

Paleoambiente y Sociedad durante el Holoceno en la Puna de Jujuy: Un abordaje arqueopalinológico

Autor:

Oxman, Brenda

Tutor:

Yacobaccio, Hugo

2015

Tesis presentada con el fin de cumplimentar con los requisitos finales para la obtención del título Doctor de la Universidad de Buenos Aires en Antropología

Posgrado

"Le dor va dor"

"De generación en generación"

A mis padres, Sylvia y Sergio

A Martín, el amor de mi vida

y al hijo que esperamos juntos

CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	12
CAPÍTULO 1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	15
Presentación del problema	15
Propuesta de investigación: algunos aspectos teórico-metodológicos	18
Objetivos de investigación.....	20
Estructura de la tesis	20
CAPÍTULO 2. ASPECTOS TEÓRICOS E HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	23
Marco teórico: Arqueología Ambiental y Ecología del Comportamiento Humano.....	23
Estrategias económicas predominantes.....	26
Sociedades cazadoras-recolectoras.....	26
Sociedades pastoriles	27
Cambios ambientales, adaptaciones humanas e implicancias arqueológicas	32
Hipótesis de investigación	32
CAPÍTULO 3. ESTUDIO DEL PALEOAMBIENTE.....	34
El ambiente, el cambio ambiental y el cambio climático	34
Archivos ambientales y Proxy dato	35
Escala espacial y temporal	36
Escala del Proxy.....	36
El estudio de la Paleo y la Arqueobotánica	38
El cambio en la vegetación	38
El polen y los análisis polínicos.....	39
Escala espacial y temporal de los análisis polínicos	40
A modo de conclusión	40
CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO: PUNA SECA (JUJUY, ARGENTINA)	41
Límites geográficos y características geológicas	41
Puna Salada y Puna Seca	42
Vegetación.....	42
Adaptación al ambiente.....	43
Fitogeografía.....	43
Fauna	47
A modo de conclusión	49

CAPÍTULO 5. PATRONES Y VARIACIONES CLIMÁTICAS.....	50
Circulación atmosférica	50
Regímenes de circulación dominantes	52
Presión atmosférica.....	52
Temperatura.....	52
Las precipitaciones en los Andes	54
La evapotranspiración	55
Variabilidad climática y anomalías en los Andes.....	55
El ENSO	56
El ENSO en la Puna.....	57
A modo de conclusión	58
CAPÍTULO 6. ANTECEDENTES PALEOAMBIENTALES DEL ÁREA ANDINA	59
12.000 – 10.000 años AP	60
Núcleos de hielo y geomorfología glaciaria	60
Geomorfología glaciaria.....	60
Cuencas lacustres	61
Packrat midden.....	63
10.000 - 8000 años AP	64
Núcleos de hielo	64
Geomorfología glaciaria.....	64
Cuencas lacustres	65
Packrat middens	66
8000 - 4500 años AP	67
Núcleos de hielo	67
Cuencas lacustres	68
Packrat middens	69
4500 - 2000 años AP	70
Núcleos de hielo	70
Cuencas lacustres	71
Packrat middens	72
La Pequeña Edad de Hielo en los Andes	72
Puna argentina	73
12.000 – 10.000 años AP	73
10.000 - 8000 años AP	74
8000 - 4500 años AP	74
4500 - 2000 años AP	75

La Pequeña Edad de Hielo en la Puna argentina	76
Estudios paleoambientales en las localidades de Pastos Chicos y Lapao	77
A modo de conclusión	78
CAPÍTULO 7. ANTECEDENTES ARQUEOLÓGICOS	79
Algunas claves para interpretar el registro arqueológico	79
Arqueofauna	79
Los estudios líticos	80
Arte rupestre, materiales exóticos e inhumaciones humanas	81
Evidencias arqueológicas.....	81
Pleistoceno-Holoceno (11.000- 8000 años AP)	81
Arqueofauna	81
Tecnología lítica	82
Restos vegetales	84
Arte rupestre.....	84
Restos humanos.....	85
En síntesis	85
Holoceno medio (8000 - 4000/3500 años AP).....	87
Arqueofauna	87
Tecnología lítica	88
Usos del espacio.....	90
Patrones mortuorios.....	90
Arte rupestre rupestre y mobiliario	90
En síntesis	91
Holoceno tardío (4000/3500 - 2000 años AP)	92
Evidencias de domesticación en la Puna	92
Arqueofauna	93
Domesticación vegetal.....	94
Tecnología lítica	95
Cerámica	96
Arte rupestre.....	96
Complejidad social	96
En síntesis	98
A modo de conclusión	98

CAPÍTULO 8. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	100
Localidad de estudio.....	100
Estudios actualísticos	101
Listado de plantas y censos de vegetación y muestreo polínico	102
Mapa de vegetación	103
Trabajo de laboratorio y microscopía.....	105
Análisis estadístico de los datos	106
Presencia- ausencia y análisis cluster	107
Relación polen-vegetación.....	107
Índices de asociación y representación	108
Polen fósil	109
Trabajo y metodología de campo	109
Trabajo de laboratorio y microscopía.....	109
Índices de humedad y estabilidad polínica.....	109
Fechados y modelos de edad	110
Relación polen actual - fósil.....	110
A modo de conclusión	111
Capítulo 9	112
Presentación de los registros	112
Lapao	112
Lapao 2	114
Lapao 5	121
Pastos Chicos	125
Barrancas.....	130
Perfil Cruces 2	136
El testigo Cruces 1.....	140
A modo de conclusión	148
CAPÍTULO 10. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	149
Polen y vegetación actual: censos y puntos de muestreo.....	149
Descripción de los censos y puntos de muestreo de polen de superficie	149
Relación polen-vegetación.....	151
Índices de asociación y representación	151
Débil asociación	153
Sobrerrepresentadas.....	153
No asociación.....	154
Asociación	154

Análisis Clúster de censos de vegetación	154
Mapas de vegetación.....	157
Polen actual a escala regional.....	164
Descripción del análisis polínico de secuencias fósiles	165
Lapao 2	165
Zona 1 (1538-1744 cal. DC)	165
Zona 2 (1760-1966 cal. DC)	165
Lapao 5	167
Zona 1 (9280-8380 años AP)	167
Zona 2 (8236-7129 años AP)	168
Pastos Chicos	170
Zona 1 (9256 - post 4200 años AP)	170
Zona 2 (post 4200 años AP)	170
Perfil Cruces 2	172
Zona 1 (pre 4510-4364 años AP).....	172
Zona 2 (4000 - post 2764 años AP)	172
Testigo Cruces 1.....	175
Zona 1 (11.650 - 6333 años AP)	175
Zona 2 (6139 - 4071 años AP)	175
Concentración polínica e índice de estabilidad	178
Análisis de componentes principales	179
Actual-Lapao 2	180
Actual-Lapao 5	181
Actual-Pastos Chicos.....	183
Actual-Perfil Cruces 2.....	185
Actual-Testigo Cruces 1	186
A modo de conclusión	188
CAPÍTULO 11. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES	190
Síntesis de los estudios de polen actual y su relación con los registros fósiles.....	190
Análisis de gráficos de torta.....	190
Mapas de vegetación.....	191
Análisis de análogos modernos	191
Análisis de componentes principales.....	191
Síntesis de la interpretación de los diagramas polínicos	192
Lapao 2.....	192
Lapao 5.....	193

Pastos Chicos	193
Perfil Cruces 2	194
Testigo Cruces 1	194
Discusión de la historia paleoambiental y evolución de la vegetación en la Puna Seca de Jujuy	196
Discusión del registro arqueológico en su contexto ambiental	202
Pleistoceno	202
Holoceno temprano.....	202
Holoceno medio	203
Holoceno tardío	205
Anomalías	206
Sobre los objetivos planteados	206
Sobre las hipótesis de investigación	207
Perspectivas futuras	208
ANEXO 1. COMPARACIÓN DE LAS FRECUENCIAS RELATIVAS POLÍNICAS Y DE LA VEGETACIÓN DE LOS PRINCIPALES TAXA	209
ANEXO 2. LÁMINAS CON LOS TAXA POLÍNICOS IDENTIFICADOS EN CADA UNA DE LAS MUESTRAS FÓSILES Y DE SUPERFICIE....	218
BIBLIOGRAFÍA	223

ÍNDICE DE TABLAS

1. Clasificación de escalas temporales y espaciales.	36
2. Escalas temporales y espaciales de los diferentes proxies datos	37
3. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre núcleos de hielo en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 14.000 – 11.000 años AP.	60
4. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre geomorfología glaciaria en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 15.000 – 10.000 años AP.	61
5. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre testigo sedimentario en el área de estudio para el periodo comprendido entre 16.000 – 10.000 años AP.....	63
6. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre packrat middens en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 16.000 – 10.000 años AP.	64
7. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre núcleos de hielo en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 10.000 - 8000 años AP.....	64
8. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre geomorfología en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 10.000 - 8000 años AP.....	65
9. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre geomorfología y testigos sedimentarios en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 10.000 - 8000 años AP.	66
10. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre núcleos de hielo en el área de estudio para el periodo comprendido entre 9000 - 5000 años AP.	67
11. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre testigos sedimentarios en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 8000 - 5000 años AP.....	69
12. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre packrats middens en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 8000 - 3000 años AP.....	70
13. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre núcleos de hielo en el área de estudio para el periodo post ca. 5200 años AP.	70
14. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre columnas sedimentarias en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 4500 - 1500 años AP.....	71
15. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre packrat middens en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 5000 - 2000 años AP.....	72
16. Estudios paleoambientales en la Puna Argentina para el periodo comprendido entre ca. 13.000 - 2000 años AP.....	77
17. Litofacias presentes en el perfil de Lapao 2	115
18. Fechados Lapao 2.	120
19. Modelo de edad profundidad de Lapao 2.	122
20. Fechados Lapao 5.	123
21. Modelo de edad profundidad Lapao 5	123
22. Fechas de Pastos Chicos	128

23. Modelo de edad profundidad de Pastos Chicos	130
24. Fechas del Perfil Cruces 2.	137
25. Modelo de edad profundidad del perfil PCZ2 Barrancas.	139
26. Fechas testigo Cruces 1.	142
27. Modelo de edad profundidad del TC1 Barrancas.....	147
28. Detalle del número, nombre, localidad, fecha de relevamiento y posición altitudinal de cada uno de los censos de vegetación y polen de superficie estudiados	150
29. Detalle del número, nombre, ubicación y época de relevamiento de los puntos de muestreo de polen de superficie	151
30. Índices de asociación y/o representación de los tipos polínicos pertenecientes a las muestras polínicas de superficie y los censos de vegetación de la localidad.....	153
31. Posibles causas de la representación de la vegetación en los tipos polínicos.....	154
32. Resultados del índice de estabilidad aplicado a las diferentes secuencias de estudio.	178

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Mapa de las Ecorregiones de la Provincia de Jujuy en la Republica Argentina.	44
2. Corte transversal que ilustra las variaciones altitudinales de las ecorregiones del área andina.	45
3. Esquema de la distribución altitudinal de las principales formaciones vegetacionales y las asociaciones de las principales familias que las componen.	46
4. Esquema de la Circulación General de la Atmósfera	51
5. Mapas digitales de temperaturas medias mensuales del mes más cálido y el más frío	53
6. Ubicación de los sitios arqueológicos más relevantes mencionados en el texto para el periodo del Pleistoceno final - Holoceno temprano	86
7. Ubicación de los sitios arqueológicos más relevantes mencionados en el texto para el periodo del Holoceno medio.	92
8. Ubicación de los sitios arqueológicos más relevantes mencionados en el texto para el periodo del Holoceno tardío	95
9. Esquema de metodología de toma de muestras de polen de superficie por censo de 5 m ²	103
10. Perfil topográfico de la Quebrada de Lapao.	104
11. Perfil topográfico de la localidad de Pastos Chicos.	105
12. Perfil topográfico de la localidad e Barrancas	105
13. Esquema geomorfológico-estratigráfico de la Quebrada de Lapao	113
14. Vista general de la Quebrada Lapao y Puesto Demetria.	114
15. Litofacies en Lapao 2.	116
16. Esquema del perfil sedimentario Lapao 2, descripción sedimentológica y muestreo realizado.	119
17. Esquema del perfil sedimentario Lapao 5, descripción sedimentológica y muestreo realizado.	119
18. Interpolación lineal entre las fechas obtenidas	124
19. Fechas calibradas programa calib Rev. 7.0.2	124
20. Geomorfología del valle del río Pastos Chicos	125
21. Esquema geomorfológico-estratigráfico del río Pastos Chicos	126
22. Esquema del perfil Pastos Chicos 1 y 2 (unificados), descripción sedimentológica y muestreo seleccionado	127
23. Fechas calibradas de Pastos Chicos.	129
24. Modelo de edad profundidad de Pastos Chicos.	130
25. Cuenca media e inferior del río Barrancas, al sur de Abdon Castro Tolay	133
26. Esquema panorámico de la cuenca media-inferior al sur de Ablón Tolay.	134
27. Geofomas en la cuenca media del río Barrancas cerca del perfil Cruces 1	134
28. Geofomas en la cuenca media	135
29. Esquema del perfil sedimentario de PCZ2 y muestreo realizado	136
30. Edades calibradas del perfil Cruces 2.	139
31. Representación del testigo sedimentario Cruces 1, muestreo realizado para polen	140

32. Vista general de la ubicación del perfil sedimentario Cruces 2 y el testigo Cruces 1 Barrancas. Momento de extracción del testigo Cruces 1.....	141
33. Edades calibradas del testigo Cruces 1 realizadas con el programa Calib Rev 7.0.2.....	148
34. Interpolación lineal entre las fechas obtenidas del Testigo Cruces 1.....	148
35. Diagrama polínico de la vegetación actual.....	156
36. Imagen satélital de la localidad de Lapao en el Departamento de Susques.....	158
37. Mapa de vegetación y geomorfología de la localidad de Lapao, Depto. Susques.....	159
38. Imagen satélital de la localidad de Pastos Chicos, Depto. Susques.....	160
39. Mapa de vegetación y geomorfología de la localidad de Pastos Chicos, Dpto. Susques.....	161
40. Imagen satélital de la localidad de Barrancas, Depto. de Cochinoa.....	162
41. Mapa de vegetación y geomorfología de la localidad de Barrancas, Depto. Cochinoa.....	163
42. Diagrama polínico de las muestras de polen de superficie.....	164
43. Gráfico polínico de Lapao 2.....	166
44. Gráfico del logaritmo P/A de la secuencia sedimentaria de Lapao 2.....	167
45. Diagrama polínico del perfil Lapao 5.....	169
46. Gráfico del logaritmo P/A de la secuencia sedimentaria de Lapao 5.....	170
47. Diagrama polínico del perfil Pastos Chicos.....	171
48. Gráfico del logaritmo de P/A de la secuencia sedimentaria de Pastos Chicos.....	172
49. Diagrama polínico del perfil Cruces 2, Barrancas.....	174
50. Gráfico del logaritmo de P/A de la secuencia sedimentaria del perfil Cruces 2.....	175
51. Gráfico polínico del Testigo Cruces 1.....	177
52. Gráfico del logaritmo de P/A de la secuencia sedimentaria del perfil Cruces 2.....	178
53. Análisis de componentes principales de las muestras actuales y Lapao 2.....	181
54. Análisis de componentes principales de las muestras actuales y Lapao 5.....	183
55. Análisis de componentes principales de las muestras actuales y Pastos Chicos.....	184
56. Análisis de componentes principales de las muestras actuales y Cruces 2.....	186
57. Análisis de componentes principales de las muestras actuales y Testigo Cruces 1.....	188
58. Esquema de síntesis de las secuencias polínicas.....	201

AGRADECIMIENTOS

Tengo un profundo sentimiento de agradecimiento por todas aquellas personas que me ayudaron y colaboraron conmigo durante estos años en mi crecimiento profesional. Entre todos hicieron de esta investigación una gran aventura, un hermoso viaje, con todos sus matices. Me ayudaron a superar inseguridades y dificultades. Me animaron a vencer obstáculos y a pensar en grande. Juntos hemos andado y hemos hecho grandes sacrificios, que sin duda han valido la pena. A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.

En primer lugar, quiero agradecerles a Hugo Jacobaccio por apoyarme e incluirme en sus proyectos. Observar su comportamiento académico, profesional y ético ha sido clave para mi desenvolvimiento personal.

En segundo lugar, a Liliana Lupo que me ha adoptado en su equipo, en su laboratorio y en su hogar. Me ha ido guiando a lo largo de estos años.

Al CONICET, por las becas otorgadas y el financiamiento de mis estudios e investigación.

Al Instituto de Arqueología de la Universidad de Buenos Aires, donde he trabajado durante estos años, a toda su gente y a su director, Willy Mengoñi Goñalons. También a Norma Pérez con quien comencé a trabajar en el instituto allá por el 2006.

A la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires, donde me he formado.

A mis compañeros de equipo Rodolphe Huguin, Celeste Samec, Julia Kandus y Malena Pirola, con quienes trabajamos juntos, en el campo y en el laboratorio. Cada uno de ellos ha aportado a mi investigación. Especialmente a Patricia Solá. Con ella he compartido la tarea cotidiana, he aprendido de sus consejos, de su dedicación y su perfeccionamiento. Ha sido para mí un gran apoyo y ha colaborado de forma directa en la lectura de mis trabajos y en la confección de gráficos y figuras para esta tesis. Se ha ganado todo mi respeto y cariño. También a Marcelo Morales que me ha iniciado en el estudio del paleoambiente desde una perspectiva arqueológica.

A la gente de la UNJu que me hospedó desde el comienzo de mi orientación académica. A Sarita y Rolando Brown Wilke que me transmitieron el amor por lo que hacen y participaron en la determinación de las plantas del herbario. A Nelly Vargas que me acompañó en mis estancias en Jujuy. Al equipo del Laboratorio de Palinología: Carina Sánchez, Natalia Batallanos, Mónica Burgos y Pamela Fierro. Muy especialmente a Gonzalo Torres y Fabio Flores, con quienes nos hemos desde el comienzo de nuestra carrera. A Alicia Cruz que junto a Celeste Samec me acompañaron y ayudaron en la primera campaña que emprendimos solas. A Flavio Esperanza que en repetidas oportunidades se sentó conmigo para enseñarme cuestiones relacionadas

con el uso del GPS y otras herramientas. A Julio Kulemeyer que siempre estuvo al pie cañón para acompañarme de manera entusiasta en mi proyecto “paleo-arqueo”. Fue él quien me impulsó a la extracción del testigo Barrancas, y pudimos concretar junto a Julián y Pamela Fierro.

A Karstein Schitteck que fue para mí un ejemplo en su fortaleza y joven ambición por el conocimiento de la vegetación puneña.

A Paul Tchilinguirian quien ha dedicado su tiempo y trabajo para clarificar todas mis dudas. Ha sido siempre muy amable y solidario a la hora de compartir su trabajo conmigo.

A Daniel Olivera, con quien compartí campañas y cuyas anécdotas y comentarios fueron de gran riqueza para mi crecimiento profesional.

A Bibiana Vila, a VICAM y a la Universidad Nacional de Luján, que me apoyaron en mi proyecto de investigación. También a Mariela Borgnia por su buena predisposición y asesoramiento en la identificación de las plantas del herbario.

A Patricia Kandus y a la Universidad Nacional de San Martín, por alentarme e incentivar me en un momento especial de mi carrera. He aprendido muchísimo y me ha dado una herramienta de gran valor para mi trabajo. Los mapas de vegetación son el resultado de mi aprendizaje junto a ella. También le agradezco por permitirme utilizar las instalaciones de la Universidad, y por la posibilidad de trabajar en un ambiente cálido, junto a un excelente grupo humano y profesional: Eli, Laura, Natalia, Gabriela y Prizila.

A Delfina Moroni por su trabajo y paciencia.

A Guillermo Ottone y Gustavo Holfeltz, de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires, que colaboraron en mi perfeccionamiento técnico.

