por textura del endosperma en relación con su aplicación en arqueobotánica. Los maíces con distintos endospermas fueron utilizados para diferentes comidas tanto en tiempos históricos como actuales (Cámara Hernández y Arancibia de Cabezas, 2007). Por ejemplo: (a) los maíces reventadores (incluye a los córneos y los córneo-harinosos) comúnmente son utilizados para la preparación de palomitas de maíz o pochoclo; (b) los maíces dentados son utilizados generalmente para preparar guisados; (c) los dextrinosos se utilizan en la elaboración de recetas dulces como la mazamorra, y (d) los harinosos son usados para la obtención de harina para panificados (capias) y la fabricación de bebidas alcohólicas fermentadas (chicha). Es posible que una discriminación a este nivel tenga una relevancia arqueológica significativa, dado que las inferencias sobre las prácticas culinarias, tales

como los modos de preparación y consumo de alimentos, pueden basarse sobre este nivel de clasificación.

Los resultados alcanzados dan cuenta de la alta variabilidad interna de las distintas razas de maíz actuales analizadas. Esto conlleva a la necesidad de ser muy cautos al clasificar especímenes aislados de almidones arqueológicos al nivel de raza. La baja probabilidad de realizar una correcta clasificación de las razas puede deberse en parte a la misma heterogeneidad de cariopsis en un mismo marlo. En este estudio se han hallado ejemplos representativos de cómo este fenómeno puede afectar la homogeneidad de una muestra. Esta cuestión puede tener raíz en el carácter reproductivo característico del maíz que consiste en la polinización abierta. Es decir que es muy frecuente que el polen de una raza fecunde una planta de otra raza, resultando en marlos con caracteres combinados (Bannert y Stamp, 2007; Bannert et al., 2008; Vogler et al., 2009). La cercanía geográfica de las parcelas de cultivo de maíz en el Noroeste argentino registrada etnográficamente hace que este fenómeno tenga recurrencia (Cámara Hernández y Arancibia de Cabezas, 2007). Como consecuencia, las razas no serían clases discretas y por este motivo debemos tener en cuenta la dificultad significativa de reconocimiento racial arqueológicamente. Considerando que en el presente las muestras fueron tomadas de campos de cultivo de productores locales donde el control de la polinización es prácticamente nulo, no sería sorpresivo encontrarnos con contextos de cultivo similares en el pasado prehispánico. Una explicación de la alta variabilidad en las características de los almidones de maíz podría encontrarse precisamente en las prácticas tradicionales de manejo agrícola donde el conocimiento es la base de la biodiversidad. Esto se debe a una serie de prácticas agrícolas tales como los usos de huertos y rastrojos familiares, la complementariedad zonal de los cultivos, la adaptación de plantas a diversas ecozonas, el intercambio de semillas a nivel comunitario y la interacción entre las variedades cultivadas (Hilgert y Gil, 2005; Pochettino y Lema, 2008; Lema, 2012).

En síntesis, la caracterización de una amplia muestra de almidones de razas del noroeste argentino permitió conocer y cuantificar la variabilidad interna de cada raza y estimar la probabilidad de una correcta clasificación racial. Los resultados indicaron que esta probabilidad es relativamente alta sólo para los maíces harinosos y dextrinosos, mientras que para los córneos, córneo-harinosos y dentados disminuyó notablemente, constituyendo un límite para la identificación.

En la sección siguiente se pone a prueba este modelo y se incluye a los gránulos recuperados en vasijas arqueológicas y en las ollas réplica dentro de la base de referencia, utilizando los mismos criterios de clasificación y las mismas variables implementadas en este trabajo, para luego comprobar dentro de qué grupo pronosticado se posicionan y estimar el error de dicha identificación.

9.1.1. Degradación natural de los almidones

Si bien no fue el objetivo principal de la caracterización de los almidones de razas nativas del Noroeste argentino, la significativa recurrencia de observación de rasgos de alteraciones estructurales nos impulsó a presentar un breve apartado de las mismas. Distintos rasgos de degradación enzimática en almidones naturales fueron registrados en nuestra base de datos: fisuras radiales, desgarros, adelgazamientos y perforaciones del amiloplasto (Figura 9.5). Estos podrían confundirse con aquellos producidos por la acción térmica por cocción o la alteración por manipulación mecánica de la molienda. En el caso de adelgazamiento o las fisuras radiales del amiloplasto se observa bajo luz polarizada que la cruz de malta pierde nitidez o desaparece por completo al interior de los gránulos de almidón. Este rasgo es similar al producido por la gelificación por acción térmica. Por otro lado, los desgarros y perforaciones del amiloplasto pueden asemejarse a aquellos rasgos producidos por la rotura mecánica durante la molienda. Éstos fueron registrados en un número importante (29%), de los 800 ejemplares actuales en los cuales predominan las fisuras (19,3%) seguidas por el desgarrado o

perforación (6,3%) y en último lugar el adelgazamiento del amiloplasto (3,4%). Se observó que capia y chullpi fueron las razas con mayor incidencia de rasgos de degradación, con un 66% y 48% respectivamente. Recordamos que para separar los almidones en unidades se tomó la decisión metodológica de evitar la molienda de los granos de maíz, procediendo con bisturí en el seccionamiento y luego se procedió con un raspado suave. De la misma forma se evitaron analizar gránulos que evidenciaran cortes producto del bisturí. Esto nos lleva a concluir que los estados de alteración relevados son producto de procesos naturales de los almidones.

La distribución al interior de cada raza, 100 gránulos cada una, se dio de la siguiente manera: en el pisingallo se observaron fisuras (11%), adelgazamientos (9%) y desgarros o perforaciones (8%); en el cristalino colorado se observaron fisuras (22%), adelgazamiento (7%) y desgarros o perforaciones (3%); en el perlita se observaron fisuras (14%), desgarros o perforaciones (6%) y adelgazamiento (2%); en el calchaquí desgarros o perforaciones (4%) y fisuras (2%); en el complejo tropical se observaron fisuras (7%), adelgazamiento (4%) y desgarros o perforaciones (2%); dentado amarillo colorado se observaron fisuras (10%) y desgarros o perforaciones (6%); en el chullpi se observaron fisuras (41%), desgarros o perforaciones (5%) y adelgazamiento (2%); en el capia se observaron fisuras (47%), desgarros o perforaciones (16%) y adelgazamiento (3%).

Los datos permiten plantear que en una población de 800 almidones en estado natural y en condiciones óptimas de preservación del banco de germoplasma se encontró que casi un tercio presentó al menos un rasgo de degradación. Además estos rasgos se superponen con aquellos descritos en la bibliografía como rasgos de degradación producto de la alteración antrópica, lo que nos hizo reflexionar sobre la extrema precaución que debemos adoptar cuando trabajamos con muestras arqueológicas, haciendo imprescindible la presencia de algún otro elemento arqueológico que apoye las hipótesis sobre manejo humano, como lo son los contextos de hallazgo y los soportes materiales, tales como las vasijas cerámica y los implementos de molienda.

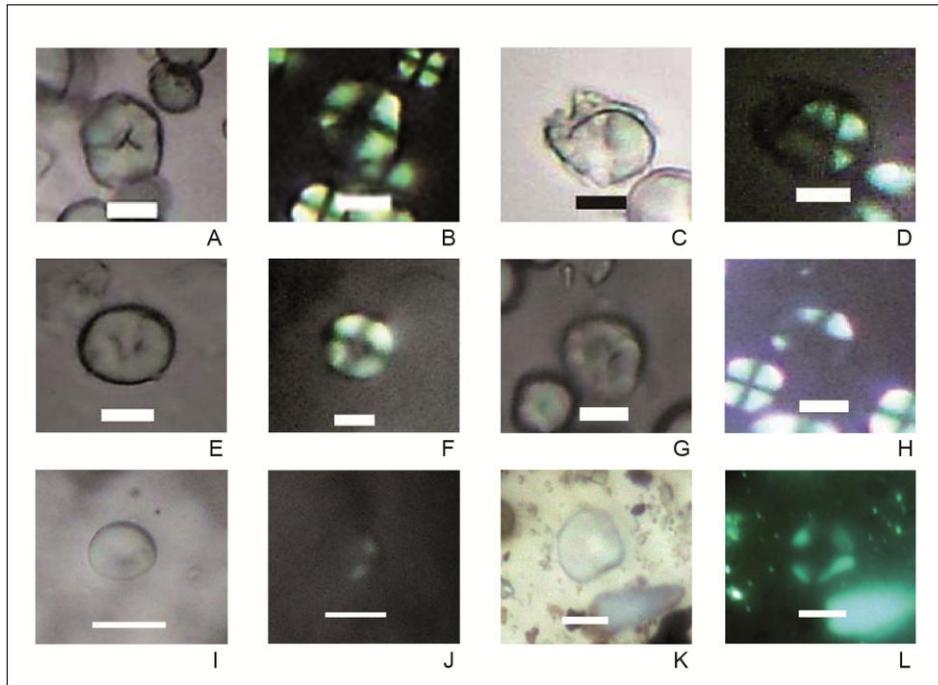


Figura 9.5. Evidencias de degradación natural en almidones naturales actuales. Fotomicrografías tomadas a 400 aumentos de almidones degradados observados con luz normal y polarizada: fisuras radiales (A y B), desgarros (B y C), adelgazamientos (E y F) y perforaciones del amiloplasto (G y H). Las barras representan 10 μm .

9.1.1. Degradación de los almidones por acción térmica durante la cocción

Se estudiaron los almidones recuperados de los residuos culinarios adheridos a la superficie de las ollas réplica A, B y C (R-22, R-23 y R-24, respectivamente). Se hallaron en general almidones bien preservados, como también algunos casos que mostraron indicios de alteración de su estructura por efecto del calor de la cocción (Figura 9.6) (Raviele, 2011). En la olla réplica A (R-22) se hallaron almidones de maíz chullpi cuyos amiloplastos se encontraban en un buen estado de preservación (Figura 9.6 A y B). Por otra parte, en la olla réplica B (R-23) se hallaron almidones de poroto (Figura 9.6 C y D) y de maíz dentado blanco (Figura 9.6 E y F). El último caso mostró señales de gelificación tales como el adelgazamiento en la zona central y la desaparición de la cruz de polarización resultado de la pérdida de la estructura semicristalina de las capas de

amilosa y amilopectina. En la Olla C (R-24) se observaron almidones de maíz pisingallo bien preservados, algunos incluso preservando la morfología facetada propia de los maíces córneos (Figura 9.6 G y H).

En resumen, se identificaron rasgos de degradación posiblemente producidos por la acción del calor tales como el adelgazamiento en la zona central y la desaparición de la cruz de polarización resultado de la pérdida de la estructura semicristalina de las capas de amilosa y amilopectina, pero no se detectaron casos de fisuras radiales, desgarros o perforaciones del amiloplasto.

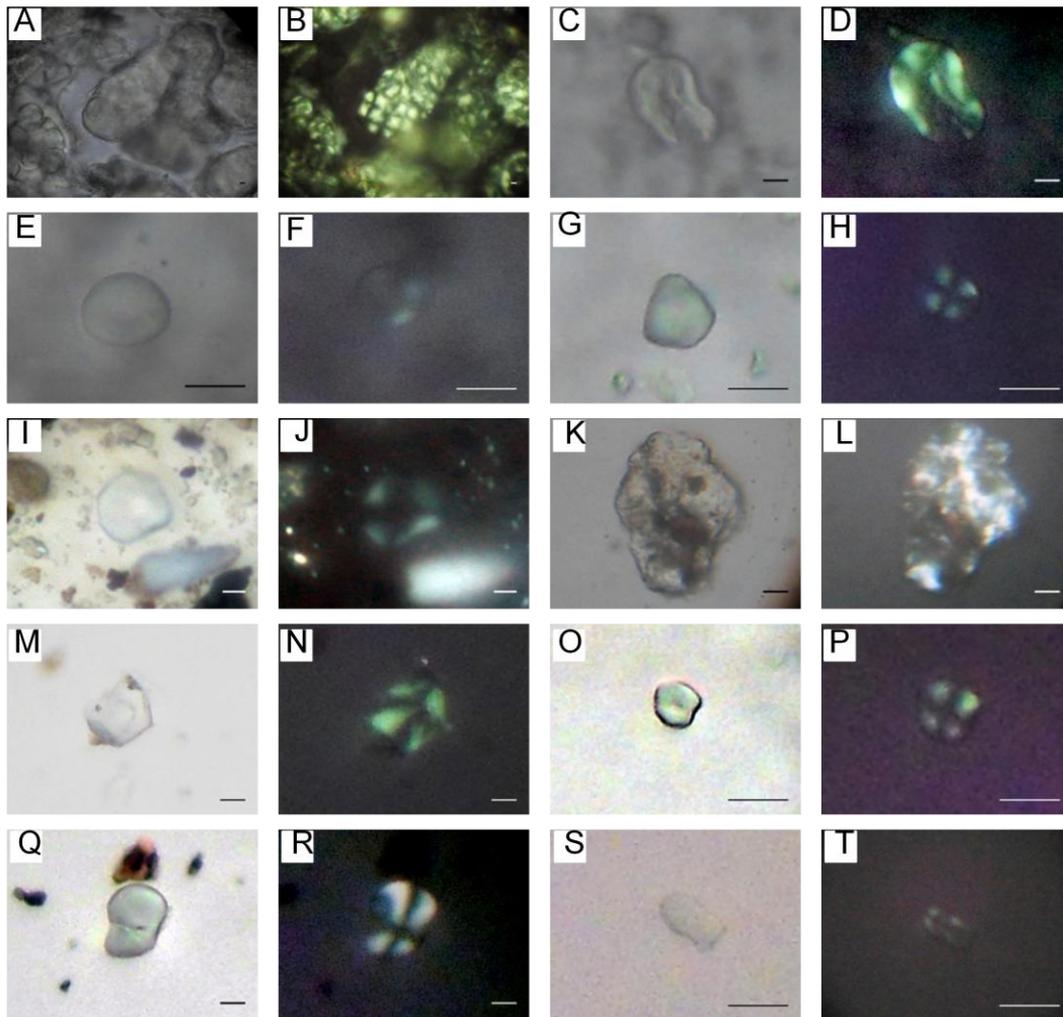


Figura 9.6. Gránulos de almidones recuperados de las ollas réplica y las cerámicas arqueológicas. A y B, almidones de maíz chullpi de la olla réplica A (R-22) observados bajo luz normal y polarizada; C y D, almidón de poroto de la olla réplica B (R-23) observado bajo luz normal y polarizada; E y F, almidón de maíz dentado blanco con señales de gelificación de la olla réplica B (R-23) observado bajo luz normal y polarizada; G y H, almidón de maíz con morfología facetada de la olla réplica C (R-24) observado bajo luz normal y polarizada; I y J, almidón de maíz de la muestra arqueológica A-14 observado bajo luz normal y polarizada; K y L, conjunto de almidones de maíz de la muestra arqueológica A-06 observados bajo luz normal y polarizada; M y N, almidón de algarroba de la muestra arqueológica A-06 observado bajo luz normal y polarizada; O y P, almidón poliédrico de maíz de la muestra arqueológica A-06 observado bajo luz normal y polarizada; Q y R, almidón de poroto de la muestra arqueológica A-06 observado bajo luz normal y polarizada; S y T, almidón campanuliforme de maíz de la muestra arqueológica A-06 observado bajo luz normal y polarizada. Las barras representan 10 μm .

9.2 ANÁLISIS MICROSCÓPICOS DE ALMIDONES RECUPERADOS EN VASIJAS ARQUEOLÓGICAS

Se recuperaron almidones arqueológicos en cinco de los 24 fragmentos cerámicos arqueológicos. Se identificaron gránulos de *Zea mays* L. (maíz) en las muestras A-05, A-06, A-13, A-14 y A-23 (Figura 9.6 I-T). En estos casos, se determinó la especie por la presencia de morfologías poliédricas o facetadas, diámetros máximos de un rango 10 a 20 μm , hilios puntiformes en posición central, fisuras centrales, ángulos de la cruz de polarización rectos e intensidades de la luz de polarización de nivel 4 a 6 la escala 1-10 (Piperno and Holst, 1998), todas ellas características de *Zea mays*. La muestra A-06 contenía un gránulo de tipo campanuliforme también considerado típico del maíz (Holst et al., 2007). Asimismo, en la muestra A-06 se halló un gránulo identificado como de *Phaseolus vulgaris* L. (poroto) por la presencia de una morfología reniforme, un diámetro máximo de 33 μm , un hilio excéntrico puntiforme, una cruz de polarización de ángulos rectos y una intensidad de la luz de polarización de nivel 8 (Babot et al., 2007; Piperno and Holst, 1998). Un gránulo del género *Prosopis* L. (*algarroba*) también fue observado en la muestra A-06, el cual fue identificado por su morfología facetada irregular, un diámetro máximo de 31 μm , un hilio excéntrico, brazos de la cruz de polarización quebrados y finos con ensanchamiento hacia los extremos, y una intensidad de la luz de polarización de nivel 4 (Giovannetti et al., 2008). La incidencia de gránulos de maíz, poroto y algarroba en la muestra A-06 es un claro ejemplo de la práctica culinaria de mezclar ingredientes vegetales en una misma olla. Esto no significa necesariamente que las hayan cocinado en conjunto, sino que podría tratarse de residuos acumulativos de la cocción de cada ingrediente por separado. Por último, los gránulos de almidón recuperados de la muestra A-11 no pudieron ser identificados a nivel de especie o género debido a que no presentaron rasgos morfológicos o dimensionales característicos. Asimismo, estos casos mostraron señales de degradación tales como una desaparición parcial de las cruces de

polarización indicando una pérdida de la estructura semi-cristalina del gránulo posiblemente por acción de la cocción (Raviele, 2011).

Muestra	Almidones	Especies identificadas
R-11	Sí	Maíz
R-12	Sí	Maíz, poroto
R-13	Sí	Maíz
A-01	No	-
A-02	No	-
A-03	No	-
A-04	No	-
A-05	Sí	Maíz
A-06	Sí	Maíz, poroto, algarroba
A-07	No	-
A-08	No	-
A-09	No	-
A-10	No	-
A-11	Sí	No identificable
A-12	No	-
A-13	Sí	Maíz
A-14	Sí	Maíz
A-15	No	-
A-16	No	-
A-17	No	-
A-18	No	-
A-19	No	-
A-20	No	-
A-21	No	-
A-22	No	-
A-23	Sí	Maíz
A-24	No	-

Tabla 9.10. Almidones arqueológicos recuperados en los residuos culinarios de las cerámicas arqueológicas del oeste de Tinogasta.

A continuación, se puso a prueba el modelo generado en el primer acápite de este capítulo para realizar una clasificación en tipos de maíz por la textura de su endosperma (Tabla 9.9). Para ello, se seleccionaron los quince (N=15) almidones arqueológicos identificados como maíz y se incluyeron en la base de datos de almidones de maíces nativos actuales (N=800). Se volvieron a correr los análisis de ACM y AD (Figuras 9.7 y 9.8) al nivel de agrupamiento por textura del endosperma (cinco grupos). Los almidones arqueológicos fueron clasificados dentro de los grupos pronosticados con su correspondiente probabilidad de correcta clasificación (Tabla 9.11).