A Hernan Muscio, Gabriel López y Federico Restifo, con quienes compartimos el lugar de trabajo y hemos intercambiado opiniones que favorecieron mi desarrollo académico.

A Débora Kligmann, quién en mis primeros pasos me ayudó a mejorar la calidad de mi trabajo.

A Roberto Tortosa y Francisco Ratto, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, por abrirme las puertas de sus oficinas y sin conocerme, facilitarme el instrumental para trabajar y avanzar en mi proyecto. Por esa misma razón le agradezco profundamente a Rosa Bednarz que me contactó con ellos.

También quiero mencionar a mis profesores, que dictaron cursos de posgrado que sumaron conocimiento a mi investigación. Entre ellos se encuentran Sonia Fontana y Keith Bennett. Así como sus colaboradores, Leandro Rojo y Sabina D’Ambrosio. Especialmente a Alejandra Marcos y Marcos Echeverria de la Universidad Nacional de Mar del Plata, por leer mis manuscritos y sentarse conmigo a trabajar con los datos horas y horas.

A mis profesores Cecilia Laprida, Luis Borrero, Marcelo Cardillos, Adolfo Gil, Gustavo Neme y Nora Maidana.

A Lorena Grana, por compartir siempre sus trabajos y bibliografía, también por la lectura y comentarios sobre mi trabajo.

A Jimena Alberti y Ariadna Svoboda, con quienes nos hemos acompañado a lo largo de estos años de doctorado, ya sea por mail o en los cursos, siempre intercambiamos información.

Al pueblo de Susques, Huancar y Barrancas que nos han recibido en sus hogares y nos han acompañado en nuestra tarea.

A mis amigos de siempre, porque cada encuentro es una inyección de energía, porque renuevan mi ánimo. Siempre me escuchan, me contienen y alientan: Naty, Ny, Loly, Tami, Herni, Emi, Meli y Lucas.

A mi arquitecta y amiga Lorena Szames por el diseño de la portada.

Todo esto hubiera sido imposible sin el apoyo de mi familia. A mi hermano y siempre ejemplo de trabajo y dedicación y a mi cuñada, juntos me demuestran que el esfuerzo puede dar buenos resultados.

Eternamente agradecida a mis padres, Sylvia y Sergio, que me han inculcado los valores del trabajo y del estudio como pilares fundamentales en mi desarrollo. Laburantes hasta el cansancio, con amor y esfuerzo me han dado las herramientas para mi crecimiento e independencia.

Al amor de mi vida, mi fiel compañero de ruta, con quien en el día a día nos apoyamos y proyectamos una vida juntos. Codo a codo construimos un mundo, nuestro mundo, y delineamos criterios para una vida mejor. Así, nos acompañamos y le ponemos color a nuestras rutinas laborales. También a su familia que ha hecho de él una gran persona y siempre nos ha acompañado.

Por último, a mi hijo Facundo, que está por venir. Su llegada me dio el impulso necesario para avanzar a toda máquina en la escritura y cierre de esta etapa de mi carrera. Espero que alguna vez lo lea y se sienta orgulloso por su madre.

A todos ustedes, nuevamente gracias. El mayor agradecimiento es el que se da en el día a día, estoy para ustedes, para lo que necesiten.

CAPÍTULO 1

PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

En este primer capítulo, se presenta el problema de investigación y se demuestra la necesidad de avanzar en los estudios paleoambientales para una mejor comprensión de la historia de las ocupaciones humanas en la Puna Seca Argentina. Particularmente, se tratará de estudiar la incidencia de los cambios producidos en la vegetación y en la estructura de recursos para la subsistencia y organización de los grupos humanos durante el periodo 12.000 – 2000 años AP. En esta oportunidad, la línea de investigación principal es el polen fósil, contenido en depósitos sedimentarios datados en esta cronología. La metodología y las razones por las que esta línea ha sido seleccionada también son brevemente enumeradas en esta sección. Sobre esta base de conocimiento y argumentación, se proponen los objetivos generales y específicos de investigación y se desarrolla la propuesta teórica y metodológica para llevarlos a cabo. Por último, se brinda al lector un esquema general de la estructura y los contenidos que se desarrollarán a lo largo de esta tesis.

PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

Las evidencias arqueológicas de la Puna Seca Argentina dan cuenta de la extensa historia de las ocupaciones humanas del área, desde grupos móviles que basaban su subsistencia en la caza y la recolección (ca. 11.000 años AP) a sociedades productoras de alimentos, pastoriles y semi-sedentarias, especializadas en el manejo de camélidos (ca. 2000 años AP). Las causas de estas modificaciones en la estrategia económica predominante y la toma de decisiones de los grupos humanos a través del tiempo han sido tradicionalmente vinculadas a los cambios producidos en el ambiente, los cuales habrían afectando los patrones de movilidad y subsistencia de estos grupos para la obtención de los recursos (Kelly 1995). Particularmente en el caso de la Puna, un desierto de altura, las variaciones en las precipitaciones impactan de manera directa en la disponibilidad de agua y pasturas, siendo estas variables críticas para la organización de los seres vivos.

Las primeras evidencias arqueológicas de la Puna Argentina refieren a sitios ubicados en cuevas y aleros fechados hacia finales del Pleistoceno y comienzo del Holoceno (12.000 – 10.000 años AP), como Inca Cueva 4 Capa 2 (10.620 ± 140 años AP) (Aguerre *et al.* 1975), Huachichocana III E3 (10.200 ± 420 años AP) (Fernández Distel 1986) Pintoscayoc 1 Capa 6 (10.720 ± 150 años AP) (Hernández Llosas 2000), Leon Huasi 1 Capas A y B (10.550 ± 300 años AP) (Fernández Distel 1989), Cueva Yavi Capa inferior (9760 ± 160 años AP) (Krapovickas

1987/88), Alero Cuevas F4 (9650 ± 100 años AP) (López 2008), Caballo Muerto Capa inferior (8600 ± 150 años AP) (Fernández 1996) y Hornillos 2 Capa 6 (9710 ± 270 años AP) (Yacobaccio et al. 2013). Dichos sitios se caracterizan por situarse en quebradas y valles protegidos, presentan baja densidad artefactual sobre materias primas mayormente locales e inversión de energía en su confección. Una de las hipótesis sostiene que estas ocupaciones corresponden a bases residenciales de baja permanencia que funcionaron bajo los parámetros de un sistema que privilegiaba la movilidad residencial por sobre la logística (Yacobaccio 1991). Un sistema de este tipo podría darse bajo las condiciones húmedas y estables del Holoceno temprano, cuando el asentamiento tenía muy pocas restricciones en cuanto al potencial terreno a utilizar. Sin embargo, una de las dificultades que presenta el estudio de las ocupaciones en este contexto ambiental radica en que son pocos los registros paleoambientales para esta cronología. Entre ellos se encuentran los trabajos realizados en Barro Negro y El Aguilar (Markgraf 1985, Fernández *et al.* 1991), que denotan la existencia de un ambiente más húmedo y de cotas de pastizal andino (compuesto principalmente por gramíneas) más bajas en relación con la actualidad. Esto ha llevado a la realización de grandes generalizaciones a partir de unos pocos casos de estudio. Posteriormente se utilizaron registros de dos núcleos de hielo que permiten modelar el ambiente en escalas más amplias. Sin embargo, es necesario avanzar en el conocimiento de diferentes localidades que amplíen y precisen este panorama.

El periodo del Holoceno medio (8000 – 4000/3500 años AP) ha sido controversialmente caracterizado en la Puna como un momento de extrema aridez, con un déficit hídrico que podría haber causado el abandono del área por parte de las poblaciones humanas, produciendo un lapso de ausencia de evidencia arqueológica que ha sido denominado “silencio arqueológico” (Núñez 1992b). Esta conceptualización se ha fundado en los estudios realizados en la Puna de Atacama de Chile. Mas la ampliación de los estudios paleoambientales y arqueológicos ha demostrado que ciertas localidades habrían retenido condiciones de humedad local y permitido la permanencia de grupos humanos en lo que han sido denominados “ecorrefugios” (Núñez *et al.* 1999). En la Puna Argentina, se han hallado evidencias de áreas aptas para la ocupación humana durante este periodo (Morales 2011, Tchilinguirian 2008, Olivera y Tchilinguirian 2006). Entre ellas se encuentran, en Jujuy, los sitios Hornillos 2 Capa 3 (7430 ± 80 y 7760 ± 160 años AP) y Capa 2 (6430 ± 110 y 6190 ± 70 años AP) (Yacobaccio *et al.* 2013), Pinstoscayoc 1 depósito mortuorio 2 (7180 ± 100 años AP) (Hernández Llosas 2000), Inca cueva 7 (4080 ± 90 años AP) (Aguerre *et al.* 1973), Inca Cueva 4 capa 1a (5200 ± 110 años AP) (Aschero 1984); y en Salta, Alero Cuevas Capa F3 y Capa F2 (6500 años AP y 5100 – 4200 años AP, respectivamente) (López 2008) y Abrigo Pozo Cavado Capa 6 (6280 años AP) (López 2013). Estos sitios se caracterizan por un aumento del número de los

camélidos de tamaño pequeño (vicuñas) en el registro arqueofaunístico. De igual modo, se detectan cambios en los conjuntos artefactuales, revelándose un aumento de la frecuencia de módulos laminares que amplía el largo de los filos cortantes. Para la Capa 2 de Hornillos 2, se ha propuesto el desarrollo de una tecnología de hojas (*ca.* 6000 años AP) (Hoguin 2013). A su vez, estos cambios han sido relacionados con actividades más eficientes que minimizarían el riesgo bajo condiciones ambientales regionales de mayor aridez e inestabilidad (Hoguin y Restifo 2012). A su vez, en cuanto a la utilización del espacio, se ha sostenido que los grupos humanos habrían seleccionado ambientes de mayor productividad primaria en las cercanías de cuerpos de agua y con acceso a recursos de alto *ranking*, como los camélidos (Muscio 2011b). Para el Holoceno tardío (4000 – 2500 años AP) se ha propuesto un aumento de las precipitaciones y de la humedad, que en algunas localidades llegaron a su máxima expresión hacia *ca.* 4000 años AP (Lupo 1998, Abbott *et al.* 1997, Baker *et al.* 2005, Baker *et al.* 2001). Estudios desarrollados en otras localidades de los Andes, como la cuenca del Titicaca, señalan que estos cambios no fueron sincrónicos. Esto queda demostrado por las discrepancias observadas entre la cuenca norte del Titicaca y el altiplano boliviano (Abbott *et al.* 2003). Sin embargo, en líneas generales, esta mejora de las condiciones ambientales coincide con un mayor número de sitios arqueológicos fechados para esta cronología, aumento en las innovaciones tecnológicas (como la cerámica), perfeccionamiento de los artefactos líticos, cambios en los patrones de movilidad y subsistencia (un mayor grado de sedentarismo, por ejemplo), estructuras de asentamientos más complejas y modificaciones en las evidencias zooarqueológicas que indican la incorporación del pastoreo como base de subsistencia. En la Puna argentina, puede señalarse un predominio de los camélidos (>50%) en sitios como Alero Unquillar Capa 1 (3510 ± 110 años AP) y Capa 2 (3530 ± 70 y 3050 ± 60 años AP), Ramadas estructura 1 nivel 4 (3617 ± 70 años AP) (Muscio 2011c), Inca Cueva 7 PS y Huachichocana III/E2 (Yacobaccio 2006). También en la Puna de Chile en sitios como Chiu Chiu Cementerio, Puripica 34, Tulán 52, Puripica 1, Tomayoc (Yacobaccio 2003).

De esta manera, queda demostrada, por un lado, la importancia que los cambios ambientales han tenido sobre el tipo y lugar de las ocupaciones en la Puna, donde el ambiente ha sido considerado una variable crítica y de alto riesgo debido a las fluctuaciones inesperadas, a causa principalmente a una baja de las precipitaciones. Desde esta perspectiva, las modificaciones producidas en el ambiente han sido entendidas como importantes factores de cambio en el desarrollo de estrategias de subsistencia y patrones de movilidad. Por otro lado, se destaca la relevancia del uso y las transformaciones en la relación entre los grupos humanos y los

camélidos (de prelación a protección y domesticación) como estrategia de adaptación a las variaciones ambientales (Yacobaccio 2001).

En base a los antecedentes hasta aquí expuestos, resulta de fundamental importancia indagar en la particular historia ambiental y arqueológica de la Puna Seca de Jujuy, con especial énfasis en aquellos aspectos del ambiente que han demostrado incidir en la organización de los grupos humanos. En concordancia, la escala de análisis debe ser lo suficientemente amplia como para exhibir los patrones regionales pero, a la vez, habilitarnos a distinguir características singulares.

En este contexto, la arqueología ambiental y una perspectiva ecológica resultan pertinentes para abordar este tipo de problemáticas (ver Capítulo 2).

PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN: ALGUNOS ASPECTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

Una buena manera de abordar las modificaciones producidas en la estructura de recursos es comenzar por el estudio de los cambios ocurridos en la vegetación. Esto se debe a que la abundancia y distribución de las especies vegetales pueden ser variables que expliquen también la abundancia y distribución de los camélidos, entendiendo ambas partes como eslabones dentro de la cadena trófica (precipitaciones > vegetación > camélidos > grupos humanos). Asimismo, debe considerarse la Ecología de las especies vegetales en combinación con la Etología de los animales, lo que a su vez permite modelar el tiempo de permanencia de los herbívoros en determinados parches del ambiente.

Entre los diferentes *proxies* para el estudio paleoambiental, se ha seleccionado el polen como línea de evidencia principal para el estudio de las variaciones producidas en la vegetación y su entorno de desarrollo. Las comunidades vegetales, al estar en equilibrio con su medio natural, brindan la posibilidad de estudiar los efectos de los cambios ambientales presentes y pasados (clima, suelo, etc). Para la reconstrucción de las comunidades vegetales del pasado, pueden utilizarse los microfósiles de origen vegetal; dentro de ellos, uno de los más importantes es el polen (Torres y Lupo 2014). Se trata de uno de los fósiles más abundantes en sedimentos cuaternarios, ya que normalmente los granos son producidos por la vegetación en grandes cantidades y sedimentan en las superficies cada año (lluvia polínica). De igual modo, los granos son muy resistentes a las formas de destrucción, a excepción de la oxidación en sedimentos. El polen se conserva bien en suelos o sedimentos ácidos, ya que la actividad biológica es baja; es decir, en suelos con un pH 7 o más bajo. Otra de sus ventajas es que a partir de las características morfológicas (forma, apertura, ornamentación, entre otras) permite su identificación taxonómica a nivel de especie (Faegri e Iversen 1989). Otra de las cualidades del polen es que, a partir del conocimiento de la composición y distribución de la flora del área, se

puede discriminar las taxa locales de las regionales (como especies indicadoras de vega o impacto antrópico) (D'Antoni 1990). Sin embargo, debe considerarse que para la interpretación de las asociaciones de los conjuntos fósiles es necesario el conocimiento de la composición y la distribución de las comunidades vegetales actuales.

Al respecto, se ha observado que los ecosistemas de la región andina del noroeste argentino son un buen escenario para el estudio de los cambios ambientales producidos durante el Cuaternario, ya que han demostrado ser sensibles a pequeñas variaciones de humedad, temperatura, patrones de circulación atmosférica y modificaciones antrópicas del paisaje. De esta manera, a partir de la reconstrucción de la vegetación, es posible interpretar cuáles fueron los procesos y causas de los cambios de dicha vegetación. Para esta tarea, es necesaria la incorporación de otras fuentes de información como la Sedimentología y la Geoquímica, entre otras (Torres y Lupo 2014).

Los estudios paleoambientales producidos en las últimas décadas en el área andina han permitido detectar cierta variabilidad en las respuestas de ambientes particulares a cambios producidos en el sistema climático más amplio. Así también nuevas metodologías han precisado las interpretaciones producidas a partir de múltiples líneas de evidencia (*multi-proxy*), atendiendo a las diferentes escalas (espacio-temporales) de los archivos ambientales bajo estudio y las características de los *proxies* utilizados (ver Capítulo 8).

Para avanzar en el estudio del paleoambiente en la región, se han seleccionado cinco secuencias sedimentarias distribuidas en tres localidades de la Puna de Jujuy: Lapao, Pastos Chicos y Barrancas. En cada una de las localidades se han desarrollado estudios paleoambientales y actualísticos, que vinculan los datos obtenidos de la lluvia polínica de superficie con las actuales unidades de vegetación como modelo para la interpretación de los archivos fósiles. En los casos de Lapao y Barrancas, la selección de las localidades de muestreo obedece a la presencia de evidencias arqueológicas allí disponibles. Mientras que en el otro caso, Pastos Chicos, se debe a su actual relevancia como uno de los pocos recursos hídricos permanentes disponibles en la región. También se seleccionaron otros puntos específicos de muestreo en Laguna Ana, Alto Tocomar y Tuzgle (por arriba de los 4000 m snm), a fin de abordar las diferentes composiciones de vegetación que, en la Puna, se estructuran en forma de pisos altitudinales.

Las cuatro localidades seleccionadas representan el periodo comprendido entre 12.000 y 2500 años AP, y permiten modelar los escenarios paleoambientales en los que se desarrollaron importantes procesos culturales: las primeras ocupaciones del área (Holoceno temprano), características particulares de las ocupaciones durante el periodo de mayor aridez del Holoceno medio y el proceso de intensificación en el uso de los camélidos y el *protecting*

herding desarrollado durante el periodo de mejoramiento climático del Holoceno tardío. De igual modo, se incorporó un quinto registro que comprende el periodo cronológico asociado a la Pequeña Edad de Hielo (PEH), que por su alta resolución cronológica puede ser utilizado para comprender el funcionamiento de fenómenos a escalas temporales acotadas, de los que se han hallado evidencias en diferentes lugares del mundo y cuya señal en los Andes ha comenzado a estudiarse recientemente.

OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

El objetivo general de esta investigación es indagar en la configuración y la evolución de los ecosistemas en el Holoceno de la Puna Seca Argentina, con mayor énfasis en las relaciones entabladas entre los grupos humanos y su medioambiente durante el lapso cronológico 12.000 – 2500 años AP, a partir de la obtención de nuevos datos paleoambientales, utilizando el polen como línea de evidencia principal. La información obtenida será la base para la construcción de un modelo paleoambiental para la discusión del registro arqueológico y las posibles variables que incidieron en el desarrollo de determinado tipo de estrategias de movilidad y subsistencia de los grupos cazadores, recolectores y pastores que habitaron el área.

Los objetivos específicos que se desprenden del objetivo general son los siguientes:

- 1) Aportar a la reconstrucción de los contextos paleoambientales a partir del estudio de la vegetación y los procesos de dispersión-sedimentación polínica actual, a escalas regional y local.
- 2) Estudiar en testigos y perfiles sedimentarios las variaciones del paisaje vegetal producidas por los cambios de mega escala (Hypsithermal y Pequeña Edad de Hielo, entre otros), manifestándose en diversas escalas espaciales y temporales en el área.
- 3) Evaluar las posibles modificaciones antrópicas del paisaje como consecuencias de la reducción de la movilidad, del desarrollo de cultivos y de las prácticas de pastoreo registradas a partir de la presencia de asociaciones de plantas en el área desde el Holoceno tardío.

ESTRUCTURA DE LA TESIS

Capítulo 1: *Presentación del problema y objetivos de investigación*. Se introduce el problema de estudio y se da cuenta del aporte al conocimiento de esta investigación. Asimismo, se delimitan los objetivos generales y particulares de esta tesis.

Capítulo 2: *Aspectos teóricos e hipótesis de investigación*. Se explicita el marco teórico seleccionado y se desarrollan los conceptos principales, que resultan de utilidad para el abordaje de la problemática propuesta en el presente capítulo. Una vez esgrimido el marco teórico, se desprenden las hipótesis de trabajo.

Capítulo 3: *Estudio del paleoambiente*. Se detallan conceptos y terminología sobre el estudio de ambientes pasados, paleo y arqueobotánica. Se incluyen cuestiones relacionadas con el uso de diferentes líneas de evidencia, unidades y escalas de análisis, con especial énfasis en los estudios polínicos.

Capítulo 4: *Descripción del área de estudio: Puna Seca (Jujuy, Argentina)*. Presentación del área, con hincapié en aquellos aspectos de importancia para pensar el ambiente en términos de disponibilidad y estructuración de los recursos críticos para la subsistencia de los grupos humanos (altitud, presión atmosférica, topografía, régimen de precipitaciones, temperatura, régimen de heladas, la vegetación, entre otras).

Capítulo 5: *Patrones y variaciones climáticas*. Se explican algunas variables que colaboran con la tarea de entender el funcionamiento teórico del sistema climático y los factores que inciden en las características de, por ejemplo, el régimen de precipitaciones y sus anomalías.

Capítulo 6: *Antecedentes paleoambientales del área andina*. Se resumen las evidencias y los estudios realizados en el área de investigación para el periodo comprendido entre 12.000 – 2500 años AP.

Capítulo 7: *Antecedentes arqueológicos*. Se sintetizan los estudios de las condiciones ambientales del pasado. Estos se dividen, en primer lugar, por periodo, a fin de tener un panorama acabado de cada segmento temporal en diferentes localidades, en función de las diversas líneas de evidencia disponibles. A su vez, están organizadas siguiendo un criterio de amplitud de escala de resolución, comenzando siempre por los núcleos de hielo (que, en este caso, son los de escala espacial más abarcativa).

Capítulo 8: *Metodología de investigación*. Se divide en estudios actualísticos y fósiles. Al mismo tiempo, cada uno de ellos se subdivide en trabajo de campo, laboratorio, gabinete y análisis de datos.

Capítulo 9: *Presentación de los registros*. Se exponen y describen las secuencias paleoambientales estudiadas, así como las características principales de las cuencas en las que estas se ubican y las muestras seleccionadas para realizar los análisis paleoambientales.

Capítulo 10: *Presentación de los resultados*. Se da cuenta de los datos y de la interpretación de los estudios actualísticos y fósiles, así como de la relación entre ambos tipos de estudios.

Capítulo 11: *Discusión de los resultados y conclusiones*. Se comparan los resultados con las evidencias paleoambientales regionales, a fin de presentar un panorama acabado de los cambios en la vegetación y su incidencia en las ocupaciones humanas registradas hasta el momento en las localidades de estudio en particular y en la región de la Puna Seca en general.

CAPÍTULO 2

ASPECTOS TEÓRICOS E HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Los objetivos de este capítulo son presentar el marco teórico general y discutir los conceptos que servirán de eje conceptual para el desarrollo de esta tesis, así como establecer los lineamientos teóricos que guiarán las interpretaciones de los resultados. El marco teórico corresponde al de la Arqueología Ambiental y se incorporan conceptos de la ecología del comportamiento humana que serán desarrollados a continuación.

MARCO TEÓRICO: ARQUEOLOGÍA AMBIENTAL Y ECOLOGÍA DEL COMPORTAMIENTO HUMANO

La Arqueología Ambiental es el marco teórico seleccionado para esta tesis, es una interdisciplina antigua, ya que históricamente la interacción entre las poblaciones humanas y el entorno ha sido considerada un eje importante en el estudio de la historia de la humanidad. Es un campo ecléctico, que engloba tanto a las Ciencias de la Tierra como a la Zoología y la Botánica (Butzer 1989).

A través del tiempo, la conceptualización del ambiente ha ido cambiando, alejándose de la idea del ambiente como una variable constante y estática. Sin embargo, la perspectiva actual sostiene la idea de una relación dinámica y compleja entre las sociedades humanas y su entorno (Butzer 1971, 1982). En esta dirección, nuevos conceptos y metodologías de análisis se han incorporado.

Actualmente, el objetivo primero de la Arqueología Ambiental es definir las características de los procesos del ambiente físico, en términos ecológicos, como una matriz para la interacción del sistema socio-económico, que se refleja en las actividades de subsistencia y patrones de asentamiento, entre otros indicadores. El segundo objetivo se centra en el estudio de la ecología humana, definida por las interacciones sistémicas.

Para comprender mejor los objetivos propuestos por la Arqueología Ambiental, es necesario desarrollar algunos conceptos básicos. Uno de los principales términos a definir es el de ecosistema. Un ecosistema es una comunidad de organismos que interactúan con su ambiente físico, compartiendo un mismo hábitat. Estos organismos interdependientes se relacionan en una estructura trófica, de modo que un flujo de energía existe entre ellos (Odum 1971). A su vez, el ecosistema forma parte de un sistema más amplio: la biósfera. En Biología, la organización de la biósfera puede ser entendida en términos de niveles verticales y horizontales. En términos horizontales, se ubican los genes, seguidos por la célula, el

organismo, la población, la comunidad y el ecosistema. En términos de la organización vertical, la tierra puede ser dividida en biomas: grupos de animales y plantas distintivas que usualmente viven en un área amplia climáticamente uniforme en una escala continental (Watts 1971, Huggett 1991).

Como será desarrollado más adelante, algunas funciones y estructuras del ecosistema son importantes para comprender el funcionamiento del sistema cultural. El balance de la energía necesaria para obtener el alimento tiene una importancia fundamental sobre las personas. Esta necesidad se ve reflejada en aspectos como la tecnología, el tamaño del grupo, los patrones de asentamiento, el uso del espacio y la selección de presa (Jochim 1976).

Diversos modelos y conceptos de la Ecología del Comportamiento Humano pueden ser de utilidad para el estudio de la variabilidad del registro arqueológico en relación con su entorno. La perspectiva de este marco teórico se diferencia del resto de las corrientes evolutivas por focalizarse en el cambio por adaptación fenotípica producto de la toma de decisiones y siendo el factor último la selección natural (Boone y Smith 1998). El concepto principal de la teoría evolucionista darwiniana es el de selección natural como mecanismo de cambio evolutivo. De esta manera, busca explicar la persistencia y la transformación de determinados aspectos de los organismos en un tiempo y espacio dados. El fin de estos cambios organizativos es garantizar su reproducción individual e inclusive su *fitness*. El *fitness* es entendido como la propensión a sobrevivir en un ambiente dado (Smith y Winterhalder 1992).

Tanto en Biología como en Ecología Evolutiva, la interacción entre los organismos y su entorno ha sido abordada a partir del modelo de construcción de nicho, entre otros (Day y Odling-Smee 2003). El nicho es un concepto que describe la manera en la que los organismos o las poblaciones responden a la distribución de recursos y competidores en un ambiente determinado (Lomolino *et al.* 1998). Dichas respuestas son ejecutadas a través de modificaciones en el comportamiento, que forma parte del fenotipo humano y se construye a partir de la interacción entre el genotipo y el ambiente. A su vez, estos comportamientos están sometidos a la toma de decisiones racionales contingentes al entorno selectivo. Esto se puede ejemplificar a través de las adaptaciones como la movilidad y el asentamiento, elección de recursos alimenticios y producción de artefactos (Laland y O'Brien 2010).

Entre los modelos más utilizados por esta perspectiva, se encuentran los de optimización, amplitud de dieta, selección de parche y lugar central (Bettinger 1991). Los postulados principales en los que se basan estos modelos derivan del Teorema del Valor Marginal, que predice el comportamiento óptimo de un predador en un ambiente heterogéneo, estructurado en parches (Charnov 1976).

A modo de síntesis, los modelos de optimización utilizados por la Ecología del Comportamiento Humano plantean la existencia de actores tomadores de decisiones, estrategias u opciones disponibles, una forma de medir los costos y los beneficios (Kelly 1995). A su vez, estos pueden ser divididos en aquellos que buscan minimizar el riesgo y los que eligen maximizar el beneficio (Winterhalder *et al.* 1999).

Un factor importante para la toma de decisiones de estos grupos es la información disponible, en términos de la capacidad para predecir la disponibilidad de alimento en un ambiente dinámico. Como el ambiente no es constante, los grupos humanos responden alterando su dieta. Los recursos pueden variar en intensidad, frecuencia, extensión espacial y predictibilidad. Por lo tanto, es importante considerar el riesgo (la posibilidad de carecer de alimento) y el estrés (los periodos en que esto ocurre) (Cashdan 1992), debidos a variaciones impredecibles en las condiciones ambientales. Este concepto se diferencia del de incertidumbre, definido como la escasez de información sobre dichas variaciones. Sin embargo, ambos conceptos son indiferenciables en el registro arqueológico (Escola 1996, López 2008), por lo que en el presente trabajo se utiliza riesgo en sentido general. Por otra parte, las diferencias de los requerimientos energéticos plantean dos estrategias: propensas y adversas al riesgo. Mientras que la primera se caracteriza por orientarse a la obtención de recursos de alto retorno pero variables, la segunda busca seguridad en los recursos para no caer por debajo del umbral adaptativo (Stephens y Krebs 1986).

En ambientes de alto riesgo, como la Puna, se han propuesto diferentes estrategias humanas adaptativas. Entre ellas: ampliar la dieta, diversificar el uso del espacio y/o la actividad económica, y compartir diferentes fuentes de recursos. La otra manera de lidiar con recursos riesgosos es aumentar el rendimiento de los recursos mediante otros mecanismos, como la especialización o la intensificación. La intensificación ha sido definida por Binford (2001) como el proceso que induce a los cazadores-recolectores a aumentar la cantidad de alimento extraído de segmentos cada vez menores de paisaje. Por su parte, la especialización es el mecanismo que permite aumentar la eficiencia en la extracción de un recurso determinado (Kosse 1994). No obstante, estos mecanismos no se circunscriben solamente a la esfera de la subsistencia, sino que suelen estar asociados a cambios en otros niveles organizacionales, como la movilidad o la tecnología (Binford 2001). También el almacenamiento de pequeña escala durante cortos periodos de tiempo es una característica recurrente en grupos cazadores-recolectores. En ambientes de marcada estacionalidad, en la que los recursos se encuentran disponibles en cantidades abundantes durante un periodo corto del año, una estrategia que ha sido registrada es la del almacenamiento intensivo de alimento para las épocas en las que este escasea. Vale aclarar que estas estrategias no son excluyentes sino que,

por el contrario, pueden ser complementarias y variables a través del tiempo. Por último, se suma otra opción: el abandono temporario o permanente de grandes áreas a fin de escapar de la escasez de alimentos (Butzer 1982).

ESTRATEGIAS ECONÓMICAS PREDOMINANTES

Hasta aquí se ha introducido el marco teórico general. A continuación se presentan y desarrollan algunas consideraciones sobre los dos tipos de estrategias económicas predominantes (caza y pastoreo) desarrollados por los grupos humanos en la Puna entre 12.500 – 2500 años AP, considerando sus particularidades: sociedades extractivas (cazadoras-recolectoras) y productoras de alimentos (pastoreo fundamentalmente). Con este objetivo, se ha tomado la definición de estrategia predominante de Yacobaccio (*et al.* 1997/98): estrategia que determina las esferas organizativas sobre las cuales se planifican y se llevan a cabo las diversas actividades económicas (obtención de recursos, procesamiento, consumo), producción de artefactos, pautas de asentamiento y movilidad, territorialidad e intercambio y relaciones sociales. Esto significa que esta caracterización (que divide estos dos tipos de organización socio-económica) responde exclusivamente a un modelo teórico, ya que es sabido que no son modos puros sino que pueden combinarse y modificarse a través del tiempo, como también ha sido propuesto para el caso de la Puna (caza-recolección > caza-domesticación > caza-pastoreo > pastoreo-caza) (Yacobaccio *et al.* 1997/98).

SOCIEDADES CAZADORAS-RECOLECTORAS

Los cazadores-recolectores (c-r en adelante) tienen un rol pivotante en la teoría antropológica (Kelly 1995). Hacia comienzos del siglo XIX, y desde una perspectiva evolucionista, fueron considerados una forma de vida fósil, un relicto de sociedades del pasado. De esta manera, se los entendió como un medio para reconstruir las condiciones ancestrales de un modo de vida que representó el 99% de la historia de la humanidad (Lee y DeVore 1968, Yesner 1980).

Una de las características de estas sociedades es su movilidad. Lee y DeVore (1968) han sostenido que las sociedades c-r se mueven mucho pero de diferentes maneras. Muchos de estos grupos, como los Shoshone, se mueven de manera estacional (aunque no exclusivamente), en relación con la variación de la oferta de recursos. Al respecto, Kelly (1995) ha remarcado que el ambiente es un factor fundamental para la comprensión de la variabilidad en la toma de decisiones dentro de los grupos c-r (Smith y Winterhalder 1992). Sin embargo, las sociedades no son un producto directo del ambiente a pesar de que forman parte de la naturaleza e interactúan tomando decisiones para adaptarse a las condiciones

establecidas. Sobre este tema, Binford (1980) observa que los c-r de la foresta tropical y el ártico se mueven mucho, mientras que los del bosque templado y de los desiertos se mueven solo estacionalmente, almacenando alimentos, condicionados por la disponibilidad de fuentes de agua. Sobre esta base, elabora el modelo *foragers-collectors*. En este modelo, la diferencia en la frecuencia de la movilidad está dada por la disponibilidad de alimento. Mientras que los *foragers* tienen una alta movilidad residencial hacia la fuente de recursos alimenticios, los *collectors* tienen una movilidad logística en búsqueda de recursos específicos para luego retornar a su base residencial. Los !kung "atados a sus lagunas" (Cashdan 1991) ilustran el primer caso y los Nunamiut de Alaska, dedicados a la caza del caribú, pueden ilustrar el segundo. Aun así, en relación al tiempo que permanece el campamento principal en el mismo emplazamiento, existen lógicas diferencias, teniendo en cuenta la variabilidad ambiental local. Otra variable importante es el tamaño del grupo. Sobre este punto, se suele decir que los c-r se adaptan mediante la composición de macro-bandas relativamente grandes durante las estaciones predecibles y abundantes en cuanto a los recursos, y en micro-bandas, normalmente de dimensiones familiares, el resto del año (Cashdan 1991).

En lo que concierne a la tecnología lítica en las estrategias de caza, esta involucra sistemas de armas particulares que pueden contribuir a la eficiencia del nicho. En este sentido, se ha señalado que las estrategias de caza colectiva permiten mayores retornos que la caza individual, debido a que hacen posible la captura de un mayor número de presas por evento de caza, aunque involucran costos de organización y coordinación de las partidas de caza (Aschero y Martínez 2001). De este modo, a partir de diferentes estrategias de caza, es posible diversificar las opciones de captura de energía y aumentar el retorno de recurso de una misma presa (Bettinger *et al.* 2006). A su vez, se ha propuesto que las estrategias tecnológicas pueden diferenciarse por el grado de costos de inversión de tiempo, ante diferentes contextos ambientales y presiones socioecológicas (Bousman 1993, Bamforth y Bleed 1997, Bright *et al.* 2002, Ugan *et al.* 2003). En este sentido, Bousman (1993) propuso un *continuum* entre estrategias minimizadoras de tiempo y estrategias maximizadoras de recursos. Asimismo, ha relacionado las estrategias tecnológicas con diferentes objetivos de diseño (Nelson 1991, Bleed 1986).

SOCIEDADES PASTORILES

Las posturas clásicas dentro del estudio del pastoreo nómada han tenido una fascinación persistente para los antropólogos. Parte de esta fascinación se relaciona con el hecho de que cuando la movilidad y la dependencia de ganado coinciden, producen complejidades que son a la vez interesantes y difíciles de comprender. También dicha fascinación se debe a un

estereotipo romántico, muy difundido en las décadas de 1940, 1950 y 1960, que consideraba a los pastores nómadas hombres valientes, independientes y feroces, moviéndose libremente con sus rebaños, sin tener que lidiar con las limitaciones y frustraciones de la vida civilizada en las grandes ciudades (Dyson Hudson y Dyson Hudson 1980). En contraposición con este romanticismo se encuentra la visión del pastoreo como una economía marginal.

Some outstanding traits in Nuer character may be said to be consistent with their low technology and scanty food supply. I emphasize again the crudity and discomfort of their lives. All who have lived with Nuer would, I believe, agree that though they are very poor in goods they are very proud in spirit. Schooled in hardship and hunger—for both they express contempt—they accept the direst calamities with resignation and endure them with courage. Content with few goods they despise all that lies outside them; their derisive pride amazes a stranger.

E. E. Evans-Pritchard (1978)

No obstante, en los últimos años se ha generado una mejor comprensión de las complejidades del desarrollo pastoril a partir del trabajo realizado por distintos investigadores (Flores Ochoa 1968, Kuznar 1991, Göbel 1998, Yacobaccio *et al.* 1997/98, Yacobaccio 2006, Nielsen 2009). El paradigma actual, también llamado el “paradigma de la movilidad”, respalda la idea de que la producción del pastoreo móvil puede ser sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Sin embargo, el reconocimiento de la importancia de la movilidad para los sistemas de pastoreo no es nuevo. Lo novedoso es la convergencia de varios campos científicos (Ecología, Antropología y Economía, entre otras) en un paradigma más o menos integral. El denominado “nuevo paradigma de la movilidad pastoril” analiza estas prácticas, previamente caracterizadas como destructivas, como ecológicamente racionales. Por lo tanto, este nuevo paradigma debe ser visto como la culminación de una evolución histórica de las ideas y acciones, que se fusionaron en un enfoque muy diferente de lo que se puede llamar el viejo paradigma o “clásico” (Adriansen 2005). Por otra parte, como ya ha sido mencionado, la estrategia móvil se ha correlacionado con aspectos positivos, como la resistencia de los animales a contraer enfermedades, la contribución a la sustentabilidad y la mejora de las pasturas (Odell 1982). Los estudios ecológicos realizados en tierras áridas evidencian la incidencia del clima en la estructura de la vegetación y consecuentemente en la dinámica de la estrategia pastoril (Walker *et al.* 1981, Behnke *et al.* 1993).

El término pastores puede ser definido como un modo de producción donde el ganado constituye el 50 por ciento o más de la base económica de un pequeño agricultor (Sandford 1983). En este trabajo, se hará foco principalmente en los pastores nómadas o trashumantes. El término trashumancia refiere a los movimientos estacionales regulares de ganado entre las áreas de pastoreo bien definidas. Puede abarcar una amplia gama de sistemas de producción pastoriles, que van desde sistemas totalmente trashumantes (como entre los mauritanos del norte y namibios) a sistemas mixtos, como el utilizado por las tribus del Nilo de África oriental, los bereberes del Alto Atlas y los pastores de Marruecos y Etiopía (Adriansen 2005). Al respecto, Chang y Koster (1986) definen el pastoreo en términos amplios, como un sistema de dependencia sobre rebaños de animales domésticos tenidos en propiedad. Aquí el énfasis está centrado en los aspectos sociales que distinguen a los grupos pastores de los c-r, a saber: la capacidad de acumular riqueza en forma de animales vivos (Ingold 1979). Dentro de una línea teórica bastante similar, Salzman (1996) sostiene que el pastoreo es una forma de producción que involucra animales entendidos como un capital que en cierta medida se reproduce a sí mismo, puede ser fraccionado fácilmente y es altamente móvil.