Muestra	Código gránulo almidón	Especie	Grupo pronosticado	Clasificación en por textura del endosperma	Confiabilidad de la clasificación*
A-05	VBAT-020-05-alm02	Maíz	5	Harinoso	relativamente confiable
A-05	VBAT-020-05-alm01	Maíz	5	Harinoso	relativamente confiable
A-06	VBAT-035-02-alm01	Maíz	5	Harinoso	relativamente confiable
A-06	VBAT-035-02-alm02	Maíz	1	Córneo	no confiable
A-06	VBAT-035-02-alm07	Maíz	3	Dentado	no confiable
A-06	VBAT-035-02-alm09	Maíz	3	Dentado	no confiable
A-06	VBAT-035-02-alm10	Maíz	3	Dentado	no confiable
A-06	VBAT-035-02-alm12	Maíz	3	Dentado	no confiable
A-06	VBAT-035-02-alm15	Maíz	3	Dentado	no confiable
A-06	VBAT-035-02-alm16	Maíz	3	Dentado	no confiable
A-13	PB-NH4-14-alm01	Maíz	3	Dentado	no confiable
A-13	PB-NH4-14-alm02	Maíz	5	Harinoso	relativamente confiable
A-14	OA1-49-02-alm01	Maíz	1	Córneo	no confiable
A-23	LS-52-alm01	Maíz	2	Córneo-harinoso	no confiable
A-23	LS-52-alm02	Maíz	5	Harinoso	relativamente confiable

Tabla 9.11. Clasificación de los almidones arqueológicos en los grupos pronosticados mediante AD a nivel de agrupamiento por textura del endosperma (5 grupos). *La confiabilidad se basó en los porcentajes de correcta clasificación obtenidos a partir del análisis de la base de almidones actuales, y detallados en la Tabla 9.9.

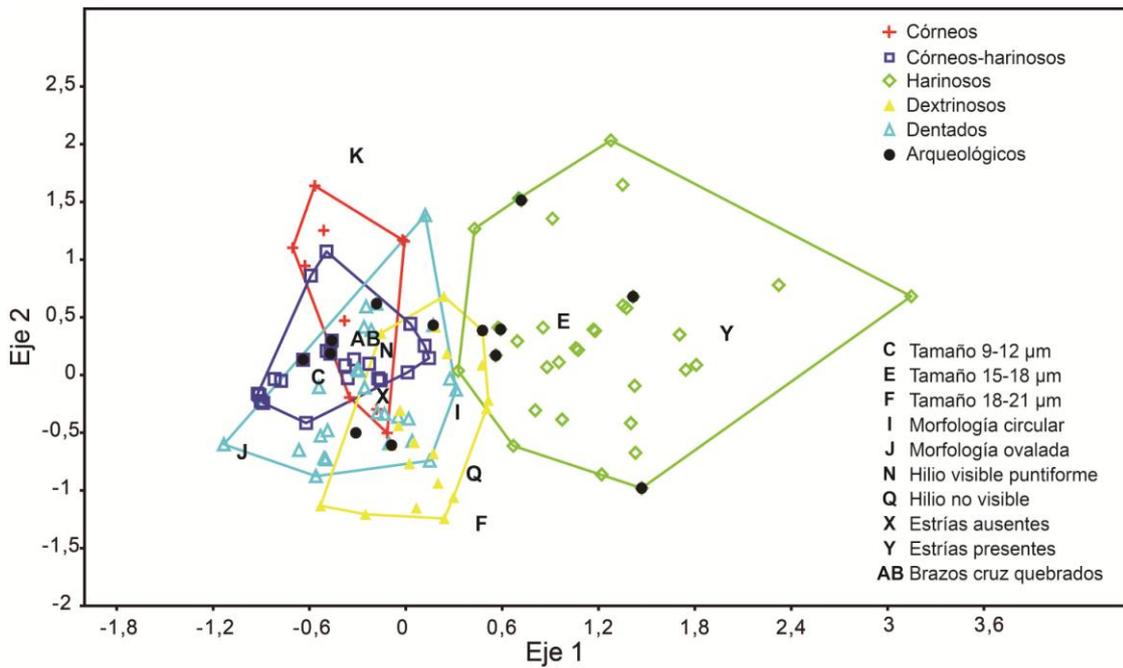


Figura 9.7. Ubicación de los casos actuales y arqueológicos, y las variables analizadas, dentro del espacio dimensional del ACM. Tamaño de muestra N=815.

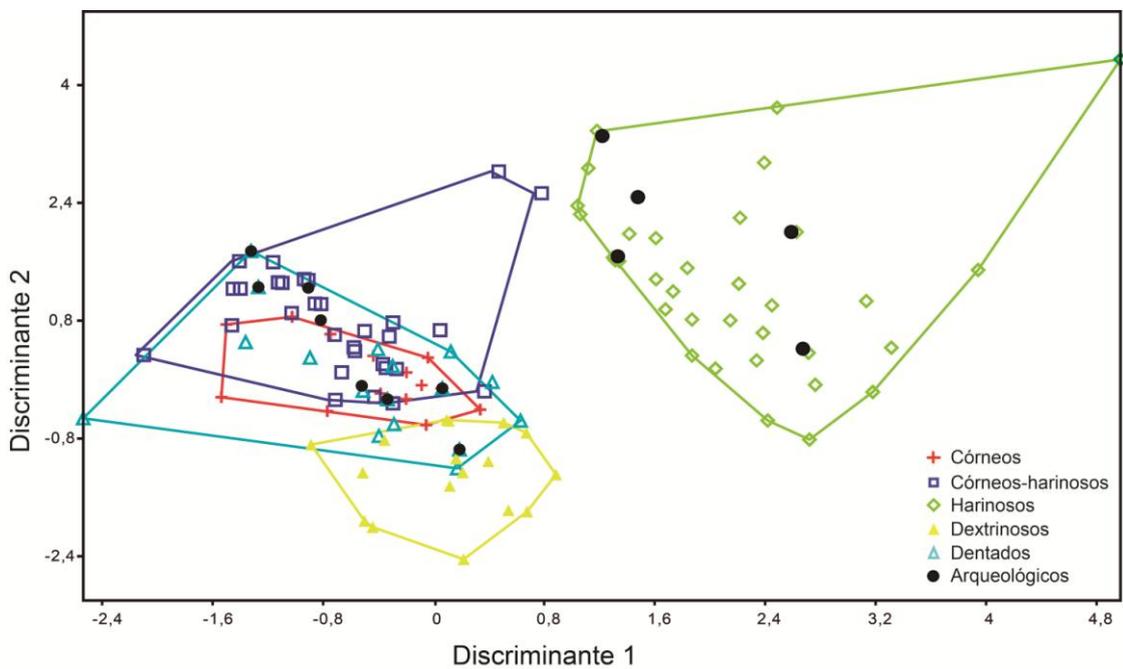


Figura 9.8. Grupos pronosticados por el AD realizado a nivel de agrupación por textura del endosperma (5 grupos) incluyendo a los almidones arqueológicos. Tamaño de muestra N=815. Los primeros 6 ejes explicaron un 81% de la varianza.

De la lectura de la tabla 9.11 y la figura 9.8 se observa que la mayoría de los almidones arqueológicos (7:15) fueron clasificados en el grupo pronosticado 3, correspondiente a los maíces dentados, y cuya probabilidad de correcta clasificación estimada con la base de almidones actuales es muy baja (17 %, Tabla 9.9). En segundo lugar estuvieron los almidones clasificados en el grupo pronosticado 5 (5:15), correspondiente a los maíces harinosos, y cuya probabilidad de correcta clasificación estimada con la base de almidones actuales es relativamente confiable (74%, Tabla 9.9). En tercer lugar se identificaron almidones correspondientes al grupo pronosticado 1 (2:15), correspondiente a los maíces córneos, cuya probabilidad de correcta clasificación estimada con a base de almidones actuales es muy baja (20,5 %, Tabla 9.9). Por último, se clasificó un solo almidón (1:15) en el grupo pronosticado 2, correspondiente a los maíces córneo-harinosos, y cuya probabilidad de correcta clasificación estimada con la base de almidones actuales es media (51 %, Tabla 9.9). Ningún almidón arqueológico fue clasificado en el grupo 4 (maíces dextrinosos).

En consecuencia, en este análisis preliminar, solo se consideraron como clasificaciones fiables a los almidones arqueológicos caracterizados como harinosos. En los casos restantes la baja probabilidad de correcta clasificación hicieron que las clasificaciones no fueran confiables y por lo tanto no fue posible su clasificación a nivel de textura del endosperma.

Los almidones arqueológicos recuperados en las cerámicas procedentes de sitios con ocupaciones formativas (siglos III al XIII d. C.) en el oeste de Tinogasta indicaron prácticas de usos multifuncionales de las ollas culinarias. En la olla culinaria procedente de Palo Blanco NH4 (A-13) se recuperaron dos almidones de maíz, uno de tipo harinoso y otro no clasificable. La presencia de al menos dos tipo de almidón de maíz en la olla A-06 podría indicar que se haya preparado más de un tipo de receta culinaria. Vale comentar que los maíces harinosos se utilizan mayormente para la fabricación de harina que puede ser usada en productos panificados (capias) o fermentada para obtener bebidas alcohólicas (chicha). Estos usos detectados mediante el estudio de

almidones coinciden con los resultados del estudio de residuos grasos obtenidos para esta muestra (Capítulos 7 y 8), indicando que en ella hay un complejo palimpsesto de múltiples usos para la realización de comidas. Por su parte, en la olla culinaria A-14, procedente del sitio Ojo del Agua 1, se halló un único almidón pero que no puede clasificarse en un grupo de textura de endosperma. Finalmente, en la muestra A-23 procedente de Laguna Salada se hallaron dos almidones, uno de tipo harinoso y otro no clasificable. En este caso también se propone el uso de la vasija para la preparación de múltiples comidas cuyas recetas tiene como ingredientes a más de un tipo de maíz.

Los almidones recuperados en ollas culinarias de momentos incaicos (siglos XIV a XVI d. C.) evidenciaron dos patrones de uso diferentes a partir de los resultados obtenidos para el análisis de almidones arqueológicos. Por un lado, los resultados obtenidos de la olla culinaria A-06 del sitio Batungasta indican una continuidad con las prácticas formativas. Se identificaron almidones de maíz de tipos harinosos y otros sin clasificación a nivel de textura del endosperma. Esto indica que la olla también fue utilizada en diferentes ocasiones para cocer distintos tipos de maíz empleados en distintos tipos de recetas. Más aún, en esta olla se hallaron almidones correspondientes a poroto y algarroba, indicando que estos ingredientes también formaron parte del acervo de comidas realizadas en estas ollas.

Por otra parte, en la muestra A-05 del sitio Batungasta los dos almidones de maíz recuperados correspondieron a maíces harinosos, indicando su uso exclusivo para la cocción de ese tipo de maíz. Estas recetas podrían tratarse tanto de panificados como de bebidas alcohólicas. Esto plantea una ruptura con respecto a las prácticas formativas y podría indicar la aparición de nuevas prácticas culinarias incaicas con un uso segregado de las ollas para recetas específicas, particularmente en el caso de las bebidas alcohólicas a base de maíz.

8.2 SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN ESTE CAPÍTULO

En este capítulo se realizaron estudios de almidones en muestras de referencia y arqueológicas. Se construyó una base referencial de almidones de maíces nativos actuales del Noroeste argentino y se generó un modelo de clasificación de los almidones a nivel racial y a nivel de tipo de maíz por la textura de su endosperma mediante técnicas estadísticas multivariadas). A continuación se realizó un estudio de los rasgos de degradación natural en almidones actuales y se compararon los rasgos de degradación natural con aquellos observados en almidones recuperados en las ollas réplica utilizadas para cocinar maíces experimentalmente. Luego, se expusieron los resultados obtenidos de la extracción y análisis de almidones arqueológicos recuperados de los residuos culinarios de la cerámica del oeste de Tinogasta. Se puso a prueba el modelo para clasificación de los almidones de maíz en grupos según la textura de su endosperma y se discutieron las identificaciones con sus respectivas probabilidades de correcta clasificación. Finalmente, se discutieron los hallazgos de almidones arqueológicos para identificar patrones de continuidades y cambios en las prácticas culinarias.

Los puntos más importantes de los resultados de este capítulo son :

1. Los resultados alcanzados en el análisis cualitativo y cuantitativo de la base de datos de almidones actuales de maíces del Noroeste argentino dan cuenta de la alta variabilidad interna de las distintas razas de maíz analizadas. Esto conlleva a la necesidad de ser muy cautos al clasificar especímenes aislados de almidones arqueológicos al nivel de raza. Por otra parte, observamos que cuando se apuntó a una clasificación a nivel de tipos de maíz por la textura de su endosperma se obtuvieron resultados levemente más auspiciosos. La probabilidad de correcta clasificación fue relativamente alta sólo para los maíces harinosos y dextrinosos, mientras que para los córneos, córneo-harinosos y dentados disminuyó notablemente, constituyendo un límite para la identificación.

2. Se detectaron distintos rasgos de degradación enzimática en almidones naturales de la base de datos de maíces actuales del Noroeste argentino: fisuras radiales, desgarros, adelgazamientos y perforaciones del amiloplasto. Los resultados mostraron que en una población de 800 almidones en estado natural y en condiciones óptimas de preservación del banco de germoplasma, casi una tercera parte presentó al menos un rasgo de degradación de origen natural. Estos rasgos se superponen con aquellos descritos en la bibliografía como indicadores de degradación producto de la alteración antrópica, lo que lleva a la reflexión sobre la extrema precaución que debe adoptarse cuando se trabaja con muestras arqueológicas, haciendo imprescindible la presencia de algún otro elemento arqueológico que apoye las hipótesis sobre manejo humano, como lo son los contextos de hallazgo y los soportes materiales, tales como las vasijas cerámica y los implementos de molienda.
3. En los almidones recuperados de las ollas réplica en las cuales se cocinaron experimentalmente variedades de maíz, se identificaron rasgos de degradación posiblemente producidos por la acción del calor tales como el adelgazamiento en la zona central y la desaparición de la cruz de polarización resultado de la pérdida de la estructura semicristalina de las capas de amilosa y amilopectina, pero no se detectaron casos de fisuras radiales, desgarros o perforaciones del amiloplasto.
4. Se recuperaron almidones arqueológicos en cinco de los 24 fragmentos cerámicos arqueológicos. Se identificaron gránulos de *Zea mays* L. (maíz) en las muestras A-05, A-06, A-13, A-14 y A-23 (Figura 9.7 I-T). Asimismo, en la muestra A-06 se halló un gránulo identificado como *Phaseolus vulgaris* L. (poroto) y otro del género *Prosopis* L. (algarroba). Algunos almidones mostraron señales de degradación tales como el adelgazamiento de la zona central del gránulo y la desaparición parcial de las cruces de polarización indicando una pérdida de la estructura semi-cristalina, posiblemente por acción de la cocción.

Se puso a prueba el modelo de clasificación en tipos de maíz por la textura de su endosperma en los quince (N=15) almidones arqueológicos identificados como de maíz. Se volvieron a correr los análisis de ACM y AD incorporando al análisis tanto los almidones de las razas nativas como los arqueológicos, los cuales fueron clasificados dentro de los grupos pronosticados con su correspondiente probabilidad de correcta clasificación. En coherencia con los resultados alcanzados en el análisis de la base de almidones de maíces actuales, sólo clasificaron los almidones arqueológicos que fueron asignados al grupo de los harinosos. En los casos restantes la baja probabilidad de correcta clasificación hicieron que las clasificaciones no fueran confiables y por lo tanto no fue posible su clasificación a nivel de textura del endosperma. Se recuerda que no se identificaron almidones arqueológicos del tipo dextrinoso cuya probabilidad de identificación es relativamente alta.

5. Los almidones arqueológicos recuperados en las cerámicas procedentes de sitios con ocupaciones formativas (siglos III al XIII d. C.) en el oeste de Tinogasta indicaron prácticas de usos multifuncionales de las ollas culinarias. En varias muestras se hallaron evidencias de preparación recetas con de más de un tipo de maíz. Los maíces harinosos son utilizados comúnmente para elaborar harinas para panificados (capias) o fermentaciones para obtener bebidas alcohólicas (chicha). Los otros tipos de maíces no clasificables podrían haber sido utilizados para cocinar guisos o elaborar de palomitas de maíz (pochoclo), aunque las limitaciones en la identificación no permiten puntualizar sobre alguna receta en particular.
6. Los almidones recuperados en ollas culinarias de momentos incaicos (siglos XIV a XVI d. C.) evidenciaron dos patrones de uso diferentes a partir de los resultados obtenidos del análisis de almidones arqueológicos. Por un lado, se detectó una continuidad con las prácticas formativas. Se identificaron almidones de maíz de

tipos harinosos, córneos y dentados en una misma olla, indicando que habría sido utilizada en diferentes ocasiones para cocer distintos tipos de maíz en distintos tipos de recetas: panificados o bebidas alcohólicas con los tipos harinosos, palomitas de maíz o pochoclo con los tipos córneos y guisados con los tipos dentados. Más aún, en esta olla se hallaron almidones correspondientes a poroto y algarroba, indicando que estos ingredientes también formaron parte del acervo de comidas realizadas en estas ollas. Por otra parte, en otra olla se hallaron almidones únicamente de maíces harinosos, indicando su uso exclusivo para la elaboración de panificados y/o bebidas alcohólicas. Esto plantea una ruptura con respecto a las prácticas formativas y podría indicar la aparición de nuevas prácticas culinarias incaicas con un uso segregado de las ollas para recetas específicas, particularmente en el caso de las bebidas alcohólicas a base de maíz.

En el siguiente capítulo se integran los resultados obtenidos en los capítulos 7, 8 y 9 con las características tecno-morfológicas y funcionales de los enseres cerámicos y la información contextual arqueológica, para obtener una interpretación de las prácticas culinarias asociadas a cada muestra arqueológica. Finalmente se retoman y discuten las hipótesis planteadas al comienzo de la tesis.

CAPÍTULO 10:
INTEGRACIÓN Y
DISCUSIÓN DE LOS
RESULTADOS

CAPÍTULO 10: INTEGRACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se integran y discuten los resultados obtenidos en los capítulos 7 (caracterización química de los residuos grasos), 8 (análisis isotópicos de los residuos grasos) y 9 (análisis microscópicos de los residuos de almidón). Se cruzaron los resultados arqueométricos con la información morfo-tecnológica y funcional de los contenedores cerámicos y con la información de contextos arqueológicos. Finalmente se discuten las hipótesis planteadas en el capítulo 1.

10.1 INTEGRACIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presenta la integración de los resultados obtenidos mediante la aplicación de la estrategia metodológica de vías múltiples propuesta en el Capítulo 5. El conjunto de datos generado en esta investigación se combinó con la información tecno-morfológica y funcional de los contenedores cerámicos (Feely, 2010, 2013), y con la información del contexto arqueológico del cual proceden las muestras analizadas (Ratto, 2013; Ratto et al., 2014) para interpretar las prácticas alimentarias del oeste de Tinogasta. Los resultados volcados en la Tabla 9.1 permitieron la integración de los aportes de cada técnica arqueométrica para la identificación de los componentes que formaron parte de las mezclas complejas de los residuos culinarios.

Muestra	Información tecno-morfológica y funcional			Información de contextos arqueológicos				Información arqueométrica de los residuos culinarios			Integración de la información
	Sitio	Tipo cerámico	Función inferida	Tipo de ocupación	Período	Región	Ambiente	Caracterización química de lípidos	Análisis isotópicos de lípidos	Análisis de almidones	Prácticas culinarias
A-01	La Troya LT-V50	olla	cocción	R	F	Fi	VM	dominan las grasas animales	plantas C ₃ , animales alimentados a C ₃	-	domésticas; guisados de plantas C ₃ y animales alimentados a C ₃
A-02	La Troya LT-V50	olla	cocción	R	F	Fi	VM	dominan las grasas animales	animales alimentados a C ₃	-	domésticas; guisados de animales alimentados a C ₃
A-03	La Troya LTV50	olla	cocción	R	F	Fi	VM	dominan las grasas animales	animales alimentados a C ₃ y C ₄	-	domésticas; guisados de animales alimentados a C ₃ y C ₄
A-04	Batungasta	olla	cocción	R	I	Fi	VM	dominan las grasas animales	plantas C ₃ , animales alimentados a C ₃	-	domésticas; guisados de plantas C ₃ y animales alimentados a C ₃
A-05	Batungasta	olla	cocción	R	I	Fi	VM	dominan las grasas animales	animales alimentados a C ₃ y C ₄	maíz (sólo harinoso)	domésticas; guisados de animales alimentados a C ₃ y C ₄ , plantas C ₃ , plantas C ₄ (maíz)
A-06	Batungasta	olla	cocción	R	I	Fi	VM	dominan las grasas animales	animales alimentados a C ₃ y C ₄	maíz (harinoso y otros), poroto, algarroba	domésticas; guisados de animales alimentados a C ₃ y C ₄ , plantas C ₃ (poroto, algarroba), plantas C ₄ (maíz)
A-07	Mishma 7	olla	cocción	R	T/I	Fi	VM	dominan las grasas animales	plantas C ₃ , animales alimentados a C ₃	-	domésticas; guisados de plantas C ₃ y animales alimentados a C ₃
A-08	Mishma 7	tinaja Belén	producción/almacenaje de bebidas	R	T/I	Fi	VM	mezclas de grasas animales y aceites vegetales	plantas C ₃ y C ₄ y animales alimentados a C ₃ y C ₄	-	festivas; producción y/o almacenaje de bebidas alcohólicas a base de plantas C ₃ (aloja de algarroba) y C ₄ (chicha de maíz), impermeabilización con grasa animal alimentado a C ₃ y C ₄
A-09	Quintar 1	olla	cocción	R	T	Fi	VM	dominan las grasas animales	animales alimentados a C ₃	-	domésticas; guisados de animales alimentados a C ₃
A-10	Palo Blanco NH1	olla	cocción	R	F	Fi	VM	mezclas de grasas animales y aceites vegetales	plantas C ₃ , animales alimentados a C ₃	-	domésticas; guisados de plantas C ₃ y animales alimentados a C ₃
A-11	Palo Blanco NH3	olla	cocción	R	F	Fi	VM	mezclas de grasas animales y aceites vegetales	plantas C ₃ , animales alimentados a C ₃	especie no determinable	domésticas; guisados de plantas C ₃ y animales alimentados a C ₃
A-12	Palo Blanco NH6,	olla	cocción	R	F	Fi	VM	mezclas de grasas animales y aceites vegetales	plantas C ₃ , animales alimentados a C ₃	-	domésticas; guisados de plantas C ₃ y animales alimentados a C ₃
A-13	Palo Blanco NH4	olla	cocción	R	F	Fi	VM	dominan las grasas animales	plantas C ₃ , animales alimentados a C ₃	maíz (harinoso y otros)	domésticas; guisados de plantas C ₄ (maíz) y animales alimentados a C ₃

Tabla 10.1 Integración de la información tecno-morfo-funcional, contextual arqueológica y arqueométrica para la identificación de las prácticas alimentarias del oeste de Tinogasta. Referencias: R, residencial; FC, festivo ceremonial; F, Fomativo; T, Tardío; T/I, Tardío/Inca; I, Inca; Fi, Fiambalá; Ch, Chaschuil; VM valle mesotérmico; PC precordillera; PT puna transicional.

Muestra	Sitio	Tipo cerámico	Función inferida	Tipo de ocupación	Período	Región	Ambiente	Caracterización química de los lípidos	Análisis isotópicos de los lípidos	Análisis de almidones	Prácticas culinarias
A-14	Ojo del Agua 1	olla	cocción	R	F	Fi	PC	mezclas de grasas animales y aceites vegetales	plantas C ₃ , animales alimentados a C ₃	maíz	domésticas; guisados de plantas C ₄ (maíz) y animales alimentados a C ₃ , plantas C ₃
A-15	Cardoso	olla	cocción	R	F/T	Fi	VM	mezclas de grasas de camélidos y aceites vegetales	plantas C ₃ , camélidos alimentados a C ₃	-	domésticas; guisados de plantas C ₃ y camélidos alimentados a C ₃
A-16	Punta Colorada	olla	cocción	R	F	Fi	VM	mezclas de grasas animales y aceites vegetales	plantas C ₃ , animales alimentados a C ₃	-	domésticas; guisados de plantas C ₃ y animales alimentados a C ₃
A-17	San Francisco Inca	aribaloide	transporte/servicio bebidas	R-FC	I	Ch	PT	mezclas de grasas de camélidos y aceites vegetales	plantas C ₃ , camélidos alimentados a C ₃	-	festivas; almacenaje, transporte y/o servicio de bebidas alcohólicas a base de planta C ₃ (aloja de algarroba), impermeabilización con grasa de camélido alimentado a plantas C ₃
A-18	San Francisco Inca	aríbalo	transporte/servicio bebidas	R-FC	I	Ch	PT	mezclas de grasas de camélidos y aceites vegetales	plantas C ₄ , camélidos alimentados a C ₄	-	festivas; almacenaje, transporte y/o servicio de bebidas alcohólicas a base de planta C ₄ (chicha de maíz), impermeabilización con grasa de camélido alimentado a plantas C ₄
A-19	El Zorro	olla	cocción	R	F	Ch	PT	mezclas de grasas de camélidos y aceites vegetales	plantas C ₄ , camélidos alimentados a C ₄	-	domésticas; guisados de plantas C ₄ y camélidos alimentados a C ₄
A-20	Batungasta	olla	cocción	R	I	Fi	VM	mezclas de grasas de camélidos y aceites vegetales	plantas C ₃ , camélidos alimentados a C ₃	-	domésticas; guisados de plantas C ₃ y camélidos alimentados a C ₃
A-21	San Francisco Inca	aríbalo	transporte/servicio de bebidas	R-FC	I	Ch	PT	mezclas de grasas de camélidos y aceites vegetales	plantas C ₃ , camélidos alimentados a C ₃	-	festivas; almacenaje, transporte y/o servicio de bebidas alcohólicas a base de planta C ₃ (aloja de algarroba), impermeabilización con grasa de camélido alimentado a plantas C ₃
A-22	San Francisco Inca	aribaloide	transporte/servicio de bebidas	R-FC	I	Ch	PT	mezclas de grasas de camélidos y aceites vegetales	plantas C ₃ , camélidos alimentados a C ₃	-	festivas; almacenaje, transporte y/o servicio de bebidas alcohólicas a base de planta C ₃ (aloja de algarroba), impermeabilización con grasa de camélido alimentado a plantas C ₃
A-23	Laguna Salada	olla	cocción	R	F	Ch	PT	dominan grasas de camélidos	plantas C ₃ , camélidos alimentados a C ₃	maíz (harinoso y otros)	domésticas; guisados de plantas C ₄ (maíz) y camélidos alimentados a C ₃
A-24	Las Coladas	aribaloide	transporte/servicio de bebidas	R-FC	I	Ch	PT	mezclas de grasas animales y aceites vegetales	plantas C ₃ y C ₄ , animales alimentados a C ₃ y C ₄	-	festivas; almacenaje, transporte y/o servicio de bebidas alcohólicas a base de plantas C ₃ (aloja de algarroba) y C ₄ (chicha de maíz), impermeabilización con grasa de animal alimentado a C ₃ y C ₄

Tabla 10.1 Continuada.

Los resultados obtenidos en cada capítulo de resultados de la tesis (Capítulos 7, 8 y 9) permitieron arribar una serie de observaciones que se detallan a continuación:

En el Capítulo 7, la caracterización química de los residuos de lípidos mostró que todas las muestras arqueológicas tuvieron un aporte de grasa animal. Además, en algunas muestras se observó la presencia de aceites de origen vegetal. En varios casos la presencia de ácidos grasos biomarcadores permitieron identificar a la grasa de camélidos sudamericanos. En otros, la ausencia de dichos biomarcadores no permitieron mayor precisión acerca del origen de las grasas animales, pero al excluir a los camélidos remitieron a otras especies animales silvestres. La tendencia temporal observada fue un aumento en la presencia de aceites vegetales en los residuos tardíos/incaicos con respecto a los formativos. La tendencia espacial fue una mayor presencia de grasa de camélido en muestras de las tierras altas de la región de Chaschuil, mientras que en las muestras de las tierras bajas de Fiambalá hubo menor presencia de grasa de camélidos y mayor incidencia de grasas animales de origen no determinado.

En el Capítulo 8, los análisis isotópicos de los lípidos permitieron obtener mayor precisión acerca del origen de las grasas y los aceites preservados en la cerámica arqueológica (Figura 10.1). Los aceites de las plantas C_3 pueden provenir por ejemplo del poroto, el ají, la algarroba, el chañar y el mistol, entre otros. Los aceites de plantas C_4 provienen del maíz. Las grasas de animales con biomarcadores de camélidos con alimentación a base de plantas C_3 son especies silvestres (guanaco y vicuña), o domésticos (llama) alimentadas a pasturas naturales. Las grasas de animales con biomarcadores de camélidos que fueron alimentados con aportes de plantas C_4 son especies domésticas (llama), ya que la complementación de la dieta de los animales de pastoreo con maíz fue una práctica corriente en el mundo andino prehispánico (Dantas et al., 2014). Las grasas sin biomarcadores de camélido y con alimentación C_3 son especies silvestres de caza tales como cérvidos, u otros. Las grasas de animales sin biomarcadores de camélido y dietas con aporte de C_4 son animales que tuvieron

acceso a los campos de cultivo, los rastrojos de maíz o bien que se alimentaron de los basurales de las zonas pobladas (por ej. quirquinchos, zorros, chinchillas, mulitas, cánidos, etc.).

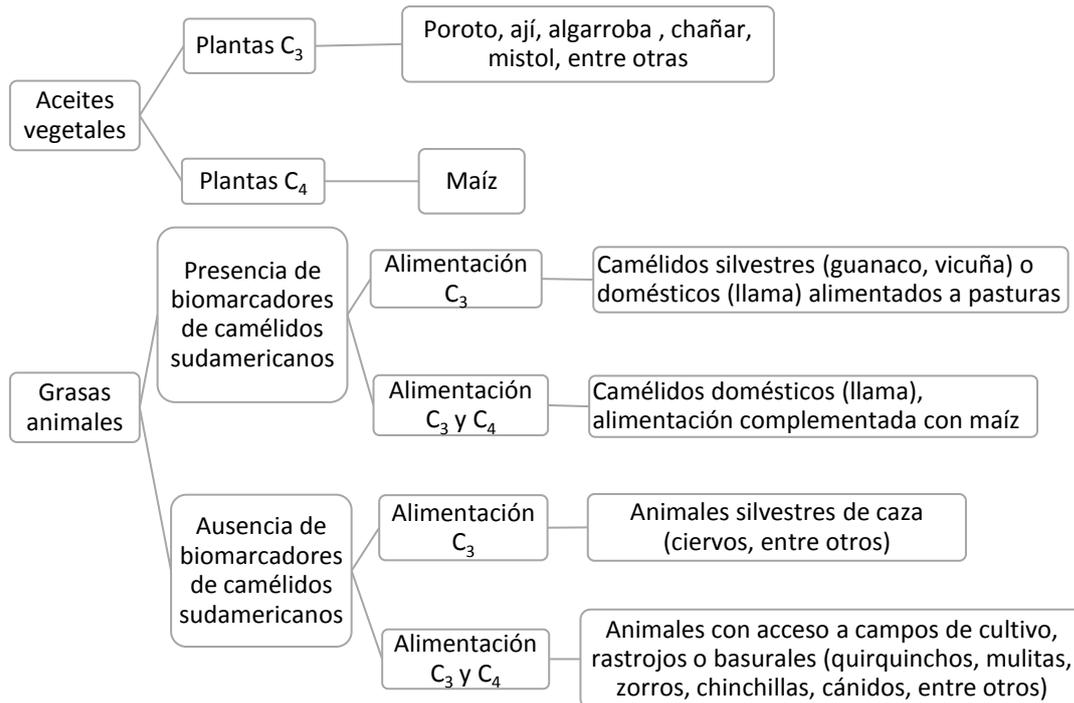


Figura 10.1. Ingredientes vegetales y animales identificados en las muestras arqueológicas a partir de la caracterización química e isotópica de los lípidos.

En el oeste de Tinogasta, la mayoría de las muestras arqueológicas indicaron mezclas de aceites de plantas C_3 y grasas de animales alimentados a plantas C_3 y en menor cantidad indicaron mezclas con componentes animales y vegetales con señales isotópicas C_4 . Por otra parte, algunas muestras indicaron presencia exclusiva de grasa animal. No se observó una tendencia de aumento de presencia de C_4 (maíz) en el período Tardío-Inca con respecto al período Formativo. Tampoco se pudo plantear una

mayor incidencia de las señales isotópicas C_4 en las muestras de la región de Fiambalá con respecto a las de Chaschuil. Sin embargo, fue llamativa la presencia de perfiles isotópicos C_4 en muestras de la puna transicional de Chaschuil, a 4000 msnm, donde el maíz no puede ser cultivado para fines alimentarios por las restricciones ambientales. Esto indica que para momentos formativos, el maíz habría sido transportado para sustentar a los pastores y llamas, formando parte de un sistema de interacción y de circulación de recursos que ya fue registrado entre las regiones de Chaschuil y Fiambalá para momentos formativos (Ratto et al., 2002). Por otra parte, para momentos incaicos el maíz habría sido transportado como producto procesado - principalmente chicha- para fines festivos en contextos rituales. Esto estaría reforzado por la presencia exclusiva de aríbalos y aribaloides en los sitios de altura (San Francisco y Las Coladas) e indicaría que el maíz no fue procesado *in situ* sino que fue transportado desde los lugares de producción localizados en el valle mesotermal (por ejemplo Mishma 7).

En el Capítulo 9, los resultados obtenidos de los estudios microscópicos de los almidones recuperados en cinco de las 24 muestras arqueológicas permitieron identificar gránulos de maíz, poroto y algarroba. En algunos casos se pudo identificar la presencia de gránulos de maíz harinoso, en otros casos el tipo de maíz no fue clasificable. La baja tasa de recuperación de estos residuos no permitieron identificar tendencias temporales o espaciales. Por el contrario, la fortaleza de este indicador radicó en complementar las identificaciones logradas con los análisis de residuos de lípidos.

Los residuos culinarios no fueron estudiados de manera aislada de su contexto. El tipo y función de los contenedores cerámicos, así como los contextos arqueológicos de donde proceden los mismos, permitieron situar a los residuos en los correspondientes escenarios de uso. Esto constituyó un puente metodológico entre la investigación arqueométrica y la investigación arqueológica, que permitió la reconstrucción de prácticas alimentarias que en definitiva fueron el objeto de estudio principal de esta

tesis. Cabe aclarar que los residuos culinarios son palimpsestos que promedian las prácticas culinarias a lo largo de la vida útil de un recipiente cerámico. Por lo tanto, las interpretaciones no alcanzan a describir a las dietas de las poblaciones, sino que echan luz sobre las elecciones de ingredientes, recetas, modos de cocción y contextos de preparación y consumo de los alimentos. Es decir, los perfiles de lípidos y almidones hallados en las vasijas pueden representar mezclas complejas de productos animales y vegetales, pero no por ello representan dietas balanceadas ni hacen referencia a que se haya cumplido con los requerimientos de nutrición de las poblaciones humanas. Vale recordar que la experimentación realizada en esta tesis (Capítulo 7) demostró que las grasas animales pueden enmascarar a los aceites vegetales, por su mayor aporte en grasas con respecto al peso total del ingrediente y por su mayor estabilidad en el tiempo debido a la mayor concentración de ácidos grasos saturados menos susceptibles a la degradación. Por lo tanto, las mezclas no son proporcionales a las cantidades de cada alimento ingerido en la dieta¹, sino que hacen referencia a las elecciones de las poblaciones en cuanto a las prácticas culinarias desarrolladas haciendo uso de los enseres cerámicos.

Las tendencias espaciales y temporales en las prácticas culinarias de las poblaciones prehispánicas del oeste de Tinogasta entre los siglos III y XVI d. C., que se fueron planteando en cada uno de los capítulos de resultados (Capítulos 7, 8 y 9), se vieron reforzadas y reafirmadas en esta instancia de integración.

Las prácticas culinarias identificadas en las muestras del período Formativo (siglos III a XIII d. C.) remiten en su totalidad a prácticas de tipo domésticas. En los sitios de la región de Fiambalá predominaron los guisados de ingredientes vegetales C₃ (por ej.: poroto, ají, algarrobo, chañar, mistol) y animales alimentados a C₃. Las tendencias de las muestras por sitios de procedencia son las siguientes:

¹ Para abordar esta problemática sería necesario realizar estudios de salud y dieta de las poblaciones a partir del registro bioarqueológico humano.

- a) Los residuos recuperados de las tres muestras del sitio La Troya LT-V50 (687-784 d. C.; 1380 msnm) señalaron prácticas domésticas de elaboración de guisos. En dos casos se identificaron mezclas de ingredientes vegetales C₃ y animales alimentados a C₃, mientras que en el tercero se detectó grasa de animal no camélido alimentado a C₃ y C₄ (por ej.: quirquinchos, mulitas, zorros, chinchillas, cánidos).
- b) Por su parte, los residuos recuperados de las cuatro muestras procedentes de la localidad arqueológica de Palo Blanco señalaron prácticas culinarias domésticas de preparación de guisos también a base de mezclas de ingredientes vegetales y animales. En las muestras de PB-NH1 (208-529 d. C.; 1900msnm), PB-NH3 (458-639 d. C.; 1900 msnm) y PB-N6 (693-882 d. C.; 1900 msnm) se trató de vegetales C₃ y animales alimentados a C₃. En la muestra de PB-NH4 (427-599 d. C.; 1900 msnm), se halló una mezcla compleja de vegetales C₃, C₄ (maíz harinoso y otro tipo no identificado) y animales alimentados a C₃. Este caso es paradigmático porque los residuos de lípidos no indicaron la presencia de plantas C₄, sin embargo se detectó al maíz en el análisis de almidones. En ninguno de los casos de Palo Blanco se pudo identificar con precisión el origen de las grasas animales, aunque se sabe que se trató de especies (no camélidos) alimentados a C₃, es decir que muy posiblemente sean animales silvestres. Se recuerda que en el registro arqueofaunístico de esta localidad se han identificado restos óseos de roedores (NH3 y NH6) y de quirquinchos (NH3) (Miyano, 2014). Es interesante que en esta localidad no se hayan registrado cambios significativos en las prácticas culinarias a lo largo de casi 1000 años, sugiriendo una fuerte transmisión social de los modos de cocinar.
- c) En Ojo del Agua (994-1047 d. C.; 2400 msnm) se identificó la práctica culinaria doméstica de guisar mezclas de plantas C₃, plantas C₄ (maíz) y animales silvestres de caza alimentados a C₃ que no pudieron ser clasificados como camélidos por la ausencia de biomarcadores.
- d) En Cardoso (contexto Formativo-Tardío; 1970 msnm) se identificó la práctica doméstica de realizar guisos con vegetales C₃ y camélidos alimentados a C₃, es decir camélidos silvestres tales como guanaco o vicuña, o domésticos como llama alimentada a pasturas naturales.

- e) En Punta Colorada (770-902 d. C.; 2290 msnm) se identificó la práctica doméstica de guisar plantas C₃ y animales alimentados a C₃. En este caso no se detectaron los ácidos grasos biomarcadores de camélidos por lo que posiblemente se trate de un animal de caza.

Por otra parte, en las sociedades que habitaron la región de Chaschuil a lo largo del primer milenio de la era, se observaron prácticas de guisado de plantas C₄ y animales alimentados a C₄, como también guisos de plantas C₃ y animales alimentados a C₃. Las características de las muestras por sitios de procedencia son las siguientes:

- a) En el sitio El Zorro 322-1019 d. C.; 4050 msnm) se observaron prácticas domésticas de guisados de maíz y camélidos domésticos (llama) ya que fueron principalmente alimentados a maíz.
- b) En Laguna Salada (555-815 d. C.; 4030 msnm) se observó la práctica de guisar maíz con camélidos alimentados a C₃ (silvestres o domésticos alimentados a pasturas naturales exclusivamente).

A lo largo del primer milenio d. C. se observaron continuidades en las distintas regiones del oeste de Tinogasta. Tanto en los valles mesotermales y zona de precordillera de la Región de Fiambalá, como en la puna transicional de Chaschuil, se identificaron prácticas culinarias domésticas que dan cuenta de un acervo de ingredientes similar y un modo de hacer la comida compartido. Esta característica refuerza la hipótesis de la existencia de fuerte redes de interacción y circulación de información y recursos entre los diferentes ambientes, que viene planteando el PACHA hace más de una década (Ratto et al., 2002, 2014).