A su vez, debe entenderse que el pastoreo no es una actividad exclusiva sino que se encuentra combinada con prácticas agrícolas, conformando sistemas mixtos; aunque en algunos sitios (como ciertos sectores de la Puna Seca) se presenta como la estrategia dominante (Yacobaccio 2001). También, deben considerarse los casos en donde no es posible el desarrollo de agricultura. En esta línea de pensamiento, Lane (2005) adopta una definición amplia que incluye una gama de adaptaciones posibles por parte de la ganadería junto con la caza, la recolección, la horticultura y la agricultura como actividades económicas asociadas, lo que permite pensar en diferentes modelos para los grupos humanos como cazadores-pastores, horticultores-pastores, agropastores, entre otros. Al respecto, Yacobaccio *et al.* (1997/98) señala que incluso estas combinaciones pueden ir cambiando a través del tiempo, marcando diferentes orientaciones en las estrategias económicas. Así, por ejemplo, el pasaje de cazadores-pastores (con mayor énfasis en la caza) a pastores-cazadores (con mayor énfasis en el pastoreo). Otro aspecto involucrado en las definiciones de pastoreo a destacar, y que se suma a las anteriores variables, es la perspectiva cognitiva de la relación entre humanos y animales que Cribb (1991) ha caracterizado bajo el término *thinking nomadic* (pensar nómada). “Pensar nómada” es simplemente el resultado de llevar a cabo un ciclo anual de actividades que se constituye como tal en función de las necesidades de los animales que forman parte del rebaño (Grant 2014).

Todos estos sistemas tienen varios elementos compartidos: se basan en la propiedad común (pastos, bosques y aguas naturales), normalmente ocupan tierras áridas con menos de 400

milímetros de lluvia anual, la movilidad es administrada por los pastores y existe una dependencia con respecto a los animales que integran el rebaño que no se encuentra desarrollada en las etapas previas de caza generalizada, protección de manada y domesticación (Yacobaccio *et al.* 1997/98, Horwitz 1989 en Yacobaccio y Vilá 2013).

La percepción de la movilidad pastoril dentro de este nuevo paradigma se puede resumir de la siguiente manera: resulta muy apropiada en ambientes de recursos heterogéneos, variables e impredecibles. Este tipo de movilidad implica que los pastores se trasladan a zonas con pastos para su ganado. Por otra parte, estos traslados hacen que el efecto de acontecimientos imprevistos, como el brote de una enfermedad, un incendio forestal, el ataque de la langosta, se puedan mitigar. Así también debe tenerse en cuenta el desarrollo de relaciones sociales como estrategia para hacer frente a estos imprevistos. Por último, la migración entre diferentes zonas ecológicas significa que más animales se pueden mantener en cada una de las áreas (Niamir-Fuller 1998).

El factor principal de incertidumbre en este tipo de sociedades son las precipitaciones, ya que estas determinan de manera directa la disponibilidad y calidad de las pasturas disponibles para los animales. Por lo tanto, una sequía implica insuficiente agua para mantener el forraje natural que sostiene la estructura y composición regular de los rebaños. Una sequía severa limita la habilidad de las hembras para producir la leche necesaria para sus crías, provocando la inanición¹. Pastores locales, en el departamento de Moquegua en Perú, señalaron que un mal año de sequía puede resultar en la pérdida de toda una generación de crías y hasta el 60% del rebaño de adultos. Para mitigar estos efectos, los pastores utilizan tres estrategias: cambios en la composición de los rebaños y/o en los patrones de movilidad, y una estrategia de matanza especializada para ajustarse a la biomasa vegetal disponible. También colaboran en esta tarea los perros y las personas que vigilan los posibles ataques por parte de otros potenciales predadores (Kuznar 1991).

Por otro lado, desde el modelo de minimización del riesgo, se propone, para el caso de la Puna, el pastoralismo a modo de estrategia de intensificación de los recursos de más alto *ranking* (los camélidos) como opción óptima para hacer frente a condiciones ambientales adversas. Asimismo, una estrategia de diversificación en la explotación de recursos también colaboraría con la minimización del riesgo. Otras variables que han sido asociadas al desarrollo de una economía pastoril son la reducción de la movilidad, el incremento poblacional, el aumento de las interacciones sociales y las innovaciones tecnológicas (López 2008). Sobre este

¹ La inanición es una grave reducción en los nutrientes, vitaminas e ingesta de energía. Es la forma más extrema de malnutrición, consecuencia de la prolongada insuficiencia de alimentos. Se caracteriza por pérdida extrema de peso, disminución de la tasa metabólica y debilidad extrema.

tema, se han desarrollado trabajos que evalúan las estrategias de manejo de riesgo (Göbel 1994), el control del ganado dentro del ciclo anual (Göbel 2001) y el uso del espacio (Göbel 2002) para la zona de Huancar en la Puna de Jujuy. Al respecto, se ha observado que los periodos de secas pueden tener un gran impacto en el tamaño y composición de los rebaños, tanto por efectos naturales como por intervención humana. Los pastores en general sacrifican llamas adultas (65-80%). Lo que se detectó es que bajo estas situaciones mueren gran parte de las crías nacidas en esa temporada, así como un número elevado de adultos (mayor al 65-80%).

En términos de la Ecología del Comportamiento Humano, desde el modelo de amplitud de dieta se puede teorizar sobre las diferencias en los costos (búsqueda y manejo) y el retorno energético (kilocalorías/horas) de los camélidos silvestres y domesticados, ya que estos son el recurso principal de la región. Al respecto, se ha señalado que en el caso de los animales domesticados, si bien los costos de búsqueda son suprimidos, aumentan los costos de manejo (costos de producción, manejo primario, secundario y final).

También se cuenta con estudios etnográficos y etnoarqueológicos realizados en el área que han permitido caracterizar algunos aspectos de las sociedades pastoriles andinas. Estos trabajos han señalado a la unidad doméstica como la base productiva de las sociedades pastoriles de los Andes, la cual está típicamente compuesta por una "familia" que abarca dos o tres generaciones (Flores Ochoa 1982), aunque esta estructura general se ha visto alterada en las últimas décadas debido al abandono que los jóvenes hacen de estas zonas campestres en búsqueda de oportunidades laborales en las grandes ciudades (Göbel 2002). Yacobaccio y Madero (2001) sostienen que la familia es una unidad económica autosuficiente que puede ser estudiada como un pequeño sistema abierto. En esta esfera tiene lugar la producción, la distribución y el consumo de aquellos recursos vinculados a la subsistencia, como también la reproducción social, en términos materiales e ideacionales. Las unidades domésticas comúnmente se articulan dentro de comunidades más amplias, definidas en general por lazos de parentesco y alguna forma de delimitación geográfica y territorial. Los límites territoriales, tanto comunales como domésticos, son producto de contingencias históricas y también de la productividad del ambiente (disponibilidad de tierras de cultivo y pastoreo, por ejemplo) (Capriles 2011). Si bien se destaca la presencia de varios tipos de sitios, el ciclo anual se organiza principalmente alrededor de una casa permanente y uno o más puestos temporarios (Yacobaccio *et al.* 1997/98). Esta combinación de una base central con puestos temporarios y eventualmente una casa en el centro administrativo y comercial más cercano es bastante común en los sistemas pastoriles andinos (Göbel 2002).

CAMBIOS AMBIENTALES, ADAPTACIONES HUMANAS E IMPLICANCIAS ARQUEOLÓGICAS

Como ya ha sido señalado, bajo ciertas condiciones ambientales, es posible generar expectativas respecto del comportamiento de grupos c-r en términos de estrategias de movilidad y subsistencia, para luego ser evaluadas junto al registro arqueológico.

El modelo *forager-collector* (Binford 1980) señala que una estrategia *forager* de alta movilidad residencial es beneficiosa en un ambiente de recursos más homogéneo, en donde los parches de recursos son amplios y/o la distancia entre ellos es reducida, mientras que una estrategia *collector* con una movilidad de tipo logística es más ventajosa en un ambiente más fragmentado o de mayores distancias entre los parches de recursos. Esto se puede ver representado en el registro arqueológico en la diversidad de las arqueofaunas y de las partes esqueléticas seleccionadas, cadenas operativas en la confección de los artefactos, intensidad de ocupación y funcionalidad del sitio, entre otras. Así también en actividades de almacenamiento (como puede evidenciarse a partir del hallazgo de escondrijos), en campos de carcasas al aire libre a medio consumir o patrones de diferentes etapas de consumo por grupos humanos, en ocasiones con señalizaciones para su futura ubicación, entre otros indicios.

Aparte de las variaciones anuales, que son estacionales y predecibles, también existen variaciones climáticas de baja predecibilidad. Dado que la movilidad y la subsistencia de cazadores-recolectores pueden ser afectadas por estas anomalías climáticas inesperadas, también es importante su estudio en casos arqueológicos. Trabajos como el de Maldonado y Villagran (2002) ejemplifican cómo estas anomalías, observadas en los registros paleoambientales, pueden ser detectadas y cuáles pueden ser sus implicancias para los grupos humanos y su visibilidad arqueológica. En esta investigación, a través del análisis de polen y sedimentos en la costa de la región semiárida de Chile, se ha registrado la alternancia de fases húmedas y secas durante los últimos 6100 años AP. Los resultados indican que durante la segunda parte del Holoceno el clima fue más variable que en momentos previos, sugiriendo significativos cambios en la posición y/o intensidad de los *westerlies* y, consecuentemente, del fenómeno del ENSO. Arqueológicamente, esto se refleja en fases de ocupación temporal y oportunista durante los periodos secos, y asentamientos más estables y especializados durante los húmedos.

HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Las hipótesis de investigación que se presentan se relacionan con los objetivos expuestos en el capítulo anterior, los cuales se apoyan en los antecedentes paleoambientales y arqueológicos

resumidos. A su vez, estas hipótesis siguen los principios del marco teórico de la Arqueología Ambiental y la Ecología del Comportamiento desarrollados en párrafos anteriores.

Antes de presentar las hipótesis que guían el presente trabajo, debe mencionarse que el método de investigación es hipotético deductivo (Klimovsky 1995), lo que implica que a partir de modelos simples se plantean hipótesis derivadas de los mismos, que buscan resolver un problema de investigación. Las hipótesis a su vez deben ser puestas a prueba, sometidas a refutación con la evidencia empírica y, de acuerdo a los resultados, pueden ser replanteadas, desechadas, u obtener un alto grado de probabilidad.

En relación a los objetivos planteados en el capítulo anterior, la hipótesis 1 se relaciona con el objetivo 1, ya que hace referencia a la reconstrucción de contextos paleoambientales, a partir del estudio de la vegetación, utilizando como línea de evidencia el polen. Mientras que las hipótesis 2, 3 y 4 se vinculan al objetivo 2, centrado en el estudio de las variaciones producidas en la vegetación en relación a los cambios de mega escala como *Hypsithermal* y Pequeña Edad de Hielo, entre otros. Por último, la hipótesis 4 se desprende del objetivo 3, que plantea evaluar las modificaciones antrópicas en la vegetación a partir de una disminución en los patrones de movilidad los grupos humanos en el espacio.

1) Los registros polínicos en las secuencias sedimentarias estudiadas representan la vegetación regional y local, y estarían fuertemente determinados por la dinámica depositacional.

2) Las condiciones ambientales del Holoceno temprano fueron las más húmedas registradas desde fines del Pleistoceno a nuestros días, generando una extensión del pastizal andino a cotas más bajas que las de su ubicación actual.

3) El Holoceno medio presentó condiciones de mayor aridez que el periodo anterior, ocasionando un retroceso del pastizal andino y produciendo condiciones de humedad en localidades como Lapao, que permitieron el sustento de poblaciones humanas.

4) En el pasaje del Holoceno medio al tardío ocurrió una modificación de la composición de la vegetación del área, debido al corrimiento descendente de los pisos altitudinales de vegetación del pajonal andino como consecuencia del aumento de la humedad, así como al incremento en la intensidad de la actividad antrópica sobre el paisaje.

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DEL PALEOAMBIENTE

En términos generales, los estudios paleoambientales han permitido obtener evidencia confiable sobre los cambios ambientales (producidos en diferentes escalas espaciales y temporales) y su impacto en los seres vivos. En otras palabras, este tipo de investigaciones permiten sentar las bases para discutir el contexto en el que los grupos humanos desarrollaron importantes cambios tecnológicos y organizacionales. A través de la historia de la Tierra, se han detectado profundas transformaciones relacionadas con el clima, niveles del mar, formas de relieve, etc. Por este motivo, los ecosistemas han sido siempre considerados escenarios dinámicos (Ricklefs 2004), cuyos efectos sobre los elementos bióticos y abióticos del sistema quedan registrados en la evidencia fósil. Las investigaciones arqueológicas se han vuelto cada vez más complejas y multidisciplinarias, lo que contribuye a desentrañar con mayor precisión los vínculos entre el ambiente y las sociedades del pasado (Butzer 1982).

El presente capítulo está dedicado al desarrollo de algunos conceptos teóricos y metodológicos de los estudios paleoambientales en general y de los análisis polínicos en particular. Aquí se tratan nociones centrales como ambiente, cambio ambiental, archivo ambiental, proxy dato y escalas espacio-temporales de análisis. Más precisamente, se desarrolla qué es el estudio de la vegetación y cómo abordar el cambio desde los análisis polínicos.

EL AMBIENTE, EL CAMBIO AMBIENTAL Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

El ambiente puede ser conceptualizado como todo aquello que rodea a un ser vivo. Desde el punto de vista humano, se refiere al entorno que afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o de la sociedad en su conjunto (Johnson *et al.* 1997). Según la Teoría General de Sistemas, un ambiente es un complejo de factores externos que actúan sobre un sistema y determinan su curso y forma de existencia. Es decir, podría considerarse un superconjunto en el cual el sistema dado es un subconjunto, que puede constar de uno o más parámetros (físicos o de otra naturaleza) y debe interactuar necesariamente con los seres vivos. Por consiguiente, es un complejo y dinámico sistema abierto de elementos e interrelaciones que coincide con lo que algunos llaman la ecosfera o biósfera. La biósfera es la capa del planeta Tierra en donde se desarrolla la vida: el sistema formado por el conjunto de los seres vivos y sus relaciones.

El cambio ambiental es relativo a las modificaciones producidas en el medio físico y social diferentes dimensiones en relación a las condiciones previas y posteriores. Por ende, este incluye también a las variables culturales.

Clima y ambiente son dos conceptos relacionados pero no son sinónimos. El clima refiere a una serie de valores estadísticos de las condiciones meteorológicas de un área durante un intervalo de tiempo. Estos valores estadísticos pueden basarse en las variaciones periódicas o aperiódicas de la temperatura, la humedad, la presión, los vientos y las precipitaciones (en términos de media varianza, probabilidad de fenómenos externos) (Ahrens 2008). Por lo tanto, el cambio climático siempre incluye procesos que afectan el cambio ambiental. Además, el cambio ambiental puede incluir o no procesos climáticos.

Dentro del cambio climático, pueden distinguirse la escala (espacio-temporal), el estilo, la tasa y las posibles causas (forzantes externos e internos).

Este ambiente dinámico y las múltiples variables que de él participan pueden ser estudiados desde metodologías provenientes de las Ciencias Naturales (Butzer 1982), que serán desarrolladas a continuación.

ARCHIVOS AMBIENTALES Y PROXY DATO

Los cambios ambientales quedan registrados en lo que se denomina “archivos ambientales”. Los archivos ambientales son aquellos registros que contienen evidencias de modificaciones producidas en diferentes aspectos del medio ambiente a través del tiempo. Estas modificaciones pueden ser respuestas a cambios climáticos y/o sociales (Mesnage *et al.* 2002). Puesto que el dato registrado es una construcción del investigador, es importante definir algunos conceptos y criterios que hacen a la construcción e interpretación de dichos datos.

Para llevar a cabo el estudio del paleoambiente y la relación entablada con los grupos humanos, la Arqueología y las Ciencias de la Tierra deben valerse de herramientas que le permitan obtener información de las condiciones ambientales del pasado, incorporando lo que se denominan datos *Proxy*. En este contexto, los datos *proxy* refieren a un dato que puede obtenerse del estudio de cualquier componente dependiente de factores ambientales o climáticos, contenido en un archivo ambiental determinado, que puede ser extraído, identificado y cuantificado de manera tal que los resultados que se obtengan de su análisis permitan inferir las condiciones ambientales pasadas, no accesibles a través de la observación directa (Dincauze 1987, Oldfield 2005, Shuman 2007).

El manejo de este tipo de datos implica conocer las limitaciones espacio-temporales de la información que cada línea de evidencia puede proveer (Delcourt y Delcourt 1988, Dincauze

2000). Por esta razón, la construcción de un modelo paleoambiental es una tarea compleja. Y, en este sentido, los estudios *multi-proxy* pueden colaborar al producir un conjunto de datos mutuamente verificables. Cuando la información de un dominio se apoya en la del otro, ambas interpretaciones se fortalecen; incluso cuando la información es contradictoria, ya que eso es informativo respecto de alguna variable que no fue tomada en cuenta y conduce a la búsqueda de otros caminos para salvar dicha incongruencia (Ebert y Kohler 1988).

ESCALAS ESPACIALES Y TEMPORALES

Las escalas son una herramienta analítica indispensable en cualquier investigación científica, por lo que deben ser definidas por el investigador y corresponde que se consideren todas las escalas que participan en el análisis: tanto las de la dinámica ambiental y la dinámica social como las de la interrelación entre el ambiente y la sociedad (Rosen y Rosen 2001). Al respecto, Dincauze (2000) ha sistematizado las escalas espacio-temporales de tres grandes dominios (ver Tabla 1): 1) Las líneas de evidencia, 2) el problema de investigación y 3) el sistema muestreado. Esta sistematización ha tendido un puente entre la Arqueología y las herramientas provistas por las Ciencias Naturales (entre otras), permitiendo establecer criterios para la calibración y la fundación de relaciones lógicas en estudios interdisciplinarios.

Escala	Espacial		Temporal	
	Área	Unidad espacial	Duración Frecuencia	Lapsos
Mega	$5.1 \times 10^8 \text{ Km}^2$	Planeta	$>10^6$; $> 1 \text{ Ma}$	Más de 1 millón de años
	$< 10^8 \text{ Km}^2$	Continentes, hemisferio		
Macro	$10^4 - 10^7 \text{ Km}^2$	Región, provincia fisiográfica	$10^4 - 10^6$; 10 Ka - 1 Ma	10.000 a 1 millón de años
Meso	$10^2 - 10^4 \text{ Km}^2$	Área de captación de recursos	$10^2 - 10^4$; 0.1 - 10 Ka	Siglos a 10.000 años
	$1 - 10^2 \text{ Km}^2$	Localidad		
Micro	$< 1 \text{ Km}^2$	Sitio, locus	$<10^2$; 0.001 - 0.1 Ka	Menos de un siglo (décadas)

Tabla 1. Clasificación de escalas temporales y espaciales (tomado de Dincauze 2000).

Escala del Proxy

Como ha sido señalado en párrafos anteriores, los paleoecólogos utilizan múltiples técnicas para reconstruir las variaciones ambientales: líneas de nieve, polen, isótopos, anillos de

árboles, micromamíferos y paleosuelos, entre otras. Aunque solo algunas de ellas son útiles para el estudio de determinado tiempo y espacio (Dincauze 2000) (ver Tabla 2).

Escala temporal	Proxy
Mega	Núcleos marinos Archivos geomorfológicos Roca sedimentaria
Macro	Núcleos marinos Núcleo de hielo Roca sedimentaria Sedimentos terrestres Fauna, polen, paleosuelos, corales
Meso	Sedimentos terrestres Fauna, polen, paleosuelos, corales Anillos de árboles Sedimentos de lagos Núcleos de hielo Corales Registro histórico
Micro	Anillos de árboles Registro histórico Varves

Tabla 2. Escalas temporales y espaciales de los diferentes proxies datos (modificado de Dincauze 2000).

Así también, el fenómeno de estudio y el sistema muestreado poseen limitaciones en cuanto a las escalas espaci-temporales de análisis. Las escalas del sistema están dadas por el área de captación, su estabilidad y tiempo de respuesta. En relación a estas características, un registro puede ser útil o no para el estudio de un determinado fenómeno (Grosjean *et al.* 2003). Por ejemplo, los lagos endorreicos son de respuesta rápida (décadas, siglos), mientras que los lagos no son tan sensibles a los cambios en las precipitaciones (Bradley 1999). En base a las escalas de sistema y el fenómeno de investigación, se suele determinar el criterio para la toma/selección de las muestras.