Cuando avanzamos en el segundo milenio observamos que las prácticas culinarias identificadas en las muestras del período Tardío-Incaico (siglos XIV al XVI d. C.) remiten a prácticas de tipo domésticas por un lado, y festivas por el otro. En los sitios de la

región de Fiambalá se observaron prácticas culinarias domésticas en Quintar 1 (123-1273 d. C.; 1750 msnm), Mishma 7 (1414-1573 d. C.; 1760 msnm) y Batungasta (1445-1558 d.C.; 1480 msnm), observándose que:

- a) En Quintar 1 se identificó la práctica doméstica de guisar productos animales no camélidos alimentados a C₃, es decir posiblemente otros animales de caza. Vale destacar que este sitio fue ocupado en momentos en donde se considera que el ambiente de valle mesotermal aún no disponía de condiciones de habitabilidad plenas (Ratto et al., 2013), y por lo tanto la caza de un rango amplio de animales silvestres habría sido una estrategia económica plausible.
- b) En Batungasta, se analizaron cuatro ollas culinarias que indicaron la práctica doméstica de guisar ingredientes vegetales y animales. En la primera se guisaron plantas C₃ y animales alimentados a C₃. Dado que no se detectaron los biomarcadores de camélido, es posible que se trate de otro animal silvestre de caza. Se recuerda que en el registro arqueofaunístico de este sitio que se encuentra en estudio actualmente se ha detectado la presencia de restos óseos de cérvidos, roedores y cánidos (com. pers. Miyano, 2014). En la segunda se guisaron plantas C₃ con camélidos alimentados a C₃ (llama alimentada a pasturas naturales, vicuña o guanaco). En las últimas dos ollas se guisaron mezclas de plantas C₃, plantas C₄, y animales alimentados a C₃ y C₄. En uno de ellos se precisó que las plantas C₃ fueron poroto y algarroba, mientras que la planta C₄ fue maíz (harinoso y otros tipos no identificados). Aunque en investigaciones anteriores se identificaron actividades tanto domésticas como festivas en Batungasta (Orgaz et al., 2007), el grupo de cerámicas analizadas en esta tesis remite a prácticas culinarias cotidianas, indicado por las características tecno-morfológicas y funcionales de la cerámica, así como los residuos. Vale aclarar que sólo se incluyeron muestras de ollas culinarias y que no se analizaron fragmentos de aríbalos o aribaloides de este sitio.
- c) En Mishma 7 se observó la práctica culinaria doméstica de guisar plantas C₃ y animales alimentados a C₃ no clasificada como camélidos, por lo que se infiere la

presencia de otros animales de caza. Además se observó una práctica culinaria asociada con la producción y/o almacenaje de bebidas alcohólicas en una tinaja de estilo Belén. Los residuos indicaron mezclas de bebidas a base de plantas C₃ (aloja) y C₄ (chicha), además de la presencia de grasa de camélido doméstico (llama) utilizada para impermeabilizar el interior de la tinaja (ver sección 10.2). Aunque este sitio es residencial y no tuvo funciones específicamente ceremoniales (Orgaz et al., 2007), los resultados obtenidos indican que la producción de bebidas podría haberse llevado a cabo dentro de una unidad doméstica, aunque su posterior consumo habría estado relacionado a eventos festivos colectivos, incluso en otros emplazamientos destinados precisamente a ese fin.

Por su parte, las muestras que provienen de los sitios emplazados en las tierras altas de la región de Chaschuil en los siglos XV y XVI, dan cuenta de que las prácticas culinarias en San Francisco Inca (1400-1500 d. C.; 4000 msnm) y en Las Coladas (contexto Inca; 4200 msnm) remiten exclusivamente a actividades festivo-ceremoniales.

- a) En San Francisco Inca, los residuos recuperados de aríbalos y aribaloides evidenciaron su uso para el almacenaje, transporte y/o servicio de chicha, aloja o ambas, y el uso de grasa de llama vicuña, guanaco o para impermeabilizar las paredes internas de los recipientes, según el caso.
- b) En Las Coladas, se identificó la práctica festiva de almacenar, transportar y/o servir alternadamente chicha y aloja, además de presentar restos de grasa de un animal que no pudo ser identificado como camélido, pero que probablemente se alimentó de basurales o rastrojos cercanos a las poblaciones humanas.

A partir de la identificación de estas prácticas se llevó a cabo la discusión de las hipótesis planteadas en el Capítulo 1, que se detalla en el acápite siguiente.

10.2 DISCUSIÓN DE LAS HIPÓTESIS A LA LUZ DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS

En esta tesis se sostuvo como hipótesis que las prácticas de consumo del maíz tuvieron alcances multidimensionales, interactuando en la organización social, política e ideológica de los contextos socio-históricos del oeste de Tinogasta de la provincia de Catamarca (siglos III al XVI d. C.). Se propuso que las prácticas alimentarias fueron indicadores de diferentes organizaciones socio-políticas: las sociedades formativas (siglos III a XIII d. C.) y la administración estatal Inca (siglos XIV a XVI d. C.).

Se sostuvo que las poblaciones formativas que habitaron la región en los siglos III a XIII d. C. tuvieron fuertes mecanismos de transmisión y reproducción de prácticas alimentarias fundadas en la comensalidad doméstica y la reciprocidad simétrica. El maíz jugó un rol importante en la preparación de comidas en donde se combinó este producto con otros ingredientes de origen vegetal y animal que formaron parte del acervo alimentario de las poblaciones. La continuidad alimentaria a lo largo del primer milenio se enmarcó en un proceso caracterizado por la repetitividad de las prácticas de las sociedades del primer milenio de la era. La expectativa era registrar prácticas de preparación de alimentos caracterizados por: (i) una alta diversidad de ingredientes de origen vegetal y animal utilizados para la preparación de distintas recetas, y (ii) una alta frecuencia de vasijas con palimpsestos de residuos. Por lo tanto, se esperaba mucha variabilidad en los perfiles de ácidos grasos, isótopos estables y almidones, que reflejase la historia de vida de cada olla en relación a las decisiones y elecciones culinarias de los grupos domésticos.

Los resultados alcanzados en esta tesis indicaron que en momentos Formativos (siglos III al XIII d. C.) las prácticas alimentarias más comunes fueron la elaboración de guisos logrados a partir de mezclas de varios ingredientes en las mismas ollas. Las mezclas habrían sido el resultado de combinaciones de ingredientes vegetales y animales

cocidos en conjunto, o bien el resultado de usos múltiples en los cuales se cocinaron los ingredientes de manera individual. Esto derivó en la formación de palimpsestos de residuos culinarios que promediaron los usos en el tiempo. Las mezclas orgánicas incluyeron diferentes proporciones de grasas animales, en algunos casos identificadas como grasas de camélidos sudamericanos domésticos o silvestres. Además, las mezclas incluyeron plantas como poroto, algarroba y maíz.

Es importante destacar que las prácticas alimentarias se sostuvieron a lo largo de diez siglos, demostrando que existieron fuertes mecanismos de transmisión y reproducción de las prácticas alimentarias fundadas en la comensalidad doméstica. Además, se constató que aunque el maíz fue parte del acervo culinario cotidiano, no tuvo usos especiales ni segregados del resto de los ingredientes identificados. Esto es indicador de una sociedad, al menos desde el punto de vista alimentario, organizada alrededor de la reciprocidad simétrica. Las prácticas simétricas indicaron un bajo grado de heterogeneidad social. Asimismo hubo una ausencia de prácticas de acumulación de poder asociadas a lo alimentario, como podrían ser los festines auspiciados por entidades que buscaban legitimar su jerarquía. Todo esto coincidió con el modelo de "modo de vida formativo" tal como fue planteado para el oeste de Tinogasta en el primer milenio d. C. (Ratto et al., 2014)

Por otra parte, al inicio de esta tesis se propuso que las prácticas de consumo de maíz cambiaron con la presencia estatal en la región entre los siglos XIV y XVI d. C., en relación con las estrategias de dominación llevadas a cabo por el incario donde el uso simbólico del maíz fue monopolizado. De esta manera, se incorporaron nuevas formas de consumo basadas en la reciprocidad asimétrica entre el Estado y las poblaciones locales, generando una reconfiguración social sobre la base de acuerdos y alianzas donde las prácticas alimentarias jugaron un papel sustancial. Por lo tanto, mientras se previeron continuidades en las prácticas domésticas, se esperaron cambios e incorporaciones de nuevas prácticas en contextos relacionados a eventos festivos (Orgaz et al., 2007). La expectativa era identificar perfiles de residuos culinarios

asociados a un conjunto cerámico destinado a la elaboración y servicio de bebidas festivas gestionadas por el Estado.

Los resultados obtenidos indicaron que durante el período incaico (siglos XIV a XVI d. C.) existieron dos tipos de prácticas alimentarias. Por un lado, aquellas domésticas en las que se observó una continuidad con respecto a las prácticas formativas, y por otro lado se encontró un conjunto de prácticas asociadas a los contextos festivos y/o ceremoniales que fueron características de este período y se diferenciaron claramente del período anterior.

Las ollas culinarias de uso doméstico de los sitios residenciales incaicos mostraron mezclas complejas de grasas animales (en varios casos se constató la presencia de grasa de camélidos sudamericanos) y plantas como poroto, algarroba y maíz. Vale aclarar que el conjunto de ollas culinarias del período incaico analizadas en esta tesis son todas de tipo globular con cuellos restringidos y bases planas, cóncavas o convexas, no habiéndose analizado ollas con pie de compotera. Al igual que en las ollas de cocción de momentos formativos, estas mezclas complejas o palimpsestos de residuos pudieron ser el resultados de guisos que combinaron todos los ingredientes, como de cocciones individuales y sucesivas de cada ingrediente. Nuevamente, predominó la multifuncionalidad de los enseres cerámicos y se observa una ausencia de diferenciación en sus usos. Esto permitió plantear la continuidad de las prácticas alimentarias domésticas en momentos incaicos. Esta continuidad no fue el resultado de la preservación de prácticas de los mismos grupos que habitaron el área en el primer milenio de la era, sino que indica que las nuevas poblaciones que repoblaron la zona durante el período incaico (Ratto y Boxaidós, 2012) tenían prácticas domésticas similares, al menos desde el punto de vista culinario.

En contraste, los residuos recuperados en los contenedores cerámicos asociados a la producción, almacenaje, transporte y servicio de bebidas alcohólicas (aríbalos, aribaloides y tinaja Belén) demostraron la existencia de prácticas culinarias en

contextos festivo-ceremoniales, que estuvieron diferenciadas de las prácticas cotidianas. Mientras que las actividades festivas ya habían sido registradas arqueológicamente en los sitios Batungasta, San Francisco Inca y Las Coladas (Ratto, 2003; Orgaz et al., 2007), especialmente a través de características de sus conjuntos cerámicos y el entorno construido, el hallazgo de prácticas de elaboración de bebidas en un sitio residencial (Mishma 7) sugiere una articulación entre las actividades domésticas y las festivas. Es decir que la producción de alimentos y bebidas a ser consumidas en eventos colectivos pueden haber sido preparados en espacios domésticos de los sitios residenciales.

Por otra parte, los modos culinarios en los que fue procesado y consumido el maíz en contextos de segregación social estuvieron vinculados a las demostraciones públicas del poderío incaico. Los aríbalos y aribaloides usados para almacenar, transportar y servir bebidas alcohólicas presentaron perfiles de residuos culinarios que evidenciaron tres tipos de prácticas culinarias: (i) su uso para consumo de aloja, (ii) su uso para consumo de chicha y (iii) su uso para consumo alternado de aloja y chicha. La presencia de residuos de origen animal (en particular grasa de camélido) es además evidencia de la práctica de impermeabilización de las paredes internas de los contenedores, cuyo objetivo habría sido evitar la transpiración de la matriz cerámica y asegurar la buena conservación de los líquidos en su interior. Asimismo, el uso de estos contenedores para almacenar líquidos se apoya en sus características morfológicas (cuellos restringidos y grandes volúmenes) y en la ausencia de rastros de uso (como hollín), que nos llevan a descartar la posibilidad de que hayan sido usados para cocinar guisos.

En el caso de la tinaja Belén, también se identificaron residuos culinarios que apuntaron a prácticas de elaboración y/o almacenamiento de bebidas alcohólicas. Otros autores han asociado a las tinajas Belén a usos funerarios, de almacenamiento de granos y para cocción de alimentos en el fuego (Amuedo, 2012). En nuestro caso, la ausencia de rastros de uso tales como hollín en la superficie externa o alteraciones de

uso en la matriz cerámica por acción térmica indicaron que la tinaja no fue expuesta al fuego luego de su fabricación, y por lo tanto no sirvió como olla para la cocción de guisos. Esto da cuenta de la diversidad de usos de estilos tecnológicos similares. Por otra parte, se identificaron residuos de grasa animal en los residuos de esta tinaja, indicando que las paredes fueron impermeabilizadas para su uso como contenedor de líquidos. Además, la presencia de residuos de origen vegetal es evidencia de que estos líquidos fueron bebidas fermentadas a base de plantas. Las señales isotópicas detectadas indicaron que en esta tinaja se alternó la preparación de chicha de maíz y de aloja de algarroba.

La evidencia de las variaciones en las prácticas de producción y consumo de bebidas alcohólicas a base de maíz y algarroba puede interpretarse como una estrategia de resistencia al incario por parte de las poblaciones catamarqueñas, específicamente mediante la supervivencia de sus prácticas. La práctica de producción y consumo de aloja ha sido rastreada etnohistóricamente a tradiciones catamarqueñas muy fuertemente arraigadas, tales como la festividad del Chiqui, que tiene orígenes muy antiguos (Gentile, 2001; Orgaz, 2012). Por otra parte, aunque la práctica de consumo de chicha seguramente existió localmente previo a la instalación incaica, una vez que el Estado se estableció, fue uno de los símbolos más importantes de la estrategia de dominación imperial (Hastorf y Johannessen, 1993; Bray, 2003; Logan et al., 2012). Por lo tanto la coexistencia de chicha y aloja en los mismos escenarios rituales (San Francisco Inca y Las Coladas) son indicativos de cierta permeabilidad de las prácticas festivas para incorporar elementos locales a los rituales auspiciados por la administración estatal. Además resulta llamativo que las mezclas de residuos de chicha y aloja fueron registradas en la tinaja Belén, en los aribaloides (adaptaciones locales de formas cuzqueñas) y en aríbalos con decoración Inca provincial (imitaciones de estilos cuzqueños) (Calderari y Williams, 1991). Esto sugiere que se habrían seleccionado cerámicas que encarnaron estilísticamente la convivencia de prácticas locales y estatales para contener bebidas que representaron precisamente esta coexistencia (Orgaz, 2012).

Las prácticas alimentarias asociadas a contextos festivo-ceremoniales auspiciadas por el Estado incaico constituyeron nuevas formas de consumo basadas en la reciprocidad asimétrica, que significaron una ruptura con respecto a las prácticas formativas en las que no se observaron eventos de comensalidad orientados a la acumulación de poder. Asimismo, implicaron una segregación de las prácticas domésticas durante el período incaico, ya que los usos del maíz (así como también de la algarroba), cobraron nuevos significados simbólicos al ser utilizados para la fabricación de bebidas alcohólicas. Estas nuevas prácticas seguramente generaron una nueva configuración social sobre la base de acuerdos y alianzas entre las poblaciones locales y la administración estatal.

En síntesis, retomando la hipótesis inicial, las prácticas alimentarias del oeste de Tinogasta entre los siglos III y XVI d. C. tuvieron un alcance multidimensional, ya que fueron indicadores y estuvieron a la vez atravesados por la organización social, política e ideológica de los contextos socio-históricos del lapso estudiado. Por lo tanto se puede afirmar que las prácticas alimentarias son indicadoras de las continuidades y los cambios en las organizaciones sociopolíticas de las poblaciones que habitaron el oeste tinogasteño prehispánico.

CAPÍTULO 11: CONCLUSIONES

CAPÍTULO 11: CONCLUSIONES

Cada uno de los capítulos precedentes constituyó un peldaño para cumplir el objetivo general de esta tesis que fue conocer las prácticas de preparación y consumo de maíz (*Zea mays*) llevadas a cabo por sociedades agro-pastoriles y estatales del oeste de Tinogasta entre los siglos III a XVI d. C. Los resultados de las distintas vías de análisis, y la integración de la información arqueológica existente con la nueva información arqueométrica generada en esta investigación permitieron un acercamiento a las prácticas culinarias de las poblaciones tinogasteñas prehispánicas.

En este sentido, se cumplió con los objetivos específicos propuestos al inicio de la tesis (Capítulo 1). En primer lugar, se conocieron los ingredientes utilizados en la preparación de las recetas, tales como las plantas C₃ (principalmente poroto y algarroba), las plantas C₄ (maíz), los camélidos silvestres (vicuña y guanaco) y domésticos (llama), y otros animales no determinables. Se observaron las técnicas de procesamiento de alimentos (guisados y fermentados) y técnicas de acondicionamiento de los enseres cerámicos (impermeabilización de superficies internas con grasa animal). Además, se relacionaron las diferentes prácticas culinarias con los distintos tipos de recipientes cerámicos. Entre ellas se puede mencionar el uso de las ollas culinarias para guisar alimentos, el uso de la tinaja Belén para elaborar y/o almacenar bebidas alcohólicas, y el uso de los aríbalos y aribaloides para almacenar, transportar y/o servir bebidas alcohólicas. Se remarca nuevamente que los resultados alcanzados en esta investigación reflejan las prácticas de preparación y consumo de alimentos, y no así las dietas de las poblaciones bajo estudio, que constituyen otra problemática diferente y que requiere de la discusión de una serie indicadores específicos que no fueron abordados en esta tesis.

En segundo lugar, se estudió la transmisión y reproducción de las prácticas relacionadas con el consumo de maíz tanto en los entornos domésticos como festivos de los diferentes contextos sociohistóricos de procedencia de las muestras. Las sociedades formativas que habitaron la región en los siglos III a XIII d. C. tuvieron fuertes mecanismos de transmisión y reproducción de prácticas alimentarias fundadas en la comensalidad doméstica y la reciprocidad simétrica. La variabilidad en la preparación de distintos guisos que combinaron diferentes ingredientes dentro de un universo de alimentos compartido fue lo que caracterizó a las prácticas domésticas a lo largo del primer milenio. Esta continuidad culinaria estuvo enmarcada en un proceso caracterizado por la repetitividad de las prácticas de las sociedades formativas. La ausencia de prácticas culinarias segregadas son indicadoras de que las sociedades formativas del oeste tinogasteño tuvieron un bajo grado de heterogeneidad social y que la alimentación no tuvo un rol particular en una exhibición de poder a través de eventos festivo-ceremoniales. Esto no quiere decir que las sociedades formativas no tuviesen una vida religiosa asociada a la comensalidad sino que no existió un acervo cerámico particular, ni un espacio segregado de consumo, que diferenciara el consumo de alimentos en contextos religiosos de los cotidianos. Estas características fueron coincidentes con el modelo de "modo de vida formativo" tal como fue planteado para el oeste de Tinogasta en el primer milenio d. C. (Ratto et al., 2014)

Por otra parte, los procesos de reproducción y transmisión de las prácticas culinarias formativas se interrumpieron, o al menos fueron afectadas, por el abandono del valle mesotérmico a fines del siglo X. Esto se debió a que el fondo del valle no reunía condiciones de habitabilidad debido a procesos de inestabilidad ambiental (Ratto et al. 2013; Ratto 2013). El resultado fue el movimiento de las poblaciones hacia las tierras altas, en las cuales siguen reproduciendo sus modos de vida aún en el siglo XIII (Ratto 2013).

Luego de este período de inestabilidad, el repoblamiento del área por poblaciones de otros valles catamarqueños sucedió bajo la administración Inca entre los siglos XIV y

XVI d. C. (Ratto 2013). Observamos que en estos momentos es cuando cambiaron las prácticas de consumo de maíz. Aunque las prácticas domésticas de los grupos movilizados por el incario fueron muy similares a aquellas del primer milenio, se incorporaron nuevas formas de consumo basadas en la reciprocidad asimétrica entre el Estado y las poblaciones locales y/o anexadas a la región, generando una reconfiguración social sobre la base de acuerdos y alianzas donde las prácticas alimentarias jugaron un papel sustancial.

En tercer lugar, se contribuyó a definir la esfera simbólica del maíz en los distintos contextos socio-históricos de donde provienen las muestras analizadas. Como se argumentó anteriormente, los modos de consumir maíz por parte de las sociedades formativas que habitaron el oeste de Tinogasta en el primer milenio se dieron en contextos de comensalidad doméstica, indicando relaciones de reciprocidad simétrica. Además, la repetitividad de las prácticas culinarias a lo largo del primer milenio indicaría un fuerte arraigo social en los modos de hacer la comida. Asimismo, la circulación de maíz en las redes de interacción existentes entre los distintos pisos altitudinales del área de estudio fueron indicio de que este alimento integró a poblaciones de distintas regiones y formó parte del entramado sociocultural que conformó el paisaje tinogasteño. Todos estos aspectos integraron la esfera simbólica del maíz para las sociedades formativas, ya que fue el hilo que unió a la esfera doméstica (comensalidad) con los paisajes (redes de circulación e interacción) a través del tiempo (repetitividad de las prácticas). En contraste, para las poblaciones tardías-incaicas que habitaron el oeste tinogasteño existieron varias esferas simbólicas del maíz superpuestas entre sí, que abarcaron tanto la vida doméstica como la pública. Al igual que para las poblaciones formativas, el maíz hiló lo doméstico con el paisaje y con las generaciones a través del tiempo. Sin embargo, una nueva esfera ritual se impuso sobre la esfera cotidiana, y estuvo vinculada a nuevos valores simbólicos adquiridos por el maíz en contextos rituales puestos en escena por el Estado incaico. Retomando los conceptos de extensificación e intensificación simbólica del maíz elaborados por Hastorf (1990), el Estado incaico extendió la esfera simbólica del maíz para abarcar

nuevos sentidos que fueron vitales a su estrategia de dominación, mientras que intensificó su simbolismo segregando su uso en espacios de consumo ritual a través de las bebidas alcohólicas a base de maíz (chicha). La convivencia con otras bebidas tales como la aloja son indicio de cierta permeabilidad de las prácticas festivas y la incorporación de elementos locales a los rituales auspiciados por la administración estatal. Esto marca la importancia simbólica de las bebidas alcohólicas, dado que la resistencia simbólica que habría encarnado la aloja refleja la fuerza de la chicha de maíz como símbolo de la dominación imperial.

En esta tesis además se buscó hacer un aporte metodológico a los estudios arqueométricos de los residuos culinarios. La propuesta metodológica de múltiples vías (caracterización química, análisis isotópicos y estudios microscópicos de almidones) fue una herramienta imprescindible para tender puentes entre los resultados arqueométricos y las preguntas arqueológicas. La formación profesional en ambos campos disciplinares fue sumamente valiosa para sortear las limitaciones de cada una e integrar resultados con el objetivo de contestar preguntas de las ciencias humanas con métodos y técnicas de las ciencias naturales. En este trabajo se intentó que la bisagra fuese lo más móvil posible, haciendo invaluable las discusiones con directoras y pares de una y otra disciplina para maximizar los potenciales de ambas en la resolución del problema arqueológico en mano.

Cabe destacar que los resultados alcanzados en esta tesis no sólo fueron el resultado de la articulación entre técnicas analíticas, sino también de la excelente preservación de las muestras arqueológicas y del manejo apropiado de las mismas desde la excavación, el procesamiento en el gabinete arqueológico, el almacenaje en el depósito y la manipulación en el laboratorio químico. Las muestras fueron tratadas cuidadosamente desde el origen, no se lavaron, no se les aplicaron químicos para estabilizarlas o conservarlas, no se remontaron ni restauraron con pegamentos, se guardaron envueltas en aluminio para evitar la contaminación con los plastificantes de

las bolsas, se manipularon con guantes sin polvo, etc. Todo ello contribuyó a que las muestras se encontraran en óptimas condiciones para su análisis.

Las conclusiones de esta tesis, lejos de saldar la problemática planteada, abrieron un abanico de nuevos temas que ameritan ser explorados en futuras investigaciones. Entre ellos se destaca la importancia de la algarroba como ingrediente culinario en el oeste de Tinogasta. El hallazgo de residuos de lípidos y de almidón de este alimento fue notorio y en particular su uso para la fabricación de bebidas alcohólicas como la aloja es un punto que amerita profundizar su estudio. Otro interrogante que merece futuros estudios es el uso de las grasas animales para funciones tanto alimentarias (preparación de guisos) como tecnológicas (impermeabilización de recipientes cerámicos). La investigación de esta tesis se centró desde sus inicios en el consumo de productos vegetales, en particular del maíz, pero a lo largo de su desarrollo los productos animales cobraron protagonismo. Gracias al estudio detallado de los perfiles de ácidos grasos y los análisis isotópicos, se identificaron con éxito biomarcadores de camélidos sudamericanos y se pudo diferenciar entre las especies domésticas y las silvestres. Sin embargo, en un gran conjunto de muestras arqueológicas las grasas animales no pudieron ser caracterizadas de manera precisa. Únicamente se pudo conocer la base alimentaria de dichos animales y por lo tanto inferir si se trataba de presas silvestres de caza o de animales con una alimentación similar a la doméstica, es decir con acceso a los rastrojos de maíz o a los basurales cercanos a las poblaciones humanas (ver diagrama de flujo presentado en la Figura 10.1 del Capítulo 10). Este hallazgo disparó nuevos interrogantes sobre el consumo de animales que no aparecen del todo reflejados en los registros arqueofaunísticos de los sitios del área de estudio. Las discrepancias entre los residuos culinarios y los restos óseos de animales son preguntas que deberán contestarse en el futuro con trabajos interdisciplinarios articulados entre la zooarqueología y la metodología arqueométrica aplicada esta en tesis. Además, para ampliar y profundizar la caracterización e identificación química de los residuos de grasas animales, se hace necesario analizar muestras de referencia de grasas procedentes de un universo amplio de fauna del área de estudio, y centrar la

investigación en la búsqueda de nuevos biomarcadores de otras especies. Una vía prometedora para esto es el estudio de los perfiles de triglicéridos a través de distintas técnicas de espectrometría de masa, que permiten identificar grasas animales de manera más precisa que lo que puede lograrse con los perfiles ácidos grasos (Andrikopoulos, 2002; Mirabaud et al., 2007; Saliu et al., 2011).

En concordancia con lo anterior, en esta tesis nos hemos encontrado con varios casos de palimpsestos de residuos orgánicos, lo cual nos lleva al habitual problema arqueológico de la equifinalidad. Por ejemplo, los residuos culinarios en los que se detectaron mezclas de varios ingredientes ¿fueron el resultado de la cocción de una receta que los combinó de manera simultánea, o de sucesivas recetas que cocinaron a cada ingrediente de manera individual y acumulativa? Este problema, que no es de fácil resolución, nos alerta a los arqueólogos acerca de las limitaciones de la investigación arqueométrica, modera nuestras expectativas con respecto a los análisis ofrecidos por disciplinas de las ciencias naturales, y nos impulsa a realizar trabajos interdisciplinarios y a formarnos en estas disciplinas con una mirada arqueométrica y de arqueología experimental, con la esperanza de encontrar nuevos parámetros que nos permitan desenmarañar, uno a uno, los problemas de equifinalidad.

Los nuevos desafíos están planteados y se espera poder ahondar en ellos en el futuro cercano. Por lo tanto, esta tesis es solo una estación en un largo viaje que continua.

| BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Abiusso N, Cámara Hernández JA. 1974. Los maíces autóctonos de la Quebrada de Humahuaca (Jujuy, Argentina), sus niveles nitrogenados y su composición en aminoácidos. *Revista de la Facultad de Agronomía* 3, época L:1-25.
- Acosta A, Martínez E. 2009. *El buen vivir. Una vía para el desarrollo*. Quito: Abya-Yala.
- Álvarez R, Lavado RS. 1998. Climate, organic matter and clay content relationships in the Pampa and Chaco soils, Argentina. *Geoderma* 83:127-141.
- Amuedo C. 2012. Las conexiones entre las prácticas mortuorias de infantes y los alimentos. La materialidad y los significados generados en el movimiento cotidiano. En: Babot MP, Marschoff M, Pazzarelli F, editores. *Las manos en la masa. Arqueologías, Antropologías e Historias de la Alimentación en Suramérica*. Córdoba: Corintios 13. p 667-692.
- Andrikopoulos N. 2002. Chromatographic and Spectroscopic Methods in the Analysis of Triacylglycerol Species and Regiospecific Isomers of Oils and Fats. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 42:473-505.
- Appadurai A. 1981. Gastro-Politics in Hindu South Asia. *American Ethnologist* 8:494-511.
- Aranda C, Luna L, Ratto N, Yoneda M, Takigami M. 2014. Análisis isotópicos de individuos procedentes de valles mesotérmicos del oeste catamarqueño (Dptos. Andalgalá, Belén y Tinogasta, Catamarca, Argentina). *Chungará*. En prensa.
- Arford MR, Horn SP. 2004. Pollen evidence of the earliest maize agriculture in Costa Rica. *Journal of Latin American Geography* 3:108-115.
- Babot MP, Apella MC. 2003. Maize and Bone: Residues of Grinding in Northwestern Argentina. *Archaeometry* 45:121-132.
- Babot MP, Hocsmán S, Piccón Figueroa RE, Haros MC. 2012. Recetarios prehispánicos y tradiciones culinarias: Casos de la puna argentina. En: Babot MP, Pazzarelli F, Marschoff M, editores. *Las manos en la masa. Arqueologías, Antropologías e Historias de la Alimentación en Suramérica*. Córdoba: Corintios 13. p 235-269.
- Babot MP, Oliszewski N, Grau A. 2007. Análisis de caracteres macroscópicos y microscópicos de *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae, Faboideae) silvestres y cultivados del noroeste argentino: una aplicación arqueobotánica. *Darwiniana* 45:149-162.
- Babot MP, Torrence R, Barton H. 2006. Damage on starch from processing Andean food plants. En: *Ancient Starch Research*. Walnut Creek, CA: Left Coast Press. p 66-67.

- Babot MP. 2005. Plant resource processing by Argentinian Puna hunter-gatherers (ca. 7000-3200 B.P): microfossil record. *Phytolitharien: Bulletin of the Society for Phytolith Research* 17:9-10.
- Babot MP. 2007. Granos de almidón en contextos arqueológicos: posibilidades y perspectivas a partir de casos del Noroeste argentino. En: Marconetto MB, Babot MP, Oliszewski N, editores. *Paleoetnobotánica del Cono Sur: estudios de casos y propuestas metodológicas*. Córdoba: Ferreyra Editor. p 95-125.
- Babot MP. 2009. La cocina, el taller y el ritual: explorando trayectorias del procesamiento vegetal en el noroeste argentino. *Darwiniana* 47:7-30.
- Baldesent J, Chenu C, Balbane M. 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil & Tillage Research* 53:215-230.
- Bannert M, Stamp P. 2007. Cross-pollination of maize at long distance. *European Journal of Agronomy* 27:44-51.
- Bannert M, Vogler A, Stamp P. 2008. Short-distance cross-pollination of maize in a small-field landscape as monitored by grain color markers. *European Journal of Agronomy* 29:29-32.
- Barampama Z, Simard RE. 1993. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) grown in Burundi. *Food Chemistry* 47:159-167.
- Barnard H, Eerkens JW eds. 2007. *Theory and Practice in Archaeological Residue Analysis*. Oxford: BAR International Series 1650, Archaeopress.
- Barthlott W, Neinhuis C, Cutler D, Ditsch F, Meusel I, Theisen I, Wilhemi H. 1998. Classification and terminology of plant epicuticular waxes. *Botanical Journal of the Linnean Society* 126:237-260.
- Bertoft E. 2004. Analysing starch structure. En: Eliasson AC, editor. *Starch in food: Structure, function and applications*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd. p 57-96.
- Bianchi G, Angerosa F, Camera L, Reniero F, Anglani C. 1993. Stable carbon isotope ratios (carbon-13/carbon-12) of olive oil components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 41:1936-1940.
- Blalock HM. 1996. *Estadística social*. México D.F.: Fondo de cultura económica.
- Bonomo N, Osella A, Ratto N. 2010. Detecting and mapping buried buildings with Ground-Penetrating Radar at an ancient village in northwestern Argentina. *Journal of Archaeological Science* 37:3247-3255.
- Bonomo M, Aceituno FJ, Politis GG, Pochettino ML. 2011. Pre-Hispanic horticulture in the Paraná Delta (Argentina): archaeological and historical evidence. *World Archaeology* 43:554-575.

- Boyd M, Varney T, Surette C, Surette J. 2008. Reassessing the northern limit of maize consumption in North America: stable isotope, plant microfossil, and trace element content of carbonized food residue. *Journal of Archaeological Science* 35:2545 - 2556.
- Brady NC, Weil RR. 1996. *The Nature and Properties of Soils*. Eleventh edition. New Jersey: Prentice-Hall.
- Bray T. 2003. Inka Pottery as Culinary Equipment: Food, Feasting, and Gender in Imperial State Design. *Latin American Antiquity* 14:3-28.
- Briggs DEG. 1999. Molecular taphonomy of animal and plant cuticles: Selective preservation and diagenesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B (Biological Sciences)* 354:7-17.
- Brugnoli E, Farquhar GD. 2004. Photosynthetic Fractionation of Carbon Isotopes. En: Leegood RC, Sharkey TD, von Caemmerer S, editores. *Photosynthesis: Physiology and Metabolism*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. p 399–434.
- Bull ID, Bergen PF van, Nott CJ, Poulton PR, Evershed RP. 2000. Organic geochemical studies of soils from the Rothamsted classical experiments—V. The fate of lipids in different long-term experiments. *Organic Geochemistry* 31:389 - 408.
- Cabrera A, Willink A. 1973. *Biogeografía de América Latina*.
- Cadwallader L, Beresford-Jones DG, Whaley OQ, O'Connell TC. 2012. The Signs of Maize? A reconsideration of what $\delta^{13}\text{C}$ values say about palaeodiet in the Andean region. *Human Ecology* 40:487-509.
- Cajal JL. 1998. Las unidades morfoestructurales, el clima, la vegetación y las poblaciones humanas en la Puna y Cordillera Frontal. En: Cajal JL, García Fernández J, Tecchi R, editores. *Bases para la Conservación y Manejo de la Puna y Cordillera frontal de Argentina*. El Rol de las Reservas de Biosfera. Montevideo: FUCEMA-UNESCO.
- Calderari M, Williams V. 1991. Re-evaluación de los estilos cerámicos del noroeste argentino. *Comechingonia* 9:75-95.
- Cámara Hernández JA, Arancibia de Cabezas D. 2007. *Maíces andinos y sus usos en la Quebrada de Humahuaca y regiones vecinas (Argentina)*. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Carrasco E. 1996. Los tubérculos andinos: Tesoro de los Andes. En: *Alimentos del Mundo Andino*. CIP, Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina. Cochabamba: Universidad Mayor de San Simón.
- Charpentier M. 1998. Valores nutricionales de las plantas alimenticias silvestres del Norte Argentino. Reconquista, Santiago del Estero: Instituto de Cultura Popular (INCUPO).
- Charters S, Evershed RP, Goad LJ, Leyden A, Blinkhorn PW, Denham V. 1993. Quantification and distribution of lipid in archaeological ceramics: implications for sampling

- pothserds for organic residue analysis and the classification of vessel use. *Archaeometry* 35:211–223.
- Coates W, Ayerza R. 2004. Fatty acid composition of llama muscle and internal fat in two Argentinian herds. *Small Ruminant Research* 52:231-238.
- Coil J, Korstanje MA, Archer S, Hastorf CA. 2003. Laboratory goals and considerations for multiple microfossil extraction in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 30:991-1008.
- Colombini MP, Giachi G, Modugno F, Pallecchi P, Ribechini E. 2003. The characterization of paints and waterproofing materials from shipwrecks found at the archaeological site of the Etruscan and Roman harbour area of Pisa (Italy). *Archaeometry* 45:659-674.
- Colombini MP, Giachi G, Modugno F, Ribechini E. 2005. Characterisation of organic residues in pottery vessels of the Roman age from Antinoe (Egypt). *Microchemical Journal* 79:83-90.
- Colombini MP, Modugno F, Giacomelli M, Francesconi S. 1999. Characterisation of proteinaceous binders and drying oils in wall painting samples by gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 846:113-124.
- Colombini MP, Modugno F, Menicagli E, Fuoco R, Giacomelli A. 2000. GC-MS characterization of proteinaceous and lipid binders in {UV} aged polychrome artifacts. *Microchemical Journal* 67:291 - 300.
- Colombini MP, Modugno F. 2009. *Organic Mass Spectrometry in Art and Achaeology*. Chichester: Wiley.
- Condamin J, Formenti F, Metais MO, Michel M, Blond P. 1976. The application of gas chromatography to the tracing of oil in ancient amphorae. *Archaeometry* 18:195-201.
- Coplen TB, Brand WA, Gehre M, Groning M, Meijer B, Toman B, Verkouteren. 2006. New Guidelines for $\delta^{13}\text{C}$ Measurements. *Analytical Chemistry* 78:2439-2441.
- Copley MS, Bland HA, Rose P, Horton M, Evershed RP. 2005. Gas chromatographic, mass spectrometric and stable carbon isotopic investigations of organic residues of plant oils and animal fats employed as illuminants in archaeological lamps from Egypt. *Analyst* 130:860-871.
- Cordero JA, March RJ, Ramos M, Lanza M, Helfer V, Pernicone V, Bognanni F, Landa C, Aldazábal V, et al. 2013. Análisis de ácidos grasos en fragmentos cerámicos del noroeste de la Patagonia argentina por GC y GC-MS. En: *Arqueometría Argentina. Estudios pluridisciplinarios*. Luján: Aspha Ediciones y Universidad Nacional de Luján. p 195-220.
- Cordero JA. 2010. *Explotación animal en el Holoceno del noroeste de la Patagonia argentina. Cambios climáticos y transformaciones del comportamiento humano: una primera aproximación*.

- Cortella AR, Pochettino ML. 1994. Starch Grain Analysis as a Microscopic Diagnostic Feature in the Identification of Plant Material. *Economic Botany* 48:171-181.
- Cortella AR, Pochettino ML. 1995. Comparative Morphology of Starch of Three Andean Tubers. *Starch - Stärke* 47:455-461.
- Cortéz A, Wild-Altamirano C, Bressani R, Braham J, Behar M. 1972. Contribución a la tecnología de la harina de maíz. Mejoramiento nutricional del maíz. Bressani R, Braham JE, Behar M, (eds). Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP):12-14.
- Craig O, Saul H, Lucquin A, Nishida Y, Taché K, Clarke L, Thompson A, Altoft D, Uchiyama J, et al. 2013. Earliest evidence for the use of pottery. *Nature* 496:351-354.
- Craig OE, Forster M, Andersen SH, Koch E, Crombé P, Milner NJ, Stern B, Bailey GN, Heron CP. 2007. Molecular and isotopic demonstration of the processing of aquatic products in Northern European prehistoric pottery. *Archaeometry* 49:135-152.
- Craig OE, Love GD, Isaksson S, Taylor G, Snape CE. 2004. Stable carbon isotopic characterisation of free and bound lipid constituents of archaeological ceramic vessels released by solvent extraction, alkaline hydrolysis and catalytic hydrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 71:613-634.
- Crowther A. 2005. Starch residues on undecorated Lapita pottery from Anir, New Ireland. *Archaeology in Oceania* 40:62-66.
- Crowther A. 2012. The differential survival of native starch during cooking and implications for archaeological analyses: a review. *Archaeological and Anthropological Sciences* 4:221-235.
- Dantas M, Figueroa GG, Laguens A. 2014. Llamas in the Cornfield: Prehispanic Agro-Pastoral System in the Southern Andes. *International Journal of Osteoarchaeology* 24:149-165.
- Dassié EP, Lemley GM, Linsley BK. 2013. The Suess effect in Fiji coral $\delta^{13}\text{C}$ and its potential as a tracer of anthropogenic (CO_2) uptake. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 370:30 - 40.
- Deines P. 1980. The isotopic composition of reduced organic carbon. En: Fritz P, Fontes JC, editores. *The Terrestrial Environment*. New York: Elsevier Scientific Publishing Company. p 239-406.
- Díaz HB. 1962. Especies arbóreas más comunes de las zonas ganaderas de la Provincia de Tucumán que sirven de alimento al ganado. *Turrialba* 12:95-199.
- Dickau R, Bruno MC, Iriarte J, Prümers H, Jaimes Betancourt C, Holst I, Mayle FE. 2012. Diversity of cultivars and other plant resources used at habitation sites in the Llanos de Mojos, Beni, Bolivia: evidence from macrobotanical remains, starch grains, and phytoliths. *Journal of Archaeological Science* 39:357-370.