El valor de la información provista por el *proxy* en las reconstrucciones paleoambientales está relacionado con el intervalo de muestreo mínimo y el rango temporal máximo del archivo ambiental, lo cual condiciona principalmente el grado de detalle disponible para la reconstrucción (Bradley 1999).

EL ESTUDIO DE LA PALEO Y LA ARQUEOBOTÁNICA

Dentro de las disciplinas que estudian el paleoambiente, se encuentra la Paleobotánica, una rama de la Botánica que se dedica al estudio de las plantas en el registro fósil, la evolución de la vida vegetal y la ecología de las épocas antiguas (Burjachs 1992).

Solo un pequeño porcentaje de las plantas que vivieron no ha dejado constancia de su existencia. En general, estos vegetales nos recuerdan su paso por la Tierra, sobreviviendo como fósiles: madera mineralizada, flores en ámbar, impresiones de la hoja en el carbón u otros indicadores. Los paleobotánicos documentan este registro y lo usan para interpretar la evolución pasada de las plantas. En cambio, los arqueobotánicos se especializan en el estudio de los restos vegetales de los sitios arqueológicos para comprender el contexto ambiental de las sociedades del pasado y la manera en la que el ambiente fue explotado y modificado. Los tipos de restos de plantas estudiadas incluyen macro-restos (de semillas, madera y tejidos) y micro-restos (como polen, fitolitos y granos de almidón) (Buxo 1997).

EL CAMBIO EN LA VEGETACIÓN

Existen diversos factores ecológicos que pueden incidir en el desarrollo de la vegetación. De manera esquemática, estos factores se dividen en dos grandes grupos: abióticos y bióticos. En ambos existen efectos limitantes para el desarrollo de la vegetación.

Dentro de los factores abióticos, se encuentran la temperatura, la luz solar, el viento, el agua y los ciclos biogeoquímicos. También debe considerarse que la influencia del clima sobre la vegetación es directa y, a su vez, indirecta en la formación del suelo. Por ende, debe considerarse el influjo de los factores edáficos en la vegetación. Entre los más relevantes pueden mencionarse la profundidad, la permeabilidad, la capacidad de retención de agua, los minerales disueltos, la salinidad, la concentración de carbonatos de calcio. Precisamente en relación a las propiedades del suelo, existe una clasificación de las especies vegetales. Por ejemplo, según su capacidad de retención de agua, se clasifican en: xerófilas, mesófilas e higrófilas. Asimismo, debe mencionarse la influencia de la fisiografía sobre la vegetación, a partir de la descripción del relieve: orografía, altitud, pendiente y exposición.

Dentro de los factores bióticos, se consideran los ecológicos, que modifican el comportamiento en relación a otro ser vivo. Reciben el nombre de coacciones y pueden ser intraespecíficas (con otros organismos) o interespecíficas (entre especies vegetales) (Serrada 2008).

El estudio de los cambios en la vegetación se basa en los principios de uniformitarismo y equilibrio ecológico. El primero considera que las plantas se encuentran en equilibrio con las

condiciones ambientales en las que se desarrollan (D'Antoni 1990). Mientras que el segundo sostiene que las relaciones ecológicas (organismo-ambiente) modernas del sistema ambiental no han cambiado, al menos durante el Cuaternario, y entonces pueden ser usadas como un modelo para las condiciones del pasado. Por lo tanto, una adecuada base de datos modernos y una comprensión de los procesos actuales del sistema son requisitos importantes para generar reconstrucciones paleoambientales confiables, ya que permiten disminuir la incertidumbre de las interpretaciones generadas por el fenómeno de la equifinalidad (Bradley 1999).

EL POLEN Y LOS ANÁLISIS POLÍNICOS

El polen es el *Proxy* dato seleccionado en esta tesis para el estudio de la vegetación y de las condiciones ecológicas bajo las cuales las diferentes especies vegetales se desarrollaron. La disciplina que se dedica a su estudio es la Palinología. Las aplicaciones de la Palinología se deben a dos propiedades que son inherentes a la naturaleza del polen: especificidad y capacidad de preservación. La primera de ellas refiere a la posibilidad concreta de determinar la identidad de la planta productora de los granos de polen, a diferentes niveles taxonómicos (familia, género y especie); mientras que la segunda alude a su capacidad de preservación a través del tiempo, bajo condiciones ambientales adecuadas: sitios ácidos, anaerobios, como las turberas. La única desventaja es la oxidación que, por contacto directo con el aire o por agentes biológicos como las bacterias y hongos, destruye la esporopolenina, componente de la exina que envuelve al polen, y perjudica su conservación (Faegri e Iversen 1989). Dichas propiedades hacen de este microfósil una herramienta de gran importancia de la que disponen los investigadores, ya que es el más abundante en sedimentos cuaternarios (normalmente estos granos son producidos en grandes cantidades y sedimentan en las superficies cada año, en un proceso denominado "lluvia polínica") (Lupo 1998).

La rama dentro de la Palinología que se dedica al estudio del polen fósil es la Paleopalínología Arqueológica o Arqueopalínología. La escala de información que esta línea de evidencia ofrece es generalmente regional, reflejando la composición de las comunidades vegetales y, en ocasiones, las condiciones ambientales bajo las cuales las plantas se desarrollan o desarrollaron. Esto puede variar según el tipo de polinización, dependiendo de la intervención de diversos agentes, como el viento, el agua y los animales (aves, murciélagos, insectos). Sin embargo, la escala de resolución del sistema muestreado es capaz de ofrecer una señal más acotada. Por ejemplo, en el análisis de polen adherido en materiales aglutinantes (resinas, coprolitos y otras matrices de esta característica), lugares en donde el área de captación es reducida, lo que genera que la señal polínica refleje las condiciones locales de la vegetación (Dincauze 2000).

ESCALAS ESPACIALES Y TEMPORALES DE LOS ANÁLISIS POLÍNICOS

La interpretación de los registros polínicos también es compleja, básicamente por dos razones. En primer lugar, porque la vegetación está afectada por múltiples aportes (*inputs*) ambientales, que operan en diferentes escalas. En segundo lugar, porque los granos de polen tienen diferente productividad, transporte, depositación y conservación, según la especie (D'Antoni y Markgraf 1977).

Otra de las complicaciones se debe al grado de resolución del *Proxy*, que está en directa relación con el archivo ambiental en el que es registrado. También se debe considerar variables como la tasa de sedimentación y la estabilidad del sistema que los contiene.

Este y otros puntos señalados pueden ser salvados a partir de un amplio estudio del comportamiento del polen actual (por ejemplo, mediante el test de representatividad) y un buen control cronológico (Overpeck *et al.* 1985).

A MODO DE CONCLUSIÓN

Todos los conceptos hasta aquí desarrollados serán utilizados a lo largo de esta tesis. Se considera de fundamental importancia la explicitación y coherencia en la elección de las escalas espaciales y temporales de análisis, tanto en el tratamiento de los antecedentes como en los resultados obtenidos. Asimismo, serán tenidas en cuenta las precauciones metodológicas (como, por ejemplo, estudios actuales y control cronológico) mencionadas sobre los análisis polínicos, para la interpretación de los registros.

CAPÍTULO 4

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO:

PUNA SECA (JUJUY, ARGENTINA)

El área de estudio corresponde a la Puna Seca Argentina, que se adscribe a la región de los Andes Tropicales. La caracterización realizada en este capítulo comprende variables geográficas, geológicas y ambientales consideradas pertinentes al tema de investigación, y son entendidas en términos de disponibilidad de recursos para la ocupación humana. Puesto que la vegetación es parte del objeto de estudio principal de esta tesis, se presenta una breve reseña de las investigaciones realizadas en el área, así como el estado actual de su conocimiento y la necesidad de avanzar en su estudio.

LÍMITES GEOGRÁFICOS Y CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

Según Bonaparte (1978), la Puna argentina representa el extremo sudoriental de la faja andina denominada Altiplano, con alturas mínimas que superan los 3000 m snm. Dentro del territorio argentino, la Puna se extiende desde el límite argentino-boliviano por el norte (21° 45' S) hasta la ladera austral de la cordillera de San Buenaventura por el sur (26° 45' S). Su límite oriental es escalonado y se ubica al este de la sierra de Cochinoca, dirigiéndose al sur, pasando por Oratorio, cerro Vizcachera, al poniente de la laguna de Guayatayoc, parte media de las Salinas Grandes, San Antonio de los Cobres, y continúa por el poniente del nevado de Acay. El borde oriental está definido por el Valle Calchaquí hasta el norte de la latitud de Santa María, donde gira hacia el suroeste hasta las proximidades de la Laguna Colorada, para tomar hacia el oeste por la ladera austral de la cordillera de San Buenaventura hasta el límite argentino-chileno, el norte del paso de San Francisco.

La Puna está surcada por cadenas montañosas y volcanes que se elevan hasta más de 6000 m snm, con cuencas endorreicas que han originado grandes lagunas, como la de Pozuelos (Jujuy), y numerosos salares, como las Salinas Grandes y Olaroz (Jujuy), de Arizaro, Pocitos y Antofalla (Salta y Catamarca) (Cajal *et al.* 1998).

El ambiente geográfico de la Puna se caracteriza por cordones alineados de avenimiento centrípeto y bajos con evaporitas (Turner y Méndez 1979). Está rodeada por un cinturón de alta montaña, cuya altitud promedio es entre 3600 - 3700 m snm. Posee un ancho máximo de 225 Km y una longitud de 575 Km.

A diferencia de la Puna, el Altiplano presenta una mayor altitud y se encuentra interrumpido por más cuencas y cadenas de montañas. También se diferencia en cuanto a su estructura litográfica, ya que la Puna tiene un mayor adelgazamiento en su litósfera. El punto de transición entre estos dos grandes sectores se encuentra en la sección de los paralelos 23-24º con una dirección NO-SE al margen del este de los Andes hasta el paralelo 20-21º.

Biológicamente, la Puna forma, según algunos autores, una ecorregión y según otros (entre ellos el Fondo Mundial para la Naturaleza), un conjunto de ecorregiones.

PUNA SALADA Y PUNA SECA

Según Troll (1958), pueden reconocerse dentro de la Puna de los Andes Centrales dos sectores con características ambientales diferentes, los que llamó puna normal y puna húmeda. En el caso de la Puna argentina también se distinguen dos grandes sectores, son la Puna Seca (noroeste) y la Salada (sureste). La primera es la zona más húmeda, mientras que la segunda contiene extensas áreas con salares y salinas, producto de una humedad reducida y altas tasas de evaporación. En relación con las precipitaciones, también Cabrera (1968) establece una diferenciación, aunque discrimina tres zonas: la Puna Húmeda, situada en la parte septentrional y oriental con abundantes ríos y lagunas (400 mm); la Puna Seca, situada al sur y al oeste de la anterior, con ríos y lagunas pero también con salares (100 - 400 mm); y la Puna Desértica o de Atacama, situada en la parte occidental y austral, donde los ríos y lagunas son más acotados y con presencia de vegas y grandes salares (< 100 mm).

VEGETACIÓN

Las investigaciones sobre la vegetación se remontan a la primera mitad del siglo XX, momento en el que se llevaron a cabo estudios que tenían como objetivo su relevamiento y caracterización en el Noroeste argentino. Entre dichos investigadores, se destacan los viajeros, como Castellanos (1926). Fueron pioneros los trabajos de Troll (1955) y Cabrera (1957), quienes realizaron la tradicional zonificación tridimensional –climática y fitogeografía– de los Andes tropicales, en la provincia de Jujuy y el sector puneño. También resultaron grandes aportes de Ruthsatz y Movia (1975), quienes publicaron el relevamiento fitosociológico de las estepas de la Puna jujeña (Braun Wilke *et al.* 1999). A partir del siglo XXI, los estudios se orientaron más al funcionamiento y la evolución del ambiente (Lupo 1998, Fernández *et al.* 1991, Kulemeyer *et al.* 1999). También se llevaron a cabo estudios polínicos aplicados a problemáticas arqueológicas, como la aparición de plantas cultivadas (*Zea mays*, *Chenopodium quinoa*, *Solanum tuberosum* y *Oxalis tuberosa*) y la introducción de especies durante la época

colonial (*Pisum sativum*, *Triticum aestivum*, *Hordeum sp.* y *Malus domestica*). También se han discriminado asociaciones polínicas en contextos naturales y culturales, como indicadoras de actividades agropastoriles: Chenopodiáceas-amarantáceas, garbancillo (*Astragalus garbancillo*), gramíneas (Poaceae), ortigas (*Urtica sp.*), llantén (*Plantago lanceolata*), malváceas, entre otras (Kuznar 1995, Wilke 1991, Lupo 1998, Kulemeyer *et al.* 2012, Torres y Lupo 2014).

ADAPTACIÓN AL AMBIENTE

En las zonas de alta montaña, la flora andina se expone a condiciones ambientales excepcionalmente duras, incluyendo una estación seca prolongada, gran variación de la temperatura diurna con frecuentes heladas, alta radiación solar y baja concentración de oxígeno. Para su supervivencia, las plantas desarrollaron adaptaciones morfológicas específicas para ambientes particulares, como arbustos leñosos de baja estatura, herbáceas perennes en roseta y plantas en cojín (Cabrera 1968, Rutzhas y Movia 1975, Schitteck *et al.* 2012).

FITOGEOGRAFÍA

La descripción de las comunidades vegetales de la región sigue los estándares propuestos por Rutzhas y Movia (1975) y Cabrera (1976), los cuales se han basado en las afinidades florísticas del área, dividiéndolas en dominios fitogeográficos, provincias y unidades vegetacionales. En base a estos estudios, la Puna pertenece al dominio andino e incluye la Provincia Altoandina (por arriba de los 4300 m snm) y la Provincia Puneña propiamente dicha (3300 - 4300 m snm) (Cabrera 1957) (ver Fig. 1). La mayoría de las descripciones fisiográficas y florísticas de la Puna argentina que se encuentran en la literatura pertenecen a la parte norte de esta región, típicamente más húmeda (Cabrera 1957, Rutzhas y Movia 1975). Por lo tanto, es fundamental avanzar en los estudios de la vegetación de la Puna Seca.

El Dominio Andino-Patagónico se extiende por el extremo oeste a lo largo de la Puna y de la Cordillera Andina hasta el sur de Mendoza. Allí comienza a ensancharse hacia el este por las mesetas y sierras patagónicas, llegando hasta el Atlántico en Chubut y Santa Cruz. El clima es frío y seco, con heladas casi todo el año y nieve en los meses de invierno (Cabrera 1976).

La Provincia Altoandina se extiende por las altas montañas del oeste del país, desde el límite con Bolivia hasta Tierra del Fuego. En las provincias de Jujuy y Salta, se halla aproximadamente a partir de los 4400 m snm. El clima es frío y seco, con precipitaciones en forma de nieve o granizo en cualquier estación del año (Cabrera 1957). También recibe el nombre de Puna Húmeda (Troll 1958). Su vegetación está compuesta por gramíneas como *Stipa* y *Festuca*, y

plantas en cojín como *Azorella*, *Adesmia* y *Pycnophyllum*, entre otras. Dentro de esta formación se distinguen el pastizal altoandino puro, el pastizal alto andino con arbustos y las vegas altoandinas (Lupo 1998).

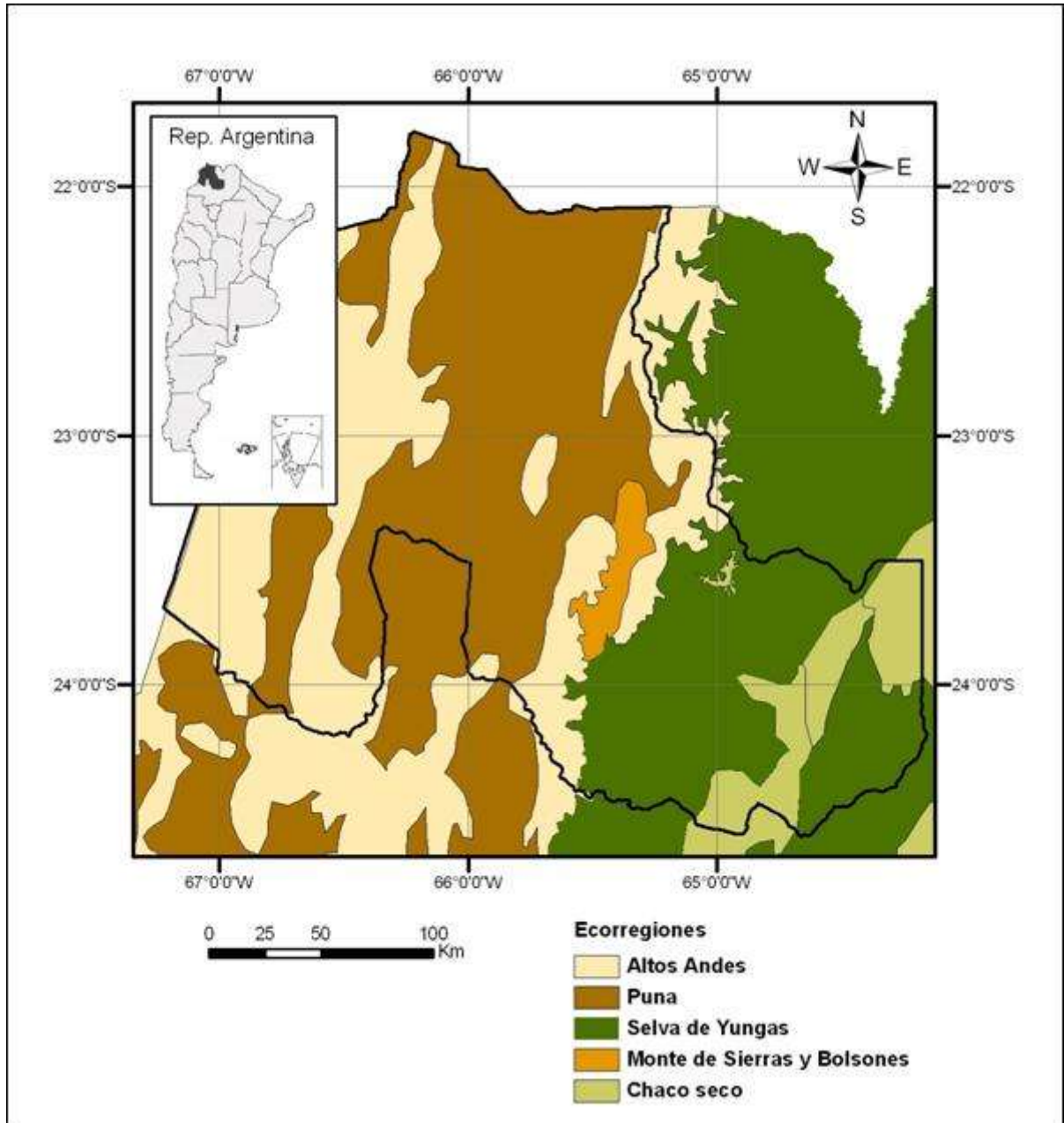


Figura 1. Mapa de las Ecorregiones de la Provincia de Jujuy en la República Argentina.

Geográficamente, la Provincia Puneña abarca las altas mesetas del sector central de la Cordillera de los Andes, partiendo en el norte desde el centro del Perú, pasando por noreste de Chile y el oeste de Bolivia, hasta el noroeste argentino. Abarca las provincias de Jujuy, Salta, Catamarca, Tucumán, La Rioja, San Juan y Mendoza (entre 2000 y 4000 m snm). Cabrera

(1976) distingue dos principales formaciones vegetacionales, distribuidas en una “zonación climática vertical”, en respuesta fundamentalmente a las condiciones de humedad y temperatura. Las diferencias entre las variables atmosféricas de presión, temperatura y humedad determinan diferentes estados de humedad del suelo, condicionando distintos pisos altitudinales en la vegetación (ver Fig. 2). Cada una estas formaciones esta compuesta por una proporción conocida de especies relevadas por Cabrera (1976). Sin embargo, limitaré el estudio a la descripción de las mismas a nivel de familia, ya que las especies se agrupan en familias que responden en conjunto a las condiciones climáticas que se buscan inferir.