- Dickau R, Ranere AJ, Cooke RG. 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* 104:3651-3656.
- Dietler M. 2006. Alcohol: Anthropological/Archaeological Perspectives. *Annual Review of Anthropology* 35:229-249.
- Docherty G, Jones V, Evershed RP. 2001. Practical and theoretical considerations in the gas chromatography/combustion/isotope ratio mass spectrometry $\delta^{13}\text{C}$ analysis of small polyfunctional compounds. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 15:730-738.
- Doolittle WE, Frederick CD. 1991. Phytoliths as indicators of prehistoric maize (*Zea mays* subsp. *mays*, Poaceae) cultivation. *Plant systematics and evolution* 177:175-184.
- Douglas M, Isherwood BC. 1979. *El mundo de los bienes: Hacia una antropología del consumo*. Grijalbo. México D.F.
- Drennan RD. 1996. *Statistics for archaeologists. A Commonsense Approach*. New York: Plenum Press.
- Dudd SN, Evershed RP, Gibson AM. 1999. Evidence for Varying Patterns of Exploitation of Animal Products in Different Prehistoric Pottery Traditions Based on Lipids Preserved in Surface and Absorbed Residues. *Journal of Archaeological Science* 26:1473 - 1482.
- Dudd SN, Regert M, Evershed RP. 1998. Assessing microbial lipid contributions during laboratory degradations of fats and oils and pure triacylglycerols absorbed in ceramic potsherds. *Organic Geochemistry* 29:1345 - 1354.
- Eerkens JW. 2005. GC-MS analysis and fatty acid ratios of archaeological potsherds from the western great basin of North America. *Archaeometry* 47:83-102.
- Eerkens JW. 2007. Organic Residue Analysis and the Decomposition of Fatty Acids in Ancient Potsherds. En: Barnard H, Eerkens JW, editores. *Theory and Practice in Archaeological Residue Analysis*. Oxford: BAR International Series 1650, Archaeopress. p 90-98.
- Escudero NI, Fernández S, Albarracín G, Lúquez GN de, Arrellano LM, Mucciarelli S. 1999. Estudio de la composición química, de dos especies vegetales silvestres en comparación con la acelga. *Archivos latinoamericanos de nutrición* 49:40-43.
- Eugène NN, Jaques E, Désiré TV, Paul B. 2010. Effects of some physical and chemical characteristics of soil on productivity and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) in coastal region (Cameroon). *African Journal of Environmental Science and Technology* 4:108-114.
- Evershed RP, Dudd SN, Charters S, Mottram H, Stott AW, Raven A, van Bergen PF, Bland HA. 1999. Lipids as carriers of anthropogenic signals from prehistory. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 354:19-31.

- Evershed RP, Dudd SN, Copley MS, Berstan R, Stott AW, Mottram H, Buckley SA, Crossman Z. 2002. Chemistry of archaeological animal fats. *Accounts of Chemical Research* 35:660-668.
- Evershed RP, Mottram HR, Dudd SN, Charters S, Stott AW, Lawrence GJ, Gibson AM, Conner A, Blinkhorn PW, et al. 1997. New Criteria for the Identification of Animal Fats Preserved in Archaeological Pottery. *Naturwissenschaften* 84:402-406.
- Evershed RP. 1993. Biomolecular archaeology and lipids. *World Archaeology* 25:74-93.
- Evershed RP. 2008. Organic residue analysis in archaeology: the archaeological biomarker revolution. *Archaeometry* 50:895-924.
- Fallabella FM, Planella MT, Tykot RH. 2008. El maíz (*Zea mays*) en el mundo prehispánico de Chile central. *Latin American Antiquity* 19:25-46.
- Feely A, Pirola M, Vilas L, Lantos I. 2010. Estructuras para la cocción de artefactos cerámicos en La Troya (Tinogasta, Catamarca). En: Bárcena JR, Chiavazza H, editores. *Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Argentina*. Vol. V. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo. p 2051-2056.
- Feely A, Ratto N. 2009. Variaciones de los conjuntos cerámicos de unidades domésticas: aldeas y puestos formativos del bolsón de Fiambalá (ca. 1500-1300 AP). En: Ratto N, editor. *Entrelazando ciencias: sociedad y ambiente antes de la conquista española*. Buenos Aires: Eudeba. p 99-129.
- Feely A. 2010. Tradición cerámica y límites sociales en el valle de Fiambalá (Dto. Tinogasta, Catamarca). Tesis doctoral inédita. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- Feely A. 2013. Los modos de hacer las vasijas: elecciones técnicas y estilos tecnológicos del oeste tinogasteño (Catamarca). En: Ratto N, editor. *Delineando prácticas de la gente del pasado: Los procesos sociohistóricos del oeste catamarqueño*. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología. p 69-133.
- Ferrer ME, Solari L, Hourquescos MJ. 1998. Maíz: Los Recursos fitogenéticos en Argentina. Pergamino: EEA Pergamino.
- Fiore D, Maier MS, Parera SD, Orquera L, Piana E. 2008. Chemical analyses of the earliest pigment residues from the uttermost part of the planet (Beagle Channel region, Tierra del Fuego, Southern South America). *Journal of Archaeological Science* 35:3047 - 3056.
- Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226:497-509.
- Freyre M, Astrada E, Blasco C, Baigorria C, Rozycki V, Bernardi C. 2003. Valores nutricionales de frutos de vinal (*Prosopis ruscifolia*): consumo humano y animal. *Ciencia y Tecnología Alimentaria, Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos* 4:41-46.

- Gannes LZ, O'Brien DM, Martinez del Rio C. 1997. Stable Isotopes in Animal Ecology: Assumptions, Caveats, and a Call for More Laboratory Experiments. *Ecology* 78:1271-1276.
- Gentile M. 2001. Chiqui: Ethnohistoria de una creencia andina en el Noroeste Argentino. *Bulletin de l'Institut Francais d'Études Andines* 30:27-102.
- Gil AF, Neme GA, Tykot RH, Novellino P, Cortegoso V, Dura V. 2009. Stable Isotopes and Maize Consumption in Central Western Argentina. *International Journal of Osteoarchaeology* 19:215-236.
- Giovannetti MA, Lantos I, Defacio R, Ratto N. 2012. Construcción de un banco de almidones de variedades nativas de *Zea mays* L. del noroeste argentino: Propuesta metodológica y primeros resultados. En: Babot MP, Marschoff M, Pazzarelli F, editores. *Las manos en la masa: Arqueologías, Antropologías e Historias de la Alimentación en Suramérica*. Córdoba: Corintios 13. p 361-385.
- Giovannetti MA, Lema VS, Bartoli CG, Capparelli A. 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* 35:2973-2985.
- Giovannetti MA. 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 inédita, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.
- Giovannetti MA. 2013. Propuesta para la recolección de microvestigios arqueobotánicos en morteros fijos. *Comechingonia* 17:189-199.
- Goldstein D. 2003. From Stew-Eaters to Maize-Drinkers. The Chicha Economy and the Tiwanaku expansion. En: Bray T, editor. *The Archaeology and Politics of Foods and Feasting in Early States and Empires*. New York: Kluwer Academic/ Plenum Publishers. p 143-172.
- Gonfiantini R. 1978. Standards for stable isotope measurements in natural compounds. *Nature* 271:534-536.
- González MI, Frere MM, Frontini R. 2012. Formas de ollas de cerámica pampeana y consumo de alimentos. En: Babot MP, Marschoff M, Pazzarelli F, editores. *Las manos en la masa. Arqueologías, Antropologías e Historias de la Alimentación en Suramérica*. Córdoba: Corintios 13. p 405-424.
- González MI, Frere MM. 2004. Analysis of Potsherd Residues and Vessel Use in Hunter-Gatherer-Fisher Groups (Pampean Region, Argentina). En: *General Sessions and Posters. Archaeometry, University of Liège, Belgium*. BAR. Oxford: BAR International Series 1270. p 27-36.

- González MI, Frere MM. 2009. Talares y paisaje fluvial bonaerense: arqueología del río Salado. *Intersecciones en Antropología* 10:249-265.
- González MI. 2005. *Arqueología de alfareros, cazadores y pescadores pampeanos*. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología.
- Grassineau NV. 2006. High-precision EA-IRMS analysis of S and C isotopes in geological materials. *Applied Geochemistry* 21:756 - 765.
- Gregg MW, Banning EB, Gibbs K, Slater GF. 2009. Subsistence practices and pottery use in Neolithic Jordan: molecular and isotopic evidence. *Journal of Archaeological Science* 36:937 - 946.
- Grobb RL, Barry EF. 2004. *Modern Practice of Gas Chromatography*. 4th edition. Hoboken, NJ: Wiley.
- Gumerman G. 1997. Food and Complex Societies. *Journal of Archaeological Method and Theory* 4:105-139.
- Haas J, Creamer W, Huamán Mesía L, Goldstein D, Reinhard K, Vergel Rodríguez C. 2013. Evidence for maize (*Zea mays*) in the Late Archaic (3000–1800 B.C.) in the Norte Chico region of Peru. *Proceedings of the National Academy of Science* 110:4945–4949.
- Hadley NF. 1981. Cuticular lipids of terrestrial plants and arthropods: a comparison of their structure, composition, and waterproofing function. *Biological Reviews* 56:23–47.
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologica Electronica* 4:1-19. http://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Harrabi S, Boukhchina S, Mayer PM, Kallel H. 2009. Policosanol distribution and accumulation in developing corn kernels. *Food Chemistry* 115:918-923.
- Hart JP, Lovis WA, Schulenberg JK, Urquhart GR. 2007. Paleodietary Implications from Stable Carbon Isotope Analysis of Experimental Cooking Residues. *Journal of Archaeological Science* 34:804-813.
- Hart JP, Urquhart GR, Feranec RS, Lovis WA. 2009. Non-linear relationship between bulk $\delta^{13}C$ and percent maize in carbonized cooking residues and the potential of false-negatives in detecting maize. *Journal of Archaeological Science* 36:2206-2212.
- Hart TC. 2011. Evaluating the usefulness of phytoliths and starch grains found on survey artifacts. *Journal of Archaeological Science* 38:3244-3253.
- Haslam M. 2004. The decomposition of starch grains in soils: implications for archaeological residue analyses. *Journal of Archaeological Science* 31:1715-1734.
- Hassnik J, Whitmore AP. 1997. A model of the physical protection of organic matter in soils. *Soil Science Society of America Journal* 61:131-139.

- Hastorf CA, Johannessen S. 1993. Pre-Hispanic political change and the role of maize in the Central Andes of Peru. *American Anthropologist* 95:115-138.
- Hastorf CA. 1990. The Effect of the Inka State on Sausa Agricultural Production and Crop Consumption. *American Antiquity* 55:262-290.
- Hayes JM, Freeman KH, Popp N, Hoham CH. 1990. Compound specific isotope analysis, a novel tool for reconstruction of ancient biochemical processes. *Organic Geochemistry* 16:1115-1128.
- Henry AG, Hudson HF, Piperno DR. 2009. Changes in starch grain morphologies from cooking. *Journal of Archaeological Science* 36:915-922.
- Hilgert N, Gil G. 2005. Traditional andean agriculture and changing processes in the Zenta river basin, Salta, Northwestern Argentina. *Darwiniana* 43:30-43.
- Hita C, Parlanti E, Jambu P, Joffre J, Amblès A. 1996. Triglyceride degradation in soil. *Organic Geochemistry* 25:19 - 28.
- Holst I, Moreno JE, Piperno DR. 2007. Identification of teosinte, maize, and *Tripsacum* in Mesoamerica by using pollen, starch grains, and phytoliths. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104:17608-17613.
- Horn SP, Kennedy LM. 2001. Pollen Evidence of Maize Cultivation 2700 BP at La Selva Biological Station, Costa Rica. *Biotropica* 33:191-196.
- Horrocks M, Campbell M, Gumbley W. 2007. A short note on starch and xylem of *Ipomoea batatas* (sweet potato) in archaeological deposits from northern New Zealand. *Journal of Archaeological Science* 34:1441-1448.
- IBM. 2010. SPSS Statistics.
- Illescas F, Cañizo A, Musaubach MG, Berón M. 2012. De ollas, aceites y otras yerbas. Análisis complementarios sobre alfarería pampeana. En: Babot MP, Marschoff M, Pazzarelli F, editores. *Las manos en la masa. Arqueologías, Antropologías e Historias de la Alimentación en Suramérica*. Córdoba: Corintios 13. p 387-404.
- Jackson JE. 2005. *A user's guide to principal components*. John Wiley & Sons.
- Jackson MA, Eller FJ. 2006. Isolation of long-chain aliphatic alcohols from beeswax using lipase-catalyzed methanolysis in supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids* 37:173 - 177.
- Jane JL, Maningat CC, Wongsanosup R. 2010. Starch Characterization, Variety and Application. En: Singh BP, editor. *Industrial Crops and Uses*. Oxfordshire & Cambridge: CABI. p 207-235.
- Johannessen S, Hastorf CA eds. 1994. *Corn and Culture in the Prehistoric New World*. Boulder: Westview Press.

- Johnson EJ, Dorot O, Liu J, Chefetz B, Xing B. 2007. Spectroscopic Characterization of Aliphatic Moieties in Four Plant Cuticles. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 38:2461-2478.
- Killian Galván VA, Oliszewski N, Olivera DE, Panarello H. 2013. Intraspecific variability in the $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values of archaeological samples of *Zea mays* cobs (Northeastern Argentinean Puna). En: *Physical, Chemical and Biological Markers in Argentine Archaeology: Theory, Methods and Applications*. British Archaeological Reports (BAR) International Series. Oxford: Archaeopress. En prensa.
- Kligmann D, Lantos I. 2013. On soups and sediments: Contributions of experimental lab and field archaeology to the study of sedimentological modifications. En: Kligmann D, Morales M, editores. *Physical, Chemical and Biological Markers in Argentine Archaeology: Theory, Methods and Applications*. British Archaeological Reports (BAR) International Series. Oxford: Archaeopress. p 131-147. En prensa.
- Korstanje MA, Babot MP. 2007. Microfossils characterization from south Andean economic plants. En: Madella M, Zurro D, editores. *Plants, people and places: recent studies in phytolith analysis*. Oxford: Oxbow Books. p 41-72.
- Korstanje MA, Cuenya P. 2010. Ancient agriculture and domestic activities: a contextual approach studying silica phytoliths and other microfossils in soils. *Environmental Archaeology* 15:43-63.
- Kraemer H. 1907. *A Text-book of Botany and Pharmacognosy*. Philadelphia & London: Lippincott.
- Krull E, Baldock J, Skjemstad J. 2001. Soil texture effects on decomposition and soil carbon storage. En: *NEE Workshop Proceedings*. p 103-110.
- Lantos I. 2013. De residuos y vasijas: prácticas alimentarias en el oeste tinogasteño. En: Ratto N, editor. *Delineando prácticas de la gente del pasado: Los procesos sociohistóricos del oeste catamarqueño*. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología. p 379-402.
- Lavalle MC, Mengascini A. 2007. Almidón de reserva en especies neotropicales de *Marattia* (Marattiaceae-Pteridofitas). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 64:79-85.
- Lema V, Della Negra C, Bernal V. 2012a. Explotación de recursos vegetales silvestres y domesticados en Neuquén: implicancias del hallazgo de restos de maíz y algarrobo en artefactos de molienda del holoceno tardío. *Magallania* 40:229-247.
- Lema VS, Capparelli A, Martínez A. 2012b. Las vías del algarrobo: antiguas preparaciones culinarias en el noroeste argentino. En: *Las manos en la masa. Arqueologías, Antropologías e Historias de la Alimentación en Suramérica*. Córdoba: Corintios 13. p 639-666.
- Lema VS. 2012. Nuevas ideas sobre la domesticación ¿nuevas ideas sobre el Formativo? Aportes para una relectura crítica. En: *Taller de Arqueología del Periodo Formativo en Argentina*. Tafí del Valle.

- Lentfer C. 2009. Building a comparative starch reference collection for Indonesia and its application to palaeoenvironmental and archaeological research. *Terra Australis* 30:80-101.
- Lévi-Strauss C. 1965. Le triangle culinaire. *L'Arc* 26:19-29.
- Lia VV, Confalonieri VA, Ratto N, Cámara Hernández JA, Miente Alzogaray MA, Poggio L, Browns TA. 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.
- Lindeboom N, Chang PR, Tyler RT. 2004. Analytical, Biochemical and Physicochemical Aspects of Starch Granule Size, with Emphasis on Small Granule Starches: A Review. *Starch/Stärke* 56:89-99.
- Logan AL, Hastorf CA, Pearsall DM. 2012. «Let's drink together»: Early ceremonial use of maize in the Titicaca basin. *Latin American Antiquity* 23:235-258.
- Loy TH, Spriggs M, Wickler S. 1992. Direct evidence for human use of plants 28,000 years ago: starch residues on stone artefacts from the northern Solomon islands. *Antiquity* 66:898-912.
- Loy TH. 1992. *Methods in the analysis of starch residues on prehistoric stone tools*. New York: Routledge.
- Lyons D. 2007. Integrating African cuisines. Rural cuisine and identity in Tigray, highland Ethiopia. *Journal of Social Archaeology* 7:346-372.
- Maier MS, Faria DLA, Boschín MT, Parera SD, Bernal del Castillo MF. 2007. Combined use of vibrational spectroscopy and GC-MS methods in the characterization of archaeological pastes from Patagonia. *Vibrational Spectroscopy* 44:182 - 186.
- Maier MS, Faria DLA de, Boschín MT, Parera SD. 2005. Characterization of reference lipids and their degradation products by Raman spectroscopy, nuclear magnetic resonance and gas chromatography-mass spectrometry. *ARKIVOC Archive for Organic Chemistry* 12:311-318.
- Malainey ME, Przybylski R, Sherriff BL. 1999a. Identifying the Former Contents of Late Precontact Period Pottery Vessels from Western Canada using Gas Chromatography. *Journal of Archaeological Science* 26:425 - 438.
- Malainey ME, Przybylski R, Sherriff BL. 1999b. The Effects of Thermal and Oxidative Degradation on the Fatty Acid Composition of Food Plants and Animals of Western Canada: Implications for the Identification of Archaeological Vessel Residues. *Journal of Archaeological Science* 26:95 - 103.
- Malainey ME, Przybylski R, Sherriff BL. 1999c. The Fatty Acid Composition of Native Food Plants and Animals of Western Canada. *Journal of Archaeological Science* 26:83 - 94.

- Mamani-Linares W, Cayo R F. 2011. Características físico-químicas del charqui de llama. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 22:290 - 300.
- March RJ, Lucquin A, Delphine J, Ferreri JC, Muhieddine M. 2014. Processes of formation and alteration of archaeological fire structures: Complexity viewed in the light of experimental approaches. *Journal of Archaeological Method and Theory*. 21:1-45.
- Martínez Carretero E. 1995. La Puna Argentina: Delimitación General y división en Distritos Florísticos. *Boletín Sociedad Argentina de Botánica* 31:27-40.
- Martínez M, Badini R, Spahn G, Aguilar R, Silva M, Tomasoni M, Mezquida G, Casini C. 2007. Valores de referencia del maní de Córdoba. En: Resúmenes y trabajos presentados, Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. Manfredi, Córdoba: Publicaciones INTA.
- Martínez Marín AL, Pérez-Hernández M, Pérez Alba L, Gómez Castro G, Carrión Pardo D. 2010. Metabolismo de los lípidos en los rumiantes. *REDVET, Revista electrónica de Veterinaria* 11:1695-7504.
- Martínez S, Curros A, Bermúdez J, Carballo J. 2006. Perfil de ácidos grasos de la grasa de tres variedades de pimientos (Arnoia, Fresno de la Vega y los Valles-Benavente). Influencia del grado de maduración. *Grasas y Aceites* 57:415-421.
- Matsuoka Y, Vigouroux Y, Goodman MM, Sánchez GJ, Buckler E, Doebley J. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99:6080-6084.
- McMurray J. 2008. *Química orgánica*. 7ma edición. México D.F.: Cengage Learning Ediciones.
- McNair HM, Miller JM. 2011. *Basic Gas Chromatography*. 2nd edition. Hoboken, NJ: Wiley.
- Medina ME, López ML, Berberían EE. 2009. Agricultura y recolección en el tardío prehispánico de las sierras de Córdoba (Argentina): el registro Arqueobotánico de C.PUN.39. *Arqueología* 15:217-230.
- Meier-Augenstein W, Kemp HF. 2009. Stable Isotope Analysis: General Principles and Limitations. En: *Wiley Encyclopedia of Forensic Science*. John Wiley & Sons, Ltd. Available from: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470061589.fsa1041>
- Meier-Augenstein W. 1999. Applied gas chromatography coupled to isotope ratio mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 842:351 - 371.
- Meier-Augenstein W. 2002. Stable isotope analysis of fatty acids by gas chromatography–isotope ratio mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* 465:63 - 79.
- Messner TC, Dickau R, Harbison J. 2008. Starch grain analysis: Methodology and applications in the Northeast. En: Hart JP, editor. *Current Northeast Paleoethnobotany II*, New York State Museum, Albany. Albany, NY: New York State Museum. p 111-128.
- Michener R, Lajtha K. 2007. *Stable isotopes in ecology and environmental science*. Malden, MA: Blackwell.

- Mickleburgh HL, Pagán-Jiménez JR. 2012. New insights into the consumption of maize and other food plants in the pre-Columbian Caribbean from starch grains trapped in human dental calculus. *Journal of Archaeological Science* 39:2468 - 2478.
- Miller D. 1995. Consumption and Commodities. *Annual Review of Anthropology* 24:141-161.
- Miller MJ, Capriles JM, Hastorf CA. 2010. The fish of Lake Titicaca: implications for archaeology and changing ecology through stable isotope analysis. *Journal of Archaeological Science* 37:317-327.
- Mintz S, Du Bois C. 2002. The Anthropology of Food and Eating. *Annual Review of Anthropology* 31:99-119.
- Mirabaud S, Rolando C, Regert M. 2007. Molecular Criteria for Discriminating Adipose Fat and Milk from Different Species by NanoESI MS and MS/MS of Their Triacylglycerols: Application to Archaeological Remains. *Analytical Chemistry* 79:6182-6192.
- Mirón E. 2002. Análisis de Lípidos: Un estudio de arqueología experimental de residuos de maíz en cerámica de Santa Apolonia, Chimaltenango. En: Laporte JP, Escobedo H, Arroyo B, editores. XV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología. p 446-452.
- Miyano JP. 2013. Análisis zooarqueológico del núcleo habitacional n°6 de la aldea formativa de Palo Blanco: una aproximación a la integridad de la muestra. En: Delineando prácticas de la gente del pasado: los procesos socio-históricos del oeste tinogasteño. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Antropología. p 435-447.
- Miyano JP. 2014. Zooarqueología de aldeas del primer milenio de la era: el caso del NH6 de Palo Blanco (Tinogasta, Catamarca). Tesis de Licenciatura inédita, Departamento de Ciencias Antrpológicas, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- Molestina CJ. 1987. Germoplasma de Maíz en el Cono Sur De América. Montevideo: IICA-BID-PROCISUR.
- Montero C, Hongn F, Seggiaro R, Marreu R, Ratto N. 2009. Relación entre el volcanismo y los registros arqueológicos en el bolsón de Fiambalá (Departamento de Tinogasta, Catamarca). En: Ratto N, editor. Entrelazando ciencias: sociedad y ambiente antes de la conquista española. Buenos Aires: Eudeba. p 31-158.
- Moore JD. 1989. Pre-Hispanic Beer in Coastal Peru: Technology and Social Context of Prehistoric Production. *American Anthropologist* 91:682-695.
- Morlans MC, Guichón B. 1994. Reconocimiento ecológico de la Provincia de Catamarca. *Revista de Ciencia y Técnica* 1:15-51.
- Morlans MC. 1985. Regiones naturales de Catamarca. Provincias geológicas y provincias fitogeográficas. Catamarca: Editorial Científica Universitaria, Universidad Nacional de Catamarca.

- Morrison RT, Boyd RN. 1998. Química orgánica. 5ta edición. México D.F.: Addison Wesley Longman.
- Morton JD, Schwarcz H. 2004. Paleodietary Implications from Stable Isotopic Analysis of Residues on Prehistoric Ontario Ceramics. *Journal of Archaeological Science* 31:503-517.
- Moschetti E, Ferrero S, Palacio G, Ruiz M. 2003. Introducción a la estadística para las ciencias de la vida. Río Cuarto: Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Mtambanengwe F, Mapfumo P, Kirchmann H. 2004. Decomposition of organic matter in soil as influenced by texture and pore size distribution. En: Bationo A, editor. *Managing Nutrient Cycles to Sustain Soil Fertility in Sub-Saharan Africa*. Nairobi: Academy Science Publishers. p 262-275.
- Muccio Z, Jackson GP. 2009. Isotope ratio mass spectrometry. *Analyst* 134:213-222.
- Muñoz Salas E. 1998. La técnica de análisis discriminante: una aplicación para el área bancaria. San José: Banco Central de Costa Rica, División Económica, Departamento de Investigaciones Económicas.
- Musaubach MG, Berón M. 2012. Cocinando en ollas en la pampa occidental. Datos desde la etnohistoria, el registro arqueológico y la arqueobotánica. En: Babot MP, Marschoff M, Pazzarelli F, editores. *Las manos en la masa. Arqueologías, Antropologías e Historias de la Alimentación en Suramérica*. Córdoba: Corintios 13. p 599-620.
- Musaubach MG, Plos A, Babot MP. 2013. Differentiation of archaeological maize (*Zea mays* L.) from native wild grasses based on starch grain morphology. Cases from the Central Pampas of Argentina. *Journal of Archaeological Science* 40:1186-1193.
- National Institute of Health. 2013. ImageJ 1.47, Image Processing and Analysis in Java. Available from: rsbweb.nih.gov/ij/index/html.
- De Nigris M, Ratto N. 2011. Explotación y usos de camélidos silvestres y domesticados en sitios arqueológicos del área cordillerana y del valle mesotérmico (dpto. de Tinogasta, Catamarca, Argentina). En: *Actas del II Congreso Nacional Zooarqueología*. Olavarría.
- Nityananda R, Lalitagauri R, Chattopadhyay P. 2006. Studys on lipid hydrolysis in a continuous packed bed bioreactor using immobilized lipase. *Indian Chemical Engineeing, Section A* 48:32-34.
- O'Leary MH. 1993. Biochemical basis of carbon isotope fractionation. En: Ehleringer JR, Hall AE, Farquhar GD, editores. *Stable isotopes and plan carbon-water relations*. San Diego: Academic Press. p 19-28.
- Oades JM. 1988. The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry* 5:35-70.
- Oliszewski N, Olivera DE. 2009. Variabilidad racial de macrorrestos arqueológicos de *Zea mays* (Poaceae) y sus relaciones con el proceso agropastoril en la Puna Meridional Argentina (Antofagasta de la Sierra, Catamarca). *Darwiniana* 47:76-91.

- Oliszewski N. 2008. Metodología para la identificación subespecífica de maíces arqueológicos: Un caso de aplicación en el Noroeste de Argentina. En: Archila S, Giovannetti MA, Lema VS, editores. *Arqueobotánica y Teoría Arqueológica: Discusiones desde Suramérica*. Bogotá: Uniandes-Ceso. p 181-202.
- Oonk SE, Cappellini E, Collins MC. 2012. Soil proteomics: An assessment of its potential for archaeological site interpretation. *Organic Geochemistry* 50:57-67.
- Orgaz M, Feely A, Ratto N. 2007. La cerámica como expresión de los aspectos socio-políticos, económicos y rituales de la ocupación Inka en la puna de Chaschuil y el valle de Fiambalá (dpto. Tinogasta, Catamarca). En: Nielsen AE, Rivolta MC, Seldes V, Vázquez M, Mercolli P, editores. *Procesos sociales prehispánicos en el sur andino*. Vol. 1. Córdoba: Editorial Brujas. p 239-250.
- Orgaz M, Ratto N, Coll L. 2014. Aportes para la construcción de los paisajes agrícolas en la región de Fiambalá, Tinogasta, Catamarca: nuevas evidencias. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 39. En prensa.
- Orgaz M, Ratto N. 2013. Memoria y apropiación en paisajes agrícolas. En: Gordillo I, Váquer JM, editores. *La espacialidad en Arqueología: enfoques, métodos y aplicaciones*. Quito: Abya-Yala. p 191-226.
- Orgaz M. 2001. Presencia Inkaica en los Andes Meridionales: Caso de estudio en la cabecera norte del valle de Chaschuil (Tinogasta, Catamarca). San Fernando del Valle de Catamarca: Centro Editor de la Universidad de Catamarca (CENEDIT).
- Orgaz M. 2012. Chicha y aloja. Inkas y autoridades locales en el sector meridional del valle de Yocavil - Catamarca - Argentina. *Surandino Monográfico* 2:1-38.
- 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. Oxford: BAR International Series 1687.
- Palacios RA, Brizuela MM. 2005. *Prosopis*: historia y elementos para su domesticación. *Agrociencia* 9:41-51.
- Patrick M, de Koning AJ, Smith AB. 1985. Gas liquid chromatographic analysis of fatty acids in food residues from ceramics found in the Southwestern Cape, South Africa. *Archaeometry* 27:231-236.
- Pazzarelli F. 2010. La importancia de hervir la sopa. Mujeres y técnicas culinarias en los Andes. *Antípoda, Revista de Antropología y Arqueología* 10:157-181.
- Pearsall DM. 1978. Phytolith Analysis of Archeological Soils: Evidence for Maize Cultivation in Formative Ecuador. *Science* 199:177-178.
- Pecci A. 2003. Los alimentos y sus residuos químicos. Arqueología experimental para entender actividades prehispánicas. En: In Quaderni di Thule III, Atti del XXV Convegno Internazionale di Americanistica. Perugia. p 75-83.

- Pérez AE, Erra G. 2011. Identificación de maíz de vasijas recuperadas de la Patagonia noroccidental argentina. *Magallania* (Punta Arenas) 39:309-316.
- Pérez C. 2001. *Técnicas Estadísticas con Multivariable con SPSS*. Madrid: Prentice Hall.
- Pérez M, Killian Galván VA. 2011. Doncellas (Puna Septentrional, Jujuy, Argentina): Nuevos enfoques a partir del estudio cerámico y del análisis paleodietario. *Estudios Atacameños* 42:79-100.
- Perry L, Sandweiss DH, Piperno DR, Rademaker K, Malpass MA, Umlire A, de la Vera P. 2006. Early maize agriculture and interzonal interaction in southern Peru. *Nature* 440:76-79.
- 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 DR, Clary KH, Cooke RG, Ranere AJ, Weiland D. 1985. Preceramic maize in central Panama: phytolith and pollen evidence. *American Anthropologist* 87:871-878.
- Piperno DR, Flannery KV. 2001. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: New accelerator mass spectrometry dates and their implication. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98:2101-2103.
- Piperno DR, Holst I. 1998. The Presence of Starch Grains on Prehistoric Stone Tools from the Humid Neotropics: Indications of Early Tuber Use and Agriculture in Panama. *Journal of Archaeological Science* 25:765 - 776.
- Piperno DR, Pearsall DM. 1993. Phytoliths in the reproductive structures of maize and teosinte: Implications for the study of maize evolution. *Journal of Archaeological Science* 20:337-362.
- Piperno DR, Weiss E, Holst I, Nadel D. 2004. Processing of wild cereal grains in the Upper Palaeolithic revealed by starch grain analysis. *Nature* 430:670-673.
- Piperno DR. 1984. A comparison and differentiation of phytoliths from maize and wild grasses: use of morphological criteria. *American Antiquity* 49:361-383.
- Piperno DR. 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.
- Platzner IT, Habfast K, Walder AJ, Goetz A. 1997. *Modern isotope ratio mass spectrometry*. Wiley Chichester.
- Pochettino ML, Lema VS. 2008. La variable tiempo en la caracterización del conocimiento botánico tradicional. *Darwiniana* 46:227-239.
- Pohl MED, Piperno DR, Pope KO, Jones JG. 2007. Microfossil evidence for pre-Columbian maize dispersals in the neotropics from San Andrés, Tabasco, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104:6870-6875.

- Polidori P, Renieri C, Antonini M, Lebboroni G. 2010. Llama Meat Nutritional Properties. *Italian Journal of Animal Science* 6:857-858.
- Pollard AM, Batt C, Stern B, Young SMM. 2007. *Analytical Chemistry in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pollard AM, Bray P. 2007. A Bicycle Made for Two? The Integration of Scientific Techniques into Archaeological Interpretation. *Annual Review of Anthropology* 36:245-259.
- Portillo MT, Salas JA. 2008. P. CH. Mahalanobis y las aplicaciones de su distancia estadística. *CULCYT* 5:13.
- Post DM, Layman CA, Albrey Arrington D, Takimoto G, Quatteochi J, Montaña CG. 2007. Getting to the fat of the matter: models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. *Oecologia* 152:179-189.
- Preiss J. 2004. Plant starch synthesis. En: Eliasson AC, editor. *Starch in food: Structure, function and applications*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd. p 3-56.
- Quiroga A. 1912. El Sacrificio Pilla-Jacica. *Anales de la Sociedad Científica Argentina* 74:13-14.
- Randall R. 1993. Los dos vasos. Cosmovisión y política de la embriaguez desde el incanato hasta la Colonia. En: Saignes T, editor. *Borrachera y memoria: la experiencia de lo sagrado en los Andes*. La Paz: Hisbol, IFEA. p 73-112.
- Ranere AJ, Piperno DR, Holst I, Dickau R, Iriarte J. 2009. The cultural and chronological context of early Holocene maize and squash domestication in the Central Balsas River Valley, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106:5014-5018.
- Ratto N, Basile M, Feely A, Lantos I, Coll L, Carniglia D, Miyano JP. 2014a. La gente y sus prácticas en las tierras bajas y altas del oeste tinogasteño en los siglos I a XIII (Catamarca, Argentina). En: Korstanje MA, Lazzari M, Basile M, Bugliani MF, Lema VS, Pereyra Domingorena L, Quesada M, editores. *Crónicas materiales precolombinas. Arqueología de los primeros poblados del Noroeste Argentino*. En Prensa.
- Ratto N, Basile M. 2010. La localidad arqueológica de Palo Blanco: nuevas evidencias. En: Bárcena JR, Chiavazza H, editores. *Arqueología argentina en el bicentenario de la revolución de Mayo*. Vol. 4. Mendoza: Editorial Universidad Nacional de Cuyo. p 1707-1712.
- Ratto N, Boxaidós R. 2012. Arqueología y Etnohistoria. La construcción de un problema de investigación (Abaucán, Tinogasta, Catamarca). *Revista Memoria Americana* 20:187-220.
- Ratto N, Carniglia D, Coll L. 2012. Ocupación del área de «Los Seismiles» desde tiempos Formativos a recientes (Dpto. Tinogasta, Catamarca): nuevas evidencias. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 37:207-216.

- Ratto N, Lema VS, López ML. 2014b. Entierros y orfendas: prácticas mortuorias, agrícolas y culinarias en los siglos XIII y XIV en Tinogasta (Catamarca, Argentina). *Darwiniana*, nueva serie 2. En prensa.
- Ratto N, Montero C, Hongn F. 2013. Environmental instability in western Tinogasta (Catamarca) during the Mid-Holocene and its relation to the regional cultural development. *Quaternary International* 307:58-65.
- Ratto N, De Nigris M. 2012. El consumo de camélidos (*vicugna vicugna*) en un sitio ceremonial de la alta cordillera andina (departamento Tinogasta, Catamarca, Argentina). *Revista Chungará, Revista de Antropología Chilena* 44:287-298.
- Ratto N, Orgaz M, Coll L. 2010a. Paisajes agrícolas prehispánicos en el oeste Tinogasteño, Catamarca. En: *Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Argentina*. Vol. 2. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo. p 419-424.
- Ratto N, Orgaz M, de la Fuente G, Plá R. 2002. Ocupación de pisos de altura y contexto de producción cerámica durante el Formativo: El caso de la región puneña de Chaschuil y su relación con el Bolsón de Fiambalá (Dpto. Tinogasta, Catamarca, Argentina). *Estudios Atacameños* 24:51-69.
- Ratto N, Orgaz M. 2002-2004. La cacería en los Andes: registro material del chaku en la Puna meridional catamarqueña (Cazadero Grande, Dpto Tinogasta, Catamarca). *Arqueología* 12:72-102.
- Ratto N, Rodríguez MF, Hershey D. 2010b. Explotación y uso de recursos vegetales en sitios arqueológicos del área cordillerana y del valle mesotérmico (Dpto. Tinogasta, Catamarca, Argentina). En: *Actas del XVII Congreso Nacional de Arqueología Chilena*. Vol. 2. Valdivia: Ediciones El Kultrún. p 1267-1278.
- Ratto N. 2003. Estrategias de Caza y Propiedades del Registro Arqueológico en la Puna de Chaschuil (Dpto. Tinogasta, Catamarca, Argentina). Tesis Doctoral, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Disponible en: <http://cambiocultural.homestead.com/Ratto.html>,
- Ratto N. 2005. La Arqueología del Bolsón de Fiambalá a través de los Estudios de Impacto (Dpto. Tinogasta, Catamarca, Argentina). En: *Actas dos I Jornadas Internacionais Vestígios do Passado*. AGIR - Associação para a Investigação e Desenvolvimento Sócio-cultural.
- Ratto N. 2006. El Arcaico y el Formativo en la Puna de Chaschuil a través del diseño de las puntas líticas (Departamento Tinogasta, Catamarca). *Cazadores Recolectores Del Cono Sur*. *Revista De Arqueología* 1:93-110.
- Ratto N. 2013. A modo de introducción: la articulación de estudios arqueológicos, paleoambientales e históricos en el oeste tinogasteño (Catamarca). En: Ratto N, editor. *Delineando prácticas de la gente del pasado: los procesos socio-históricos del oeste tinogasteño*. Buenos Aires: Publicaciones de la Sociedad Argentina de Antropología. p

- 17-45. Available from: <http://proyectopacha.com.ar/wp-content/uploads/2014/04/Delineando-2013-v4.pdf>
- Raviele ME. 2011. Experimental assessment of maize phytolith and starch taphonomy in carbonized cooking residues. *Journal of Archaeological Science* 38:2708-2713.
- Reber EA, Dudd SN, van der Merwe NJ, Evershed RP. 2004. Direct detection of maize processing in archaeological pottery through compound-specific stable isotope analysis of n-dotriacontanol in absorbed organic residues. *Antiquity* 78:682-691.
- Reber EA, Evershed RP. 2004a. How did Mississippians prepare maize? The application of compound-specific carbon isotope analysis to absorbed pottery residues from several Mississippi Valley sites. *Archaeometry* 46:19-33.
- Reber EA, Evershed RP. 2004b. Identification of maize in absorbed organic residues: a cautionary tale. *Journal of Archaeological Science* 31:399-410.
- Reber EA. 2006. A Hard Row to Hoe: Changing Maize Use in the American Bottom and Surrounding Areas. En: Staller JE, Tykot RH, Benz B, editores. *Histories of Maize: Multidisciplinary Approaches to the Prehistory, Biogeography, Domestication, and Evolution of Maize*. Walnut Creek: Left Coast Press. p 235-248.
- Regert M, Bland HA, Dudd SN, Bergen PFV, Evershed RP. 1998. Free and bound fatty acid oxidation products in archaeological ceramic vessels. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 265:2027-2032.
- Reichert ET. 1913. *The differentiation and specificity of starches in relation to genera, species, etc.* Washington DC: Carnegie Institution.
- Richter EK, Spangenberg JE, Willems H, Kreuzer M, Leiber F. 2012. Stable carbon isotope composition of perirenal adipose tissue fatty acids from Engadine sheep grazing either mountain or lowland pasture. *Journal of Animal Science* 90:905-913.
- Rieley G. 1994. Derivatization of organic compounds prior to gas chromatographic-combustion-isotope ratio mass spectrometric analysis: identification of isotope fractionation processes. *Analyst* 119:915-919.
- Rodas B, Bressani R. 2009. Contenido de aceite, ácidos grasos y escualeno en variedades crudas y procesadas de grano de amaranto. *Archivos latinoamericanos de nutrición* 59:82-87.
- Rodríguez MF, Aschero CA. 2007. Archaeological Evidence of *Zea mays* L. (Poaceae) in the Southern Argentinean Puna (Antofagasta de la Sierra, Catamarca). *Journal of Ethnobiology* 27:256-271.
- Rottlaender RCA, Schlichtherle H. 1980. Food identification of samples from archaeological sites. En: *Proceedings of the 18th international symposium on archaeometry and archaeological prospection*. Koeln: Rheinland verlag. p 260-267.