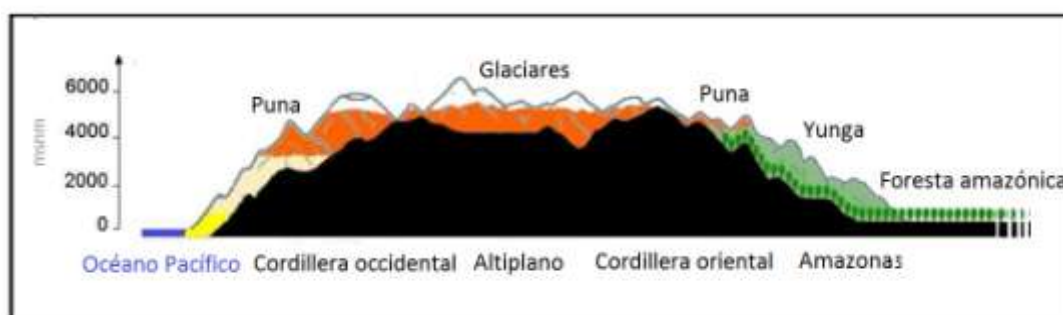


Figura 2. Corte transversal que ilustra las variaciones altitudinales de las ecorregiones del área andina.

Los tolares usualmente se localizan entre 3600 y los 4200 m snm, conformando estepas arbustivas de tola muy esparcidos, dejando grandes espacios de suelo con baja cobertura vegetal, en los cuales crecen hierbas de escasa estatura, aisladas o formando pequeños manchones, que están representada por la familia de las Asteraceas, Verbenaceas, Fabaceas, entre otras. La cobertura es siempre reducida, llegando hasta el 20 o 30%. El pajonal ubicado entre 4100 - 5000 m snm es una estepa gramínea representada por el predominio de Poaceas. La cobertura no supera el 5-10% y el estrato superior está formado por fascículos de gramíneas xerófilas de hasta 50 cm de altura. Por su parte, también se distingue un ecotono tolar-pajonal, el cual articula arbustos y gramíneas que se ubican entre 3900 - 4100 m snm, combinando altos porcentajes de Poaceas y Asteraceas (Cabrera 1953) (ver Fig. 3). También se encuentran las vegas, formaciones azonales, independientes de la altitud, representantes de una gran densidad vegetal por unidad de área. Las mismas están compuestas por pastos tiernos entre los que predomina la familia de las Cyperaceas, que actúa como indicador de humedad local. De las cuatro formaciones, las vegas son las que representan el parche de densidad de más alta productividad primaria en el ecosistema de la Puna y consecuentemente concentran la mayor oferta de energía (medidos por productividad y cobertura) del paisaje para la biomasa animal, particularmente los camélidos silvestres (Cabrera 1976) (ver Fig. 5). Se encuentran en terrenos de geomorfología plano/deprimida con suelos o subsuelos

impermeables, en climas con exceso de agua, por lo que permanecen permanente o temporariamente saturados de agua. La vegetación en los sistemas de vegas es típicamente perenne, pequeña (afloramiento de 1 m en sus bordes, pero hasta varios metros de longitud de fibras de hierba en profundidad) y se compacta para protegerse de las heladas, vientos fuertes y el clima seco (Halloy 1982, Wilcox *et al.* 1986). Aunque las vegas son una formación azonal, se han observado diferencias en la composición florística debido a la influencia de factores como la altura, disponibilidad de agua, salinidad y pendiente, entre otras (Halloy 1982, Schitteck *et al.* 2012). Asimismo, en los últimos años se han desarrollado diversos estudios que buscan monitorear y detectar los factores que inciden en la degradación de estos ambientes, puesto que son una de las principales fuentes de agua y de vegetación rica en nutrientes para los animales del área (Schitteck *et al.* 2012)

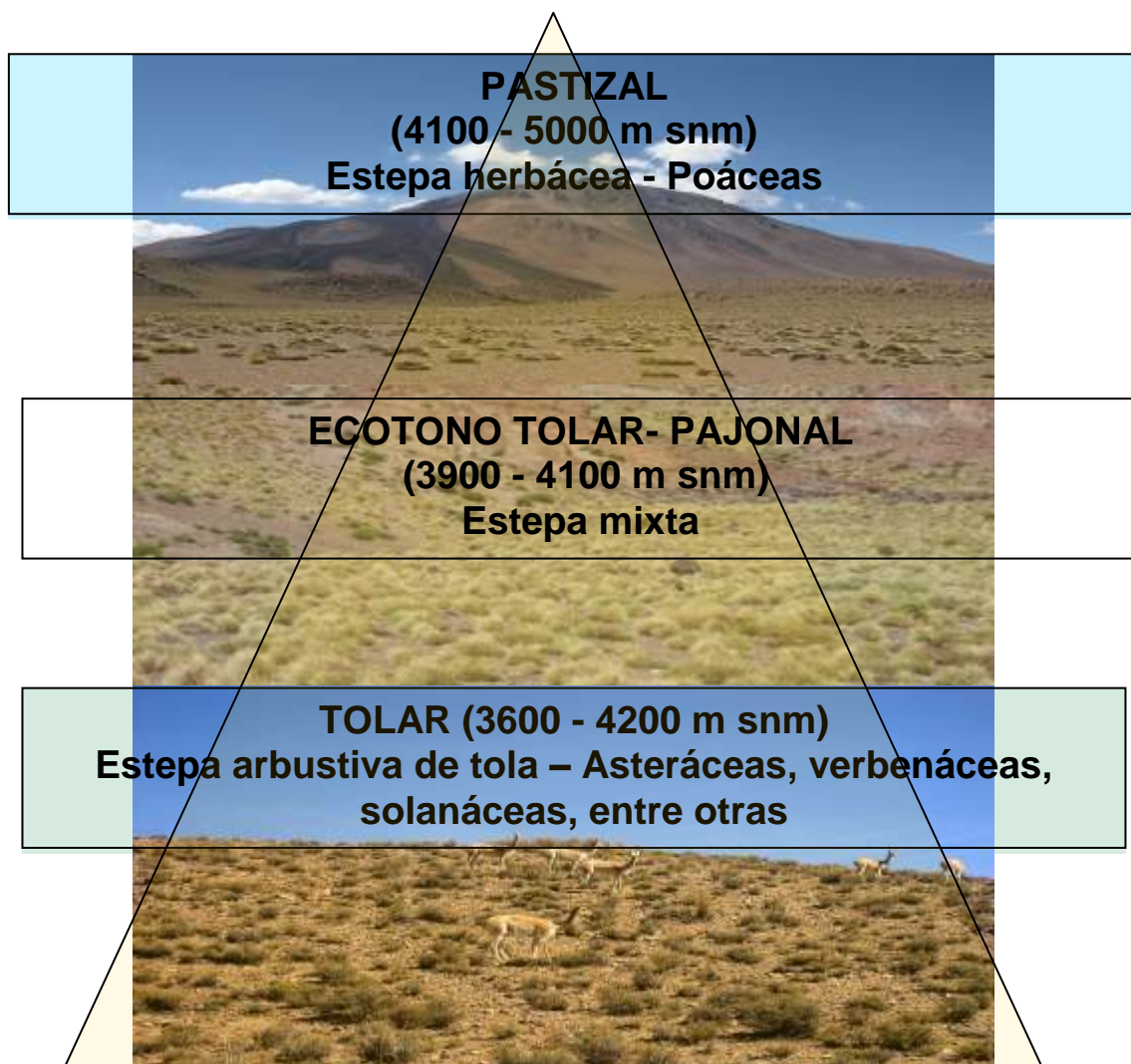


Figura 3. Esquema de la distribución altitudinal de las principales formaciones vegetacionales y las asociaciones de las principales familias que las componen.

FAUNA

La Puna argentina se encuentra habitada por animales adaptados a la aridez extrema. La biomasa animal se caracteriza por la baja diversidad de especies y su distribución heterogénea en el espacio. Los principales recursos faunísticos de las poblaciones humanas han sido los camélidos, particularmente por su alto rendimiento económico, destacándose la presencia de especies domesticadas. Los camélidos silvestres comprenden a los guanacos (*Lama guanicoe*) y las vicuñas (*Vicugna vicugna*), y los domesticados a la llama (*Lama glama*).

La vicuña (*Vicugna vicugna*) es el camélido silvestre de menor tamaño y se caracteriza por una morfología grácil y estilizada, promediando los 45 kg de peso. Su color es beige en el lomo y las patas, y blanco en la panza. Tiene la fibra más fina del mundo (Vilá 1992). Su distribución a lo largo del área andina se da entre los 9º 30' y los 29º de latitud sur, ocupando preferentemente sitios con desarrollo de vegetación puneña entre 3000 y 4800 m snm (Koford 1957, Laker *et al.* 2006, Wheeler 1995). A diferencia del resto de los camélidos, las vicuñas son "bebedoras obligadas" (Koford 1957, Franklin 1982). Son territoriales y su organización social se basa en grupos familiares y conjuntos de animales solteros cuya distribución es muy variable, siendo comunes las fusiones y fisiones de los mismos (Vilá 1995). El número medio de animales por grupo familiar es de un macho, tres a cuatro hembras y dos crías. Por otra parte, los machos solteros conforman grupos separados, con un promedio de 22 individuos, que se mueven en las áreas marginales (Arzamendia 2008, Borgnia *et al.* 2006). También se ha observado la defensa del territorio por parte de los machos a través de peleas (Vilá 1992, Mosca Torres y Puig 2010). Es una especie pastoreadora, principalmente se alimenta de gramíneas perennes o ramoneadas de pequeños arbustos (Wheeler 1991). Por lo tanto, se espera que las vicuñas sean observadas más frecuentemente en las vegas. Sin embargo, se ha estudiado que las estepas mejoran su calidad forrajea durante los meses de verano y otoño (lluvias) y, por lo tanto, estos animales desarrollan una estrategia mixta cuando la estepa ofrece una mejor calidad nutricional (Benítez *et al.* 2006).

Los guanacos (*Lama guanicoe*) pesan aproximadamente 100 kg. Su distribución abarca ambas vertientes de los Andes, desde el Perú hasta Tierra del Fuego, entre los 8º y los 55º de latitud sur (González *et al.* 2006), desde el nivel del mar hasta los 4000 m snm (Fauna Argentina 1985). Tienen el pelaje más largo, de excelente calidad y rojizo, con la cabeza oscura. Pueden pasar varios días sin tomar agua, que obtienen de plantas suculentas (Puig 1992). Durante la temporada reproductiva forman grupos familiares de un macho adulto (llamado relincho) y varias hembras y las crías de éstas, que se las denominan tuis o chulengos. Los machos familiares o relinchos no dejan acercarse a otros, quienes forman grupos de solteros, al igual que entre las vicuñas. En cuanto a sus hábitos alimenticios, el guanaco es considerado un

animal generalista, ya que puede consumir tanto vegetación arbustiva como herbácea, encontrándose asociado a comunidades vegetacionales tales como estepas arbustivas o pastizales desérticos (Elkin 1996). Particularmente en el área andina se localiza la subespecie *Lama guanicoe cacsilensis*, la cual tiene una buena representación arqueológica en numerosos sitios de la región, pero que actualmente solo puede ser encontrada en áreas acotadas y pequeñas poblaciones (Puig 1995).

La llama (*Lama glama*) tiene un amplio rango territorial en el área andina, entre los 2º y los 27º de latitud sur. Actualmente se encuentra relegada a ambientes que cuentan con cierta altitud, a menudo situada entre 2300 y 4700 m snm, asociada al desarrollo de vegetación arbustiva, de pastizal o mixta. Hoy en día, es el camélido doméstico de mayor tamaño. Su alimentación se basa tanto en vegetación herbácea como arbustiva. Su comportamiento social se encuentra moldeado por la intervención humana. Suelen mantenerse solo unos pocos machos para inseminar a las hembras mientras que el resto es castrado para volverlo más dócil. Durante el pastoreo, los grupos de llamas pueden desplazarse por el territorio sin supervisión humana durante días, aunque los pastores los vigilan y cuidan que estos se mantengan dentro de la unidad doméstica (Wheeler *et al.* 1977).

La taruca (*Hypocamelus antisensis*) conforma poblaciones relictuales localizadas principalmente en el este de la Puna, en la zona de Valle Grande, Jujuy (Samec 2010), pero se encuentra presente en el registro arqueológico en bajas frecuencias (Olivera 1997).

Los roedores, particularmente chinchillidos como la vizcacha (*Lagidium viscacia*), habitan en roquedales y se hallan en grupos numerosos en las quebradas. Sin embargo, se ha señalado que son recursos de más bajo rendimiento cárnico que los camélidos, especialmente por su peso inferior a los 2,5 Kg (Yacobaccio 1990).

Otros animales silvestres presentes son los carnívoros de distinto tamaño. Entre ellos cabe mencionar al puma (*Felis concolor*), el gato andino (*Felis jacobita*), el gato del pajonal (*Felis colocolo*), el zorro gris (*Pseudalopex griseus*) y el zorro colorado (*Pseudalopex culpaeus*) (Yacobaccio 1990). Los pumas constituyen un factor de riesgo para el resto de los animales, particularmente para los rebaños. Entre 1978 y 1984 fueron observados en San Guillermo (San Juan) 12 ejemplares de puma (7 adultos y 5 juveniles) y 258 camélidos fueron encontrados muertos en el campo, de los cuales 40 (15,5%) se atribuyeron al accionar de los pumas. También en muestras de heces analizadas (n = 10) se encontraron los siguientes componentes en orden de importancia según la frecuencia de aparición: pelos de guanacos y vicuñas, restos de huesos no identificables, pasto, restos de cáscara de huevos, piedras, plumas, hojas, coleópteros, larvas de insectos, pelos de roedor (Pessino 2001). La preferencia del puma por los vertebrados grandes aparece mencionada en la mayor parte de la literatura sobre el tema.

Anderson (1983), en un listado confeccionado en base a 32 trabajos sobre análisis de estómagos y heces de pumas realizados por distintos autores y en diferentes lugares de América del Norte, destaca a los ciervos como su principal alimento (100% de presencia en las muestras) seguidos por cabras y ovejas (47% de presencia). Los roedores y pequeños mamíferos en general representan apenas un 3% del total de presas.

Entre las aves, tres especies de flamencos, el flamenco austral (*Phoenicopterus chilensis*), el flamenco andino o parina grande (*Phoenicoparrus andinus*) y el flamenco de James o parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*), invaden las lagunas puneñas, donde habitan en nidos de barro con pichones celestes. Los suris (*Pterocnemia pennata*), cuyo valor es económico, ocupan además un lugar preponderante en las ornamentaciones de las fiestas; asimismo hallamos las aves rapaces como águilas y caranchos. Dentro de los carroñeros, vuela majestuoso el cóndor. También las guayatas (*Chloephaga melanoptera*), las taguas andinas (*Fulica ardesiaca*) y los patos, como las cercetas de la Puna (*Anas Puna*), entre otras especies.

Cabe mencionar que entre la fauna introducida en los últimos siglos se cuentan las ovejas, las cabras y los burros.

A MODO DE CONCLUSIÓN

Como ha sido señalado, “El presente es la llave del pasado”. En este sentido, comprender las características actuales del contexto ambiental y geográfico del área de estudio, colabora con el abordaje de la evolución del ambiente y las adaptaciones humanas, considerando el ambiente en términos de disponibilidad de recursos para dichas adaptaciones.

CAPÍTULO 5

PATRONES Y VARIACIONES CLIMÁTICAS

A partir de la recolección de datos del comportamiento histórico del sistema climático, es posible interpretar los registros paleoambientales. Con este objetivo, se resumen a continuación las características principales del funcionamiento del sistema climático que incide actualmente en el área de estudio. Pero antes, se hace una breve introducción sobre el funcionamiento general del sistema de circulación atmosférica para luego ver sus particularidades en continente sudamericano y en el área de estudio.

Las características climáticas del NOA varían considerablemente a corta distancia. Esto se debe, por un lado, a su heterogénea topografía. Otro factor que incide es la continentalidad, determinada por la distribución de los mares y la superficie terrestre en función de la diferencia entre el calor específico del agua y el del suelo. Así, las regiones continentales tienen climas rigurosos, con grandes amplitudes térmicas, en tanto que los climas con influencia oceánica son mucho más moderados (Bianchi y Cravero 2010). Sin embargo, es posible describir ciertos rasgos generales del clima puneño: baja presión atmosférica, alta radiación solar, gran amplitud térmica, precipitaciones concentradas en los meses de verano (diciembre-marzo), entre otros. Los mismos se presentan a continuación.

CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA

La circulación atmosférica es el movimiento del aire atmosférico a gran escala y, junto a la circulación oceánica, son los medios por los que el calor se distribuye sobre la superficie de la Tierra (Bianchi y Cravero 2010).

La temperatura, la humedad y los movimientos de rotación y traslación de la Tierra definen la llamada circulación general de la atmósfera, que es afectada por la distribución de los continentes y océanos.

La circulación atmosférica empieza en los polos, donde el aire frío tiende a descender. Al ponerse en contacto el aire frío con la superficie, se ve obligado a dirigirse hacia latitudes más bajas. A su vez, el movimiento de rotación de la Tierra produce un desvío en la dirección de este desplazamiento del aire, denominado fuerza desviadora de Coriolis. Dicho efecto puede definirse como lo que sufre un objeto en movimiento que se traslada en línea recta sobre otro objeto, este último en rotación. En el hemisferio sur, el movimiento debería ser del polo hacia el norte, pero la rotación terrestre hace que se desvíe hacia el oeste. En cambio, en las

regiones ecuatoriales el aire tiende a ascender, al calentarse por la mayor disponibilidad de energía en la superficie. El ascenso del aire desencadena los procesos generadores de nubes, es por ello que aquí se producen montos importantes de lluvia, responsables de las grandes superficies selváticas ecuatoriales. Al llegar a la tropopausa, el aire se ve obligado a dirigirse hacia las regiones polares. Luego, los vientos se tornan hacia los 30 grados de latitud, en tanto siguen desviándose respecto del ecuador. Al mismo tiempo, se enfrían y, por lo tanto, descienden. El aire ecuatorial que desciende sobre los trópicos se calienta por compresión debido al aumento de la presión atmosférica² en las capas más bajas. Al calentarse, se aleja de la saturación y provoca condiciones de estabilidad atmosférica. Se generan así los anticiclones (centros de alta presión) subtropicales que definen las grandes superficies desérticas del planeta.

Sobre el suelo, la desviación también actúa. Los vientos que, impulsados por los anticiclones que se han formado, adquieren la dirección del nordeste y sudeste en los hemisferios norte y sur respectivamente. Estos vientos, denominados vientos alisios, se dirigen convergentes sobre el ecuador, determinando la llamada Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT o ITCZ en inglés) (Adams 2010).