- Saadoun A, Cabrera MC. 2008. A review of the nutritional content and technological parameters of indigenous sources of meat in South America. *Meat Science* 80:570 - 581.
- Saliu F, Modugno F, Orlandi M, Colombini MP. 2011. HPLC–APCI-MS analysis of triacylglycerols (TAGs) in historical pharmaceutical ointments from the eighteenth century. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 401:1785-1800.
- Salvi VF, López ML, Molar RM. 2014. Microrrestos vegetales en campos de cultivo del primer milenio de la era en el valle de Tafí (Prov. de Tucumán, República Argentina). *Arqueología Iberoamericana* 21:5-22.
- Samec CT, Tessone A, Gallegos E, Panarello H. 2010. Lipids' influence on Carbon isotopic signals from collagen samples of terrestrial herbivores. En: Brasilia. p 328-331.
- Saul H, Wilson J, Heron CP, Glykou A, Hartz S, Craig OE. 2012. A systematic approach to the recovery and identification of starches from carbonised deposits on ceramic vessels. *Journal of Archaeological Science* 39:3483 - 3492.
- Schoenwetter J. 1974. Pollen records of Guila Naquitz cave. *American Antiquity* 39:292-303.
- Scott NA, Cole CV, Elliott ET, Huffman SA. 1996. Soil textural control on decomposition and soil organic matter dynamics. *Soil Science Society of America Journal* 60:1102-1109.
- Seinfeld D, von Nagy C, Pohl MD. 2009. Determining Olmec maize use through bulk stable carbon isotope analysis. *Journal of Archaeological Science* 36:2560-2565.
- Seinfeld D. 2007. Molecular archaeological investigations of Olmec feasting ceramics from San Andrés, Tabasco, Mexico. MA Thesis. The Florida State University, College of Arts and Sciences
- Seinfeld D. 2010. Agricultural consumption patterns and Formative period sociopolitical developments at the Maya site of San Esteban, Belize. PhD Thesis. The Florida State University, College of Arts and Sciences. Available from: <http://diginole.lib.fsu.edu/etd/279/>
- Sempé MC. 1976. Contribución a la arqueología del valle de Abaucán. Tesis Doctoral inédita, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata
- Sempé MC. 1977. Las culturas agroalfareras prehispánicas del valle de Abaucán (Tinogasta-Catamarca). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 11:55-68.
- Sempé MC. 1983. Punta Colorada: un sitio Aguada, dto. Tinogasta, provincia de Catamarca. *Revista del Museo de La Plata, Antropología* 55:111-138.
- Sempé MC. 1984. Mishma N°7. Sitio incaico en el valle de Abaucán, Dpto Tinogasta, Catamarca. *Revista del Museo de La Plata, Antropología* 65:405-438.
- Shennan S. 1992. *Arqueología cuantitativa*. Madrid: Crítica.

- Singh N, Singh J, Kaur L, Singh Sodhi N, Singh Gill B. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry* 81:219-231.
- Skibo JM. 1992. *Pottery function, A use-alteration perspective*. New York: Plenum Press.
- Skjemstad J, Janik LJ, Head MJ, Mc Clure G. 1993. High energy ultraviolet photooxidation: A novel technique for studying physically protected organic matter in clay and silt-sized aggregates. *European Journal of Soil Science* 44:485-499.
- Solari LR, Gómez SG. 1997. *Catálogo de Germoplasma de Maíz, Argentina*. Firenze: Instituto Agronomico per L'Oltremare.
- Soliman AH, Radwan SS. 1981. Degradation of sterols, triacylglycerols, and phospholipids by soil microorganisms. *Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene* 136:420-426.
- Sonnerup RE, Quay PD, McNichol AP, Bullister JL, Westby TA, Anderson HL. 1999. Reconstructing the oceanic ¹³C Suess Effect. *Global Biogeochemical Cycles* 13:857-872.
- Spangenberg JE, Ferrer M, Tschudin P, Volken M, Hafner A. 2010. Microstructural, chemical and isotopic evidence for the origin of late Neolithic leather recovered from an ice field in the Swiss Alps. *Journal of Archaeological Science* 37:1851-1865.
- Spangenberg JE, Jacomet S, Schibler J. 2006. Chemical analyses of organic residues in archaeological pottery from Arbon Bleiche 3, Switzerland - evidence for dairying in the late Neolithic. *Journal of Archaeological Science* 33:1-13.
- Spangenberg JE, Ogrinc N. 2001. Authentication of Vegetable Oils by Bulk and Molecular Carbon Isotope Analyses with Emphasis on Olive Oil and Pumpkin Seed Oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49:1534-1540.
- Staller JE, Tykot R, Benz B. 2006. *Histories of maize: multidisciplinary approaches to the prehistory, linguistics, biogeography, domesticacion, and evolution of maize*. Walnut Creek: Left Coast Press.
- Stern B, Heron C, Serpico M, Bourriau J. 2000. A comparison of methods for establishing fatty acid concentration gradients accross potsherds: a case study using Late Bronze Age Canaanite amphorae. *Archaeometry* 42:399-414.
- Stockwell V, Hanchey P. 1985. Effect of Cuticle Treatments on Infection of *Phaseolus vulgaris* by *Rhizoctonia solani*. *Journal of Phytopathology* 114:6-12.
- Sutherland PW, Hallett IC. 1993. Anatomy of fruit of buttercup squash (*Cucurbita maxima* D.) surface, cuticle, and epidermis. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 21:67-72.
- Szafranek BM, Synak EE. 2006. Cuticular waxes from potato (*Solanum tuberosum*) leaves. *Phytochemistry* 67:80 - 90.

- Tawil G, Jamme F, Réfrégiers M, Viksø-Nielsen A, Colonna P, Buléon A. 2011. In Situ Tracking of Enzymatic Breakdown of Starch Granules by Synchrotron UV Fluorescence Microscopy. *Analytical Chemistry* 83:989-993.
- Torrence R, Barton H eds. 2006. *Ancient Starch Research*. Walnut Creek, CA: Left Coast Press.
- Torrence R, Wright R, Conway R. 2004. Identification of starch granules using image analysis and multivariate techniques. *Journal of Archaeological Science* 31:519-532.
- Tortorelli LA. 1956. *Maderas y Bosques Argentinos*. Buenos Aires: ACME.
- Tripp A, Hedges REM. 2004. Single-Compound Isotopic Analysis of Organic Materials in Archaeology. *LC-GC Europe* 17:358-364.
- Ugent D, Cummings LS. 2004. Ethnobotanical Leaflets Starch Research Page. Available from: <http://www.ethnoleaflets.com/amylose.htm>
- USDA, HHS. 2005. *Dietary Guidelines for Americans*. Washington DC: Department of Health and Human Services (HHS) and the Department of Agriculture (USDA).
- USDA. 2009. Beans, kidney, mature seeds, sprouted, raw. Scientific Name: *Phaseolus vulgaris*. NDB No: 11029. Available from: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>
- USDA. 2013a. Basic Report: 11422, Pumpkin, raw. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture. Available from: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>
- USDA. 2013b. Peppers, sweet, green, raw. Scientific Name: *Capsicum annuum* NDB No: 11333. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture. Available from: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>
- Valero Garcés B, Ratto N. 2005. Registros lacustres holocénicos en la Puna de Chaschuil y el Bolsón de Fiambalá (Dpto. Tinogasta, Catamarca): resultados preliminares. En: *Actas de XVI Congreso Geológico Argentino*. Vol. IV. La Plata. p 163-170.
- Vázquez C, Maier MS, Parera SD, Yacobaccio H, Solá P. 2008. Combining TXRF, FT-IR and GC-MS information for identification of inorganic and organic components in black pigments of rock art from Alero Hornillos 2 (Jujuy, Argentina). *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 391:1381-1387.
- Van Veen JA, Kuikman PJ. 1990. Soil structural aspects of decomposition of organic matter by micro-organisms. *Biogeochemistry* 11:13-233.
- Vogler A, Eisenbeiss H, Aulinger-Leipner I, Stamp P. 2009. Impact of topography on cross-pollination in maize (*Zea mays* L.). *European Journal of Agronomy* 31:99-102.
- Wadley L, Lombard M, Williamson B. 2004. The first residue analysis blind tests: results and lessons learnt. *Journal of Archaeological Science* 31:1491-1501.
- Whitehead DR, Langham EJ. 1965. Measurement as a means of identifying fossil maize pollen. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 92:7-20.

- Williams V, Villegas MP, Gheggi MS, Chaparro MP. 2005. Hospitalidad e intercambio en los valles mesotermiales del noroeste argentino. *Boletín de arqueología de la Pontificia Universidad Católica del Perú* 9:335-373.
- Winton AL, Winton KB. 1932. The structure and composition of foods.
- Winton AL. 1906. The microscopy of vegetable foods. New York: Wiley.
- Woodbury SE, Evershed RP, Rossell J, Griffith R, Farnell P. 1995. Detection of vegetable oil adulteration using gas chromatography combustion/isotope ratio mass spectrometry. *Analytical Chemistry* 67:2685-2690.
- Woodbury SE, Evershed RP, Rossell JB. 1998. $\delta^{13}\text{C}$ analyses of vegetable oil fatty acid components, determined by gas chromatography–combustion–isotope ratio mass spectrometry, after saponification or regiospecific hydrolysis. *Journal of Chromatography A* 805:249 - 257.
- Yacobaccio HD, Morales M, Samec CT. 2009. Towards an Isotopic Ecology of Herbivory in the Puna Ecosystem: New Results and Patterns on Lama glama. *International Journal of Osteoarchaeology* 19:144-155.
- Yang FP, March RJ. 2008. Preliminary results of SEM and lipids analysis of experimental taro boiling residues from ceramics at lower temperatures. En: Pautreau JP, editor. *European Association of Southeast Asian Archaeologists 11th International Conference*. Bougon.
- Zamora R, Hidalgo FJ. 2005. Coordinate contribution of lipid oxidation and Maillard reaction to the nonenzymatic food browning. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 45:49-59.
- Zarrillo S, Kooyman B. 2006. Evidence for berry and maize processing on the Canadian plains from starch grain analysis. *American antiquity* 71:473-499.
- Zarrillo S, Pearsall DM, Raymond JS, Tisdale MA, Quon DJ. 2008. Directly dated starch residues document early formative maize (*Zea mays* L.) in tropical Ecuador. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105:5006-5011.

RESUMEN

Las sociedades prehispánicas andinas dependieron en gran medida en el maíz (*Zea mays* L.) como alimento básico. En esta tesis se estudiaron los residuos culinarios recuperados en cerámicas procedentes del oeste de Tinogasta (Provincia de Catamarca, Argentina) con el objetivo de conocer las prácticas de preparación y consumo de maíz llevadas a cabo por sociedades agro-pastoriles y estatal entre los siglos III a XVI d. C.

Las composiciones químicas e isotópicas de los lípidos y los residuos microscópicos de almidones preservados en las matrices cerámicas arqueológicas fueron comparados con muestras de referencia de ingredientes andinos, comidas tradicionales y ollas réplicas en las que se cocinaron experimentalmente recetas típicas de la región.

En las ollas culinarias procedentes sitios Formativos (siglos III a XIII d. C.), se encontraron mezclas complejas de lípidos y almidones que indicaron prácticas domésticas culinarias, basadas en la preparación de guisos a base de combinaciones de ingredientes vegetales y animales. Las mezclas orgánicas incluyeron grasas animales de camélidos sudamericanos silvestres, domésticos y de otros animales, plantas C₃ (tales como poroto, ají, algarroba) y C₄ (maíz). El maíz fue detectado por la presencia de gránulos de almidón más que por los perfiles de ácidos grasos o los valores isotópicos. Los resultados alcanzados indicaron que las prácticas alimentarias formativas se sostuvieron a lo largo de diez siglos, demostrando que existieron fuertes mecanismos de transmisión y reproducción de las prácticas alimentarias fundadas en la comensalidad doméstica, reforzando la noción del "modo de vida formativo".

En contraste, las prácticas de consumo de maíz cambiaron con la presencia estatal en la región entre los siglos XIV y XVI d. C. Los resultados obtenidos indicaron que existieron dos tipos de prácticas alimentarias en este período. Por un lado, en las prácticas domésticas se observó una continuidad con respecto a las prácticas formativas. Las ollas culinarias de uso doméstico de los sitios residenciales incaicos mostraron mezclas complejas de grasas animales (en varios casos se constató la presencia de grasa de camélidos sudamericanos), plantas C₃ (como poroto y algarroba), y plantas C₄ (maíz). Por otro lado, se destacaron un conjunto de prácticas asociadas a los contextos festivos y/o ceremoniales que fueron características de este período y se diferenciaron claramente del período anterior. Los residuos recuperados en los contenedores asociados a la producción, almacenaje transporte y servicio de bebidas alcohólicas (aríbalos, aribaloides y tinaja Belén) demostraron la existencia de prácticas culinarias en contextos festivo-ceremoniales, que estuvieron diferenciadas de las prácticas cotidianas. En este conjunto cerámico particular se detectaron tres tipos de prácticas culinarias: (i) su uso para consumo de aloja, (ii) su uso de consumo de chicha y (iii) su uso para consumo alternado de aloja y chicha. La presencia de residuos de origen animal (en particular grasa de camélido) fue además evidencia de la práctica de impermeabilización de las paredes internas de los contenedores, cuyo objetivo habría sido evitar la transpiración de la matriz cerámica y asegurar la buena conservación de los líquidos en su interior. Las prácticas alimentarias asociadas a contextos festivo-ceremoniales auspiciadas por el Estado incaico constituyeron nuevas formas de consumo basadas en la reciprocidad asimétrica, que significaron una ruptura con respecto a las prácticas formativas en las que no se observaron eventos de comensalidad orientados a la acumulación de poder. Asimismo, implicaron una segregación con respecto a las prácticas domésticas durante el período incaico, ya que los usos del maíz (así como también de la algarroba), cobraron nuevos significados simbólicos al ser utilizados para la fabricación de bebidas alcohólicas. Estas nuevas prácticas seguramente generaron una nueva configuración social sobre la base de acuerdos y alianzas entre las poblaciones locales y la administración estatal.

Los resultados alcanzados en esta tesis permitieron afirmar que las prácticas culinarias son indicadoras de las continuidades y los cambios en las organizaciones sociopolíticas de las poblaciones que habitaron el oeste tinogasteño prehispánico.

PUBLICACIONES

El trabajo de investigación de esta tesis doctoral dio lugar a las siguientes publicaciones:

Artículos con referato publicados o en prensa

Lantos, Irene, Marco A. Giovannetti y Norma Ratto. 2014. Alcances y limitaciones para la identificación arqueológica de gránulos de almidón de razas nativas de *Zea mays* (Poaceae) del noroeste argentino. *Darwiniana nueva serie* 2(1): 74-95. DOI: 10.14522/darwiniana.2014.21.551.

Lantos, Irene, Norma Ratto, Héctor Panarello y Marta S. Maier. 2014. Preliminary study of stable carbon isotopes of bulk lipid residues in archaeological ceramics from West Tinogasta, Argentina. En: *Vessels Explored: Applying Archaeometry to South American Ceramics and their Production*. G. De la Fuente y E. Stovel (eds.). Archaeopress - British Archaeological Reports (BAR) International Series, Oxford. En prensa.

Ratto, Norma, Mara Basile, Anabel Feely, Irene Lantos, Luis Coll, Dolores Carniglia y Juan Pablo Miyano. 2014. La gente y sus prácticas en las tierras bajas y altas del oeste tinogasteño en los siglos I a XIII (Catamarca, Argentina). En: *Crónicas materiales precolombinas. Arqueología de los primeros poblados del Noroeste Argentino*. M. A. Korstanje, M. Lazzari, M. Basile, M. F. Bugliani, V. Lema, L. Pereyra Domingorena y M. Quesada (eds.). En prensa.

Kligmann, Débora M. e Irene Lantos. 2014. On soups and sediments: Contributions of experimental lab and field archaeology to the study of sedimentological modifications.

En: *Physical, Chemical and Biological Markers in Argentine Archaeology: Theory, Methods and Applications*. D.M. Kligmann y M. Morales (eds). Archaeopress - British Archaeological Reports (BAR) International Series, Oxford. Pp. 131-147. En prensa.

Lantos, Irene. 2013. De residuos y vasijas: prácticas alimentarias en el oeste tinogasteño. En: *Delineando prácticas de la gente del pasado: Los procesos sociohistóricos del oeste catamarqueño*. Ratto, N. (comp.) Serie Publicaciones de la Sociedad Argentina de Antropología. ISBN 978-987-1280-23-0. Pp. 379-402.

Lantos, Irene, Marta S. Maier y Norma Ratto. 2012. Recreando recetas: una experimentación con variedades nativas de maíz del Noroeste Argentino. En: *Las manos en la masa arqueologías y antropologías de la alimentación en Suramérica*. Babot, P., Pazzarelli, F., Marschoff, M. (editores). Corintios 13, Córdoba. ISBN 978-950-33-1010-6. Pp. 527-552.

Giovannetti, Marco A., Irene Lantos, Raquel Defacio y Norma Ratto. 2012. Construcción de un banco de almidones de variedades nativas de *Zea mays* L. del Noroeste Argentino. Propuesta metodológica y primeros resultados. En: *Las manos en la masa arqueologías y antropologías de la alimentación en Suramérica*. Babot, P., Pazzarelli, F., Marschoff, M. (editores). Corintios 13, Córdoba. ISBN 978-950-33-1010-6. Pp. 361-385.

Artículos en evaluación

Lantos, Irene, Jorge E. Spangenberg, Marco A. Giovannetti, Norma Ratto y Marta S. Maier. Maize consumption in pre-Hispanic south-central Andes: microscopic and chemical evidence from organic residues in pottery from west Tinogasta (Catamarca, Argentina). *Journal of Archaeological Science*. En evaluación desde el 30 de mayo de 2014. Número de manuscrito JASC14-379.