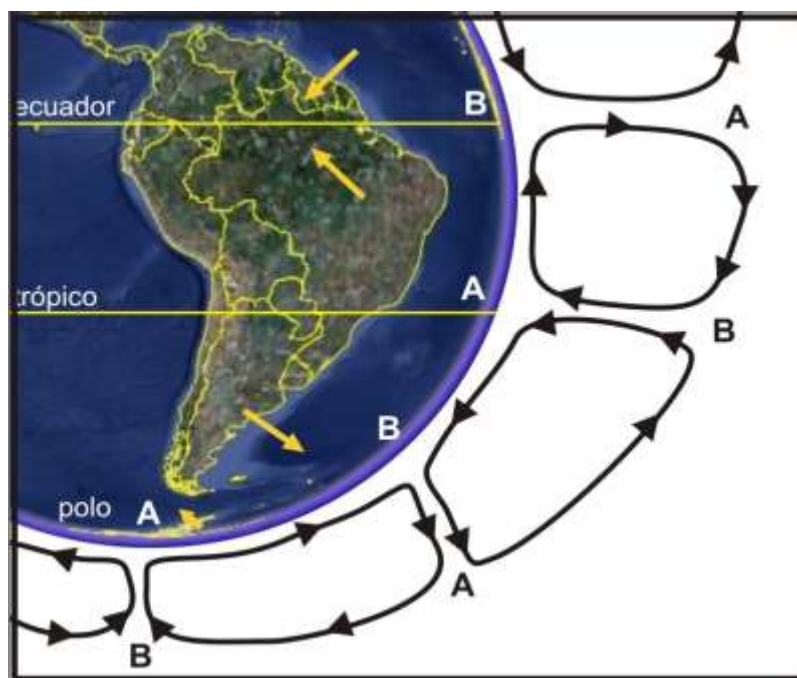


Figura 4. Esquema de la Circulación General de la Atmósfera
(imagen extraída de Google Earth 2009).

² La presión atmosférica se define como el peso de una columna de aire sobre el lugar en el que se observa.

REGÍMENES DE CIRCULACIÓN DOMINANTES

De acuerdo con su extensión entre los 10° N hasta unos 53° S, América del Sur exhibe características climáticas tropical, subtropical y extratropical. Superpuestas a las variaciones medias de norte a sur, existen importantes asimetrías de este a oeste a través de lo ancho del continente, forzadas por la presencia de los Andes. Por lo tanto, en zonas tropicales y subtropicales, las condiciones secas y relativamente frías prevalecen a lo largo del litoral Pacífico y la estrecha franja de tierra al este de los Andes (Garreaud *et al.* 2008).

Cuatro regímenes de circulación dominantes actúan sobre nuestro continente: a) los vientos predominantes del oeste (*westerlies* o alisos), b) los centros anticiclónicos de los océanos Pacífico Sur y Atlántico Sur, y c) la zona de convergencia intertropical, un corredor semipermanente de baja presión ubicado próximo al ecuador, que genera las mayores convergencia, convección, nubosidad y precipitaciones en el área (Cerveny 1998) d) un centro de baja presión que condiciona los desarrollos de los procesos en el norte de Argentina llamado Baja Térmica del Noroeste Argentino, que se forma al este de los Andes, con una ubicación media sobre las provincias argentinas de La Rioja, Catamarca, Tucumán, Salta, Jujuy, así como sobre el sur de Bolivia. Esta baja térmica es más desarrollada en verano y se debilita durante el invierno, desapareciendo completamente cuando se producen fuertes penetraciones de aire frío proveniente del sur (Seluchi y Marengo 2000).

PRESIÓN ATMOSFÉRICA

El efecto de la altura es también un factor significativo en la densidad del aire. Si se consideran los valores 630 hPa y 10°C como representativos de la presión y temperatura media del aire a nivel de superficie, su densidad (0,9Kg m⁻³) es aproximadamente un 35% menor al valor correspondiente al del aire a nivel del mar. La menor concentración de oxígeno atmosférico provoca diversos efectos fisiológicos en personas y animales no adaptados a este ambiente. Por otra parte, el menor espesor óptico de la columna atmosférica sobre el Altiplano tiene efectos significativos sobre los flujos de radiaciones solar e infrarroja a nivel de superficie (Aceituno 1996).

TEMPERATURA

La radiación solar está dada por la ubicación geográfica y la estación del año. En la provincia de Jujuy, el sol incide en forma perpendicular en el solsticio de verano, por lo que posee un alto goce de radiación. En el Altiplano, la evolución anual de la radiación solar está condicionada por factores geográficos (localización en la franja tropical y elevación) y meteorológicos

(régimen de nubosidad) (Aceituno 1996). A su vez, el menor espesor de los gases de efecto invernadero asociado a una atmósfera más delgada y con un bajo contenido de vapor de agua, causa una reducción en la absorción atmosférica de la radiación infrarroja terrestre. Esta situación favorece una mayor pérdida radiativa nocturna desde la superficie y por lo tanto un rápido enfriamiento de la misma luego de la puesta del sol, particularmente en invierno, cuando la atmósfera es comparativamente más seca y posee mayor nubosidad (Aceituno 1996) (Ver Fig. 5).

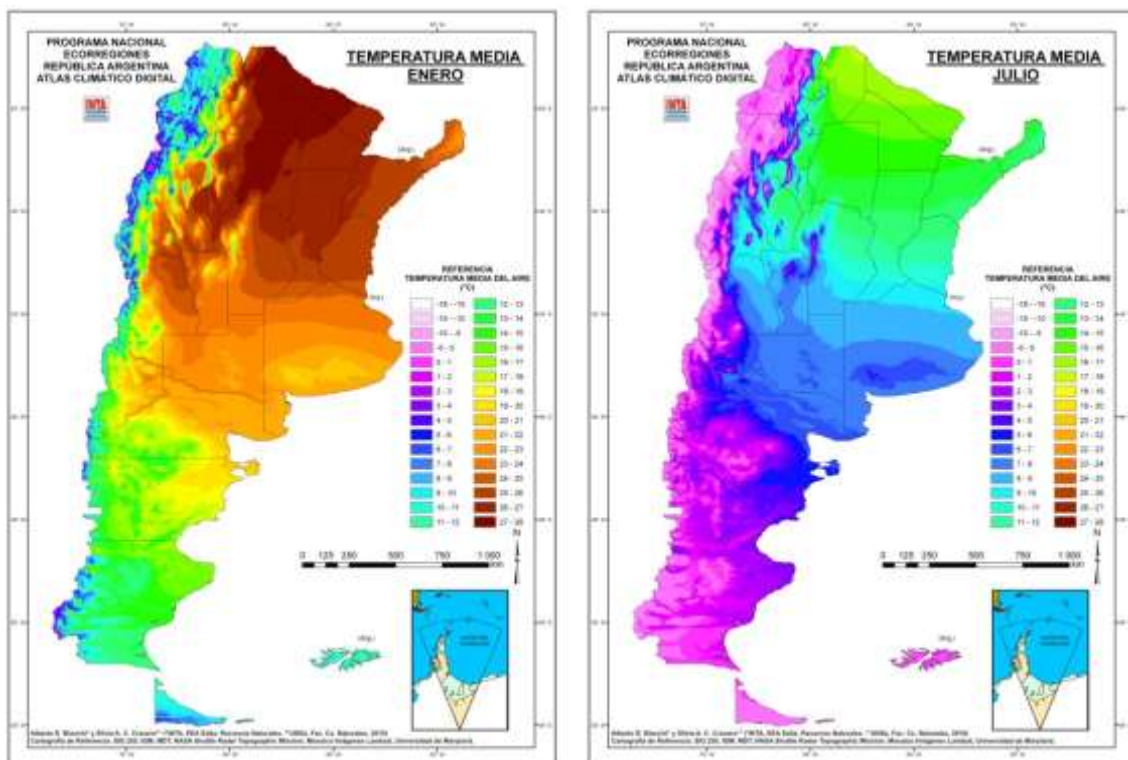


Figura 5. Mapas digitales de temperaturas medias mensuales del mes más cálido (ENERO) y el más frío (JULIO) (tomado de Bianchi y Cravero 2010).

La amplitud térmica diaria es muy marcada en algunas regiones del noroeste argentino, debido a la acción de varios factores: intensa radiación diurna, seguida de gran irradiación nocturna favorecida por la diafanidad de la atmósfera y la altitud. En la zona altoandina de la provincia de Jujuy, la temperatura varía entre 16 y 20°C, llegando en casos extremos hasta valores de 30°C.

El régimen de heladas (cuando la temperatura de la capa de aire cercana al suelo es de 0°C o inferior) irrumpe en forma periódica en la provincia de Jujuy. Durante el invierno, masas de aire polar con escaso contenido de vapor de agua hacen bajar la temperatura produciendo heladas. A medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar, las heladas se hacen más

frecuentes. El periodo medio libre de heladas disminuye desde 350 días al año en la zona del Ramal a 340 días en Perico, 326 días en San Salvador de Jujuy, 200 días en la Quebrada de Humahuaca y 120 días en la zona de la Puna.

LAS PRECIPITACIONES EN LOS ANDES

Las precipitaciones son de tipo monzónico. Comienzan en diciembre y terminan a mediados de marzo, por la intensa actividad convectiva, disminuyendo los registros de oeste a este (Bianchi y Cravero 2010).

Durante el invierno, cuando la corriente de chorro subtropical alcanza su mayor intensidad y máximo desplazamiento hacia el norte en el ciclo anual, la región altiplánica queda bajo el dominio de una circulación con un componente del oeste en toda la columna troposférica.

En los niveles más altos de la troposfera, la particularidad más relevante es el establecimiento de una circulación anticiclónica durante el verano, denominada Alta de Bolivia (*Bolivian High*), cuyo centro se localiza sobre la región Altiplánica.

Durante esta estación, también la baja térmica se encuentra muy atenuada y a veces desaparece debido al enfriamiento del continente. En esta época se producen escasas precipitaciones. El anticiclón del Pacífico, debido a la altura de la cordillera de los Andes, encuentra disminuida su acción por sobre los procesos atmosféricos que se desarrollan hacia el este del cordón montañoso.

Durante los meses de verano, se crea un centro de baja presión llamado baja térmica sobre la Llanura Chaqueña, coincidiendo con la isoterma de 48°C de máxima absoluta. Esto permite el desplazamiento, desde el Atlántico, de una masa de aire cargada de humedad que, junto a los frentes fríos que atraviesan el país hacia el norte, produce precipitaciones intensas.

La distribución de la humedad aportada durante el verano por los vientos provenientes del Atlántico está determinada principalmente por influencia del relieve. Cuando los vientos húmedos son obligados a elevarse por las laderas de las cadenas montañosas, se enfrían hasta que alcanzan la temperatura de condensación. Entonces comienzan las precipitaciones, que continúan a medida que la masa de aire ascienda.

En la zona del Altiplano, como consecuencia de lo anteriormente expuesto, una vez que una masa de aire llega a una altura de 2500 a 3000 m snm, ya ha descargado la mayor parte de la humedad. De manera que, aunque continúe el ascenso, no se producen nuevas precipitaciones. Así queda determinada la aridez de la Puna.

En la provincia de Jujuy, las isohietas anuales tienen un recorrido de sur a norte, con influencias muy marcadas que responden a la orientación de los cordones montañosos. Las isohietas son líneas imaginarias que unen puntos con iguales valores de precipitación.

En la Puna se distinguen dos zonas. Una al sudeste (departamentos de Susques y Cochínoca), correspondiente a la Puna Desértica, en la que la precipitación alcanza sus más bajos niveles (entre 50 - 100 mm), es la Puna de los salares, que ocupa los fondos de los valles y bolsones. La otra zona se ubica al noreste y es la llamada Puna Seca, en las que las precipitaciones son algo superiores, con niveles de 300 - 400 mm. En ella, los salares son reemplazados por lagunas y corren algunos ríos permanentes. La explicación de este fenómeno está dada por el hecho de que los vientos húmedos provenientes del Atlántico descargan la mayoría de la humedad en las sierras de Santa Victoria y Yala, entre otras. Al superar estos picos, llegan con poca humedad al Altiplano, donde se condensan y precipitan, a medida que avanzan hacia el oeste, por razones convectivas y orográficas.

La incidencia de la circulación del Pacífico solamente se hace notar en los picos que superan los 5000 m snm, a través de las cumbres nevadas, particularmente en la cordillera.

LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración potencial se calcula a partir de la temperatura media mensual. Es decir que, conociendo los parámetros de precipitación y temperatura media mensual, puede hacerse el cálculo del balance hídrico climático (B.H.C en adelante). Así, se analizaron las situaciones hídricas que arroja el B.H.C. en cada una de las regiones por separado. La región de la Puna Seca presenta un balance hidrológico según el cual el exceso de agua es nulo a lo largo de todo el año. Durante los meses de otoño, invierno y primavera, en las diferentes localidades se observan deficiencias de agua. Dichas deficiencias son mayores en la zona de Abra Pampa, Tres Cruces (10 meses) y, desde allí, disminuyen hacia el norte y el este. Esa disminución responde a un aumento de precipitación en el mismo sentido. La evapotranspiración es máxima en los meses de verano, coincidiendo con el régimen estival de precipitaciones (Bianchi y Cravero 2010).

VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y ANOMALÍAS EN LOS ANDES

El clima de una región determinada se mantiene relativamente uniforme año a año. Sin embargo, existe cierta variabilidad intrínseca que hace que los valores normales se alejen de las estadísticas. Cuando la desviación respecto del valor normal es significativa, se la conoce como anomalía climática.

Superpuestas a las condiciones medias del ciclo anual atmosférico, existen anomalías que impactan de manera importante en las condiciones climáticas de Sudamérica en años particulares y que le confieren a este sistema una fuerte variación anual y decadal. Más allá de

las variaciones de corto plazo (intra-anales) conocidas (para más detalles ver Garreaud *et al.* 2008) la variabilidad atmosférica de más baja frecuencia (por ejemplo, inter-anales e inter-decadales) se debe principalmente a tres fenómenos globales como ENSO (*El Niño Southern Oscillation*), PDO (*Pacific Decadal Oscillation*) (Mantua *et al.* 1997) y los AO y AAO (*Arctic and Antarctic Annular Modes*, Thompson y Wallace 2000) (Morales 2011). Vale aclarar que aquí se desarrollará solo uno de ellos, cuyo estudio ha cobrado interés en los últimos años en el área andina.

EL ENSO

El fenómeno de El Niño - Oscilación Sur (ENOS) es un patrón climático recurrente que se origina a partir de los cambios en la temperatura de las aguas en la parte central y oriental del Pacífico tropical. Cuando las aguas superficiales de una gran franja del Océano Pacífico tropical se calientan o enfrían entre 1°C y 3°C (en comparación con la temperatura normal). Este calentamiento oscilante y el patrón de enfriamiento son conocidos como ciclo ENOS (o ENSO por sus siglas en Inglés), y afectan directamente la distribución de las precipitaciones en las zonas tropicales. El Niño y La Niña son las fases extremas del ciclo ENOS. Entre ambas existe una tercera, llamada neutral. El ciclo ENSO dura generalmente entre 3 y 7 años, y con frecuencia incluye una fase fría (La Niña) que puede ser igualmente fuerte, así también como algunos años no son anormalmente fríos ni cálidos. Sin embargo, el ciclo no es una oscilación regular como el cambio de estaciones, pudiendo ser muy variable en su intensidad y duración. El fenómeno de El Niño - Oscilación Sur (ENSO) implica grandes intercambios de calor entre el océano y la atmósfera, que afectan la temperatura media global de la Tierra y crean situaciones extremas en el ciclo hidrológico, como lluvias torrenciales y sequías en diferentes partes del mundo. La Oscilación Sur se refiere a cambios en el sistema de presiones de las zonas subtropicales que afectan la fuerza y dirección de los vientos alisios en el Pacífico. Por su parte, el fenómeno del Niño remite a modificaciones en la temperatura superficial del agua en la zona ecuatorial del Pacífico, debido a la intensificación de la corriente contraecuatorial que provoca cambios en la posición de la termoclina permanente e impide el afloramiento de aguas profundas frente a la costa occidental de Sudamérica.

Se ha observado que la variabilidad en las precipitaciones anuales del área andina se relaciona fuertemente con el fenómeno del ENSO, aunque su influencia e impacto son heterogéneos (Aceituno 1988, Garreaud *et al.* 2003). De esta manera, la tendencia señala que las fases cálidas (El Niño) tienden a reducir las precipitaciones generando condiciones de mayor aridez, mientras que las fases frías (La Niña) tienden a aumentar las precipitaciones y favorecer condiciones de mayor humedad. Una vez desarrollados, El Niño y La Niña producen cambios

importantes en las temperaturas estacionales y en los patrones de precipitación en muchas regiones del mundo, incluso en algunas que están alejadas del Océano Pacífico ecuatorial. Estos cambios también se conocen como teleconexiones. Sin embargo debe mencionarse que no son los únicos fenómenos que operan generando variabilidad climática en el continente sudamericano, sino que también existe la PDO (Mantua *et al.* 1997), el AO y AAO (Thompson y Wallace 2000), además de la Oscilación Madden-Julian (Madden y Julian 1994), que es responsable de la mayor parte de la variabilidad intraestacional sobre gran parte de las zonas tropicales y subtropicales (Nogués-Paegle *et al.* 2000) .

EL ENSO EN LA PUNA

La incidencia del fenómeno del ENSO en la Puna argentina no es aún muy clara (Bianchi *et al.* 2005). Al respecto, Morales (2011) señala que esta tendencia pareciera confirmarse si comparamos la media de la serie 1935-1977 de 9,38°C con la de los años determinados como El Niño de 9,65°C (N=12) y de 9,02°C (N=12) para La Niña durante este mismo lapso. Esto estaría indicando un aumento promedio de 0,3°C en las temperaturas anuales del área durante las fases cálidas de ENSO y una baja de 0,63°C durante las frías. Si se toma como parámetro que el proceso denominado calentamiento global puede ser observado en los registros documentales de temperaturas como el incremento de 0,6 - 0,8°C en los últimos 150 años (según datos del *National Climate Data Center*), un incremento de esta magnitud en el área resulta evidentemente relevante. De todas formas, y al igual que lo observado en las precipitaciones, no todos los años en fase El Niño resultan más cálidos en el área de estudio (por ejemplo, 1957, 1965 y 1972 se encuentran por debajo de la media). En el caso de La Niña, casi todos los eventos estuvieron acompañados por temperaturas más frías que la media. Solo 1967 mostró condiciones más cálidas que lo esperable.

En suma, las temperaturas, al igual que las precipitaciones, muestran una fuerte variabilidad de alta frecuencia no predecible. No obstante, se observa cierto grado de vinculación entre eventos El Niño y años con una temperatura media anual incrementada en el orden de los 0,3°C, y entre fases La Niña y temperaturas más frías. Estas observaciones parecen reafirmar lo sugerido por Garreaud *et al.* (2003) para el resto del área andina. Sin embargo, Maggi *et al.* (2009) evalúa el impacto del fenómeno del ENSO en el área y concluyen que existe una relación directa entre la expansión/retracción de Laguna de Pozuelos y las precipitaciones, a partir de la medición del espejo de agua de la Laguna de Guayatayoc a través de imágenes satelitales (Landsat) y su comparación con el registro de precipitaciones durante el periodo 1971-2000 años DC.

A MODO DE CONCLUSIÓN

A modo de síntesis, se han podido desarrollar algunos conceptos básicos que hacen a la comprensión del sistema climático en general y a las particularidades observadas en el área de estudio. El punto central es, en este caso, cómo se desarrollaron los patrones de humedad y temperatura, ya que estas variables han demostrado estar directamente relacionadas con el desarrollo de la vegetación, tema central de esta tesis. De esta manera, modificaciones en la composición de la flora pueden interpretarse como consecuencias directas de cambios en la distribución de las precipitaciones, producto a su vez de variaciones en algunos de los procesos aquí expuestos (modificaciones en la posición de la ITCZ o fenómenos como el ENSO). Incluso algunas de estas causas serán utilizadas por diversos investigadores para explicar los cambios paleoambientales en los registros fósiles en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO 6

ANTECEDENTES PALEOAMBIENTALES DEL ÁREA ANDINA

A continuación, se presentan los antecedentes paleoambientales de la Puna argentina. Asimismo se incorporarán los estudios realizados en otras localidades de los Andes centrales, ya que comparten características relacionadas a los patrones de circulación atmosférica, ubicación geográfica y continentalidad. La información relevada incluye no solo los análisis polínicos disponibles en la bibliografía, sino también aquellos presentados por otras líneas de evidencia paleoambiental (diatomeas, isótopos estables, concentración de partículas de polvo, ostrácodos y química de suelos, entre otros). Este enfoque multi-proxy permite construir un panorama amplio de datos paleoambientales mutuamente verificables. De igual modo, es posible observar la variabilidad de respuestas de los diferentes ambientes sedimentarios y de los proxies utilizados.

Los datos han sido sintetizados y organizados en cuatro bloques temporales: 12.000 – 10.000 años AP (finales del Pleistoceno - comienzo del Holoceno), 10.000 - 8000 años AP (Holoceno temprano), 8000 - 4500/3500 años AP (Holoceno medio), 4500/3500 - 2000 años AP (Holoceno tardío). También se agrega un apartado especial sobre la Pequeña Edad de Hielo, a fin de ejemplificar la variabilidad climática y las anomalías de corto plazo registradas en el último milenio. Los antecedentes de la Puna Argentina se encuentran compilados hacia el final del capítulo a fin de tener un panorama más claro de la evolución ambiental del área de estudio. Particularmente, se describen en un párrafo aparte los análisis realizados en los mismos registros que son objeto de esta tesis, a partir de otras líneas de evidencia como diatomeas y la relación materia orgánica/inorgánica total. Esta segmentación arbitraria gira en torno a las principales discusiones paleoambientales y arqueológicas del área: bajo qué condiciones se desarrollaron las primeras ocupaciones del espacio, el supuesto abandono durante el periodo de aridez regional del Holoceno medio; el mejoramiento climático y la domesticación de camélidos, entre otras cuestiones.

A su vez, los datos están separados en función del tipo de ambiente sedimentario analizado (archivo ambiental), de mayor a menor resolución espacial (núcleos de hielo, geomorfología glaciar, lagunas, lagos y packrat).

12.000 – 10.000 Años AP

NÚCLEOS DE HIELO Y GEOMORFOLOGÍA GLACIARIA

Los núcleos contienen polvo, burbujas de aire e isótopos de oxígeno, que son usados para interpretar el clima pasado del área. Además, encierran registros de la composición paleoatmosférica, incluyendo concentraciones de gases traza, impurezas químicas de origen terrestre y marino e isótopos cosmogénicos. Una de las virtudes de estos núcleos es que brindan una resolución espacial muy amplia, por lo que su información es aplicable a escala macroregional (Dincauze 2000).

En los Andes Centrales se conocen tres registros de núcleos de hielo que comprenden el periodo Pleistoceno - Holoceno: Huascaran en Bolivia, y Sajama e Illimani en Perú. Las tendencias generales marcan un descenso en los valores isotópicos de δO_{18} y δD , una baja concentración de partículas de polvo y una vegetación compuesta por altos porcentajes de Poaceas, características de ambientes más fríos y húmedos que los actuales (ver Tabla 3).

PLEISTOCENO – HOLOCENO					
Cronología AP (en miles de años)	Archivo ambiental	Localidad	Línea de evidencia	Interpretación ambiental	Referencia
14,5 – 12	Núcleo de hielo	Huascaran (Bolivia)	Isótopos δO_{18} , δD , NO_3	Húmedo y frío	Thompson <i>et al.</i> (1995), Thompson, Mosley-Thompson y Henderson (2000)
14 – 12		Illimani (Perú)	Partículas de polvo e isótopos de δD	Húmedo y frío	Ramírez <i>et al.</i> (2003)
14 – 11		Sajama (Perú)	Isótopos de δO_{18} , NO_3 , partículas de polvo, polen, Cl^- y SO_4	Húmedo	Thompson <i>et al.</i> (1998), Thompson <i>et al.</i> (2000), Reese <i>et al.</i> (2013)

Tabla 3. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre núcleos de hielo en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 14.000 – 11.000 años AP.

GEOMORFOLOGÍA GLACIARIA

Diversos estudios de geomorfología glaciaria en Bolivia y Perú han detectado avances glaciarios entre 15.000 – 11.000 años AP (Rodbell y Seltzer 2000, Kelly *et al.* 2012) y, en algunos casos, pequeños reavances ca. 10.000 años AP (Zech *et al.* 2011, Smith *et al.* 2005). Fueron pioneros los trabajos de Clapperton (1979), quien señaló que el límite máximo de expansión glacial en Cordillera Blanca, Bolivia, habría ocurrido ca. 13.000 años AP. Esta afirmación fue corroborada años más tarde por nuevas investigaciones realizadas en Cerro Azanaques (Clapperton *et al.* 1997) (ver Tabla 4).

PLEISTOCENO – HOLOCENO					
Cronología AP (en miles de años)	Archivo ambiental	Localidad	Línea de evidencia	Interpretación ambiental	Referencia
15,5 – 10	Geomorfología glaciaria	Pastos Grandes (Bolivia)	Datación de turba	Humedo y frío	Smith <i>et al.</i> (2005)
15 – 10		Cochabamba (Bolivia)	Datación de turba	Húmedo y frío	Zech <i>et al.</i> (2011)
13		Cordillera Blanca (Bolivia)	Datación de turba	Húmedo y frío	Clapperton (1979)
13,3		Cerro Tunupa (Perú)	Datación de turba	Húmedo y frío	Clapperton (2006)
11,2 - 10,9		Cordillera Blanca (Bolivia)	Datación de turba	Húmedo y frío	Rodbell y Seltzer (2000)

Tabla 4. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre geomorfología glaciaria en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 15.000 – 10.000 años AP.

CUENCAS LACUSTRES

Los sedimentos acumulados en lagos y sus alrededores pueden ser recolectados por medio de núcleos/testigos y proporcionar registros de cambio climático. Los niveles de acumulación en lagos son generalmente altos. Por esta razón, sus sedimentos ofrecen un gran potencial de registros de alta resolución del clima pasado, siendo adecuadamente fechados. Estos sedimentos se conforman de dos componentes básicos: material alóctono, originado en las afueras de la cuenca del lago, y material autóctono, producido dentro del mismo lago (Bradley 1999).

En la cuenca de Uyuni-Coipasa, Bolivia, los trabajos sobre líneas de costa y diatomeas, en testigos sedimentarios de lagos y lagunas, permitieron definir tres eventos lacustres principales: a) la fase Tauca, 16.000 – 12.000 años AP (máx. 13.000 – 12.000 años AP); b) un evento árido llamado “Ticaña”, 12.000 - 9500 años AP; c) el evento Coipasa 9500 - 8500 años AP (Sylvestre *et al.* 1999).

En líneas generales, para este periodo las secuencias lacustres marcan un aumento de la humedad entre 13.000 y 11.500 años AP, coincidente con la fase Tauca propuesta por Sylvestre *et al.* (1999), como ocurre en el caso del lago Titicaca (Baker *et al.* 2001, Wirmann *et al.* 1991). También en el Lago Taypi Chaka Kkota, en la región de La Paz, Bolivia, análisis *multi-proxies* (isótopos estables de δD_{18} , química de sedimentos, relación C/N, susceptibilidad magnética y diatomeas) apoyan la teoría de un momento más húmedo durante este periodo (Abbott *et al.* 2000). Los autores agregan que estas características se asemejan a las de actuales lagos que reciben aporte de agua de deshielo. Esta conjetura se relaciona con la idea de desglaciación sugerida por Thompson *et al.* (1998).

En el Salar de Atacama, Chile, se desarrollaron estudios paleoambientales en Laguna Lejía (Grosjean 1994, Grosjean *et al.* 1995), que detectaron altos niveles de la laguna ca. 15.400 – 13.500 años AP y máximos ca. 13.500 – 10.400 años AP. Coincidentemente, Rech *et al.* (2001)

halló depósitos de paleo-humedales en el centro del desierto de Atacama y registró un episodio de capas freáticas altas entre 15.400 – 9000 años AP. A estos resultados se suma el estudio en Laguna Seca en Chile (Baied y Wheeler 1993), que marcan que entre 12.000 – 9000 años AP se desarrolló una vegetación típica de ambientes más húmedos que los actuales, representada por altos porcentajes de Poaceae, seguido de Asteraceae y bajos valores de Malvaceae, Chenopodiaceae y *Polylepis sp* (ver Tabla 5).

Contrariamente, hay estudios que detectan condiciones de menor humedad para este periodo. Entre ellos se encuentran los análisis isotópicos d13C, diatomeas, polen y carbón desarrollados en el Lago Titicaca indican condiciones de menor humedad para el periodo *ca.* 14.500/12.500 – 11.500 años AP (Rowe *et al.* 2003, Paduano *et al.* 2003). Los análisis de polen presentan evidencias de una mayor concentración polínica y una vegetación dominada principalmente por Poaceae, seguida de Asteraceae y Cyperaceae. Esto va acompañado de bajos niveles de concentración de partículas de carbón. Estos resultados son interpretados como producto de un descenso del nivel del lago (Paduano *et al.* 2003). Cabe mencionar también los resultados de los análisis polínicos realizados por Graf (1989) en el Valle de Cochabamba, Bolivia, donde se distingue una vegetación compuesta por un máximo de Gramíneas, seguido de Asteracea y menores porcentajes de Malvácea y Valeriana; aunque, a diferencia de otros registros, esto lo asocia a un ambiente más cálido que el actual.

Así también en Atacama, Chile, el análisis de la estructura y textura de una columna sedimentaria marca condiciones de hiperaridez entre 15.300 – 11.400 años AP, seguidas de una fase de anegación (una laguna muy salobre) entre 11.400 – 10.200 años AP (Bobst *et al.* 2001).

Algunas de estas discrepancias se debaten en torno a la cuestión de hasta qué punto los cambios hidrológicos y en el balance de la masa glacial se produjeron por la temperatura y/o por impactos climáticos en las tasas de sublimación / evaporación y/o por variaciones en las precipitaciones (Fritz *et al.* 2007).

PLEISTOCENO – HOLOCENO					
Cronología AP (en miles de años)	Archivo ambiental	Localidad	Línea de evidencia	Interpretación ambiental	Referencia
16 - 9,5	Testigo sedimentario	Uyuni - Coipasa (Bolivia)	Sedimentos y diatomeas	Aumento del lago	Sylvestre <i>et al.</i> (1999)
				Descenso del lago	
				Aumento del lago	
15 - 10		Lago Titicaca	Diatomeas	Aumento del lago	Baker <i>et al.</i> (2001)

				Descenso del lago	
13,5 -11,5	Lago Titicaca	Estudios radiocarbónicos e isotópicos		Descenso del lago	Rowe <i>et al.</i> (2003)
12,5-11,5	Lago Titicaca	Polen y carbón		Descenso del lago	Paduano <i>et al.</i> (2003)
11,5-10,1				Aumento del nivel del lago	
11,4 -10,2	Laguna Seca (Chile)	Polen		Húmedo y frío	Baied y Wheeler (1993)
11,5 -10,1	Laguna Lejía (Chile)	Análisis sedimentológicos (químicos) y línea de costa. Diatomeas y polen		Húmedo	Grosjean (1994, <i>et al.</i> 1995)
15,3 -10,2	Salar de Atacama (Chile)	Análisis de la estructura y textura de los sedimentos		Hiper-árido entre 15,3 - 11,4 años AP	Bobst <i>et al.</i> (2001)
				Fase de anegación 11,4 - 10,2 años AP	
15,4 - 9	Desierto de Atacama (Chile)	Paleohumedal. Presencia de turba		Húmedo	Rech <i>et al.</i> (2001)

Tabla 5. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre testigo sedimentario en el área de estudio para el periodo comprendido entre 16.000 – 10.000 años AP.

PACKRAT MIDDEN

Los *packrat midden* son acumulaciones de residuos orgánicos (heces, plantas, insectos y vertebrados) encerrados en orina y endurecidos, que se encuentran en abrigos rocosos, cuevas y quebradas. Las ventajas de su análisis incluyen la alta resolución taxonómica, la delimitación de la procedencia de los materiales vegetales y animales (generalmente a 100 metros del basural), la abundancia de plantas y materia orgánica para la realización de fechados radiocarbónicos (Betancourt *et al.* 1990).

Betancourt *et al.* (2000) realizaron un estudio de polen contenido en *packrat middens* y testigos de lagunas en Calama y Salar de Atacama. Los resultados obtenidos indican condiciones húmedas *ca.* 16.200 – 10.500 años AP, y particularmente entre 11.800 – 10.500 años AP. Los autores agregan que el incremento registrado de las especies de verano avalaría la hipótesis del aumento de las precipitaciones estivales. También Latorre *et al.* (2003) realizan el estudio de polen fósil sobre *packrat midden* en diferentes localidades del sur de Bolivia (3100 - 3300 m snm), y observa, hacia *ca.* 13.500 años AP, una vegetación mixta de estepa herbácea y de tolar. En concordancia con el caso anterior, los autores interpretan estos datos como productos de un descenso de la vegetación respecto de su ubicación actual, debido a una intensificación de las precipitaciones (ver Tabla 6).

PLEISTOCENO – HOLOCENO					
Cronología AP (en miles de años)	Archivo ambiental	Localidad	Línea de evidencia	Interpretación ambiental	Referencia
16,2 -10,5	Packrat midden	Calama y el Salar de Atacama (Chile)	Polen	Húmedo	Betancourt <i>et al.</i> (2000)
13,5 -9,6		Cordón Tuina, Cerro Aiquina, Pampa Vizcachilla y El Hotel (Chile)	Polen	Húmedo	Latorre <i>et al.</i> (2003)

Tabla 6. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre packrat middens en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 16.000 – 10.000 años AP.

10.000 - 8000 AÑOS AP

NÚCLEOS DE HIELO

Para el periodo del Holoceno temprano, los núcleos de hielo estudiados por Thompson *et al.* (1995) en el Nevado de Huascarán permitieron la detección de un aumento de los valores de $\delta\text{D}18$, NO_3 y partículas de polvo. También en el caso de Illimani, Ramírez *et al.* (2003) observa un incremento de las partículas de polvo, así como máximos valores de δD . Asimismo, los estudios polínicos realizados por Reese *et al.* (2013) en el Nevado de Sajama indican condiciones más secas hacia el comienzo de este periodo y un posterior aumento de la humedad (ver Tabla 7).

HOLOCENO TEMPRANO					
Cronología AP (en miles de años)	Archivo ambiental	Localidad	Línea de evidencia	Interpretación ambiental	Referencia
10 - 8	Núcleo de hielo	Huascarán (Bolivia)	Isótopos $\delta\text{D}18$, δD , NO_3 y partículas de polvo	Más cálido y seco	Thompson <i>et al.</i> (1995)
10 - 8		Illimani (Perú)	Partículas de polvo e isótopos de δD	Más cálido y seco	Ramírez <i>et al.</i> (2003)
10 - 8,5		Sajama (Perú)	Polen	Más seco	Reese <i>et al.</i> (2013)

Tabla 7. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre núcleos de hielo en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 10.000 - 8000 años AP.

GEOMORFOLOGÍA GLACIARIA

Por otra parte, los análisis de geomorfología señalan la presencia de deltas lacustres, líneas de costa, depósitos de aluviones con diatomeas y terrazas lacustres, que se interpretan como comienzos del retroceso glaciario (Hastenrath 1971, Argollo 2006) (ver Tabla 8).

HOLOCENO TEMPRANO					
Cronología AP (en miles de años)	Archivo ambiental	Localidad	Línea de evidencia	Interpretación ambiental	Referencia
10 – 8	Geomorfología	Desde Iquique (Chile) hasta Jujuy (Argentina)	Depresión de línea de nieves	Más húmedo	Hastenrath (1971)
10		Atacama (Chile)	Geomorfología	Más Húmedo	Oschesnius (1976)
10,5 - 10		Cordillera de los Andes (Bolivia)	Morrenas	Más seco	Argollo (2006)

Tabla 8. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre geomorfología en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 10.000 - 8000 años AP.

CUENCAS LACUSTRES

Estudios sedimentológicos en Cordillera Real, Bolivia, (Abbott *et al.* 1997) marcan un rápido retroceso de los glaciares hacia fines del Pleistoceno, exponiendo las cuencas lacustres entre ca. 10.800 - 9700 años AP. Los resultados muestran que, después de 10.800 años AP, los valores de δD_{O18} vuelven a ser más bajos, similares a los de los lagos alimentados por glaciares. También al sur del Titicaca, en el río Desaguadero, estudios de sedimentos y diatomeas indican condiciones más húmedas entre 10.000 - 7900 años AP (Rigsby *et al.* 2005). Asimismo, los análisis de diatomeas obtenidos por Baker *et al.* (2001) detectan un aumento en el nivel lago entre 10.000 - 8500 años AP. Asimismo, en Laguna Miscanti, Chile (Grosjean *et al.* 2001), se observa una trasgresión palustre hacia finales del Tardiglacial entre 12.000 - 8000 años AP. Esta transgresión presentó dos fases particularmente altas, hacia 11.000 y 9000 años AP. También Baied y Wheeler (1993) han realizado análisis polínicos en Laguna Seca, que señalan que entre 9000 - 8000 años AP se desarrolló una vegetación sin árboles, un leve incremento de las Asteraceae y mayor proporción de Poaceae. A diferencia de los casos anteriores, los autores interpretan estos resultados como un aumento de condiciones de humedad producto de un cambio en la distribución de las precipitaciones (ver Tabla 9).

Hasta aquí todos los estudios señalan condiciones de mayor humedad, sin embargo en el área de Atacama se han detectado condiciones de mayor aridez. Al respecto, en Laguna Lejía, Chile, los análisis de ostrácodos, diatomeas y polen en sedimentos avalan que entre 10.400 - 8500 años AP hubo fluctuaciones en los sedimentos, mayor salinidad y mayor evapotranspiración, bajo condiciones de mayor aridez (Grosjean 1994, Grosjean *et al.* 1995). En esta línea, Bobst *et al.* (2001) en el Salar de Atacama, a partir de análisis de estructura y composición de los sedimentos, distingue condiciones de hiperaridez entre 10.200 - 6200 años AP.

HOLOCENO TEMPRANO					
Cronología AP (en miles de años)	Localidad	Archivo ambiental	Línea de evidencia	Interpretación ambiental	Referencia
10,7 - 9,7	Testigo sedimentario	Laguna Viscachani y Lago Taypi Chaka Kkota, Cordillera Real (Bolivia)	Sedimentos, isótopos estables y diatomeas	Más seco y cálido	Abbott <i>et al.</i> (1997)
11 - 10		Lago Titicaca	Diatomeas	Seco	Tapia <i>et al.</i> (2003)
10 - 7,9		Lago Titicaca	Diatomeas	Húmedo	Rigsby <i>et al.</i> (2005)
10 - 7,5		Valle de Cochabamba (Bolivia)	Polen	Seco y frío	Graf (1997)
9 - 8		Laguna Seca (Chile)	Polen	Húmedo	Baied y Wheeler (1993)
10,4 - 8,5		Laguna Lejía (Chile)	Análisis sedimentológicos, línea de costa, diatomeas y polen	Mayor aridez	Grosjean (1994), Grosjean <i>et al.</i> (1995)
12 - 8		Laguna Miscanti (Chile)	Polen	Más humedo	Grosjean <i>et al.</i> (2001)
10,2 - 6,2		Salar de Atacama (Chile)	Estructura y composición de sedimentos	Hiperaridez	Bobst <i>et al.</i> (2001)
10,1 - 7,9		Lago Titicaca	Polen	Húmedo	Paduano <i>et al.</i> (2003)

Tabla 9. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre geomorfología y testigos sedimentarios en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 10.000 - 8000 años AP.

PACKRAT MIDDENS

Otro trabajo que apuntala la hipótesis de una fase húmeda durante este lapso cronológico es el de Latorre *et al.* (2003), donde se exponen los resultados del análisis polínico en *packrat middens*, los cuales muestran altos valores de herbáceas entre 13.500 - 9600 años AP, interpretados como más húmedos.

A modo de síntesis, durante este periodo se detecta una baja en lagos y lagunas, que se evidencia en los análisis de diatomeas a partir de un aumento de las especies planctónicas, seguido de un posterior incremento de las bentónicas (Baker *et al.* 2001, Tapia *et al.* 2003). De igual modo, se observa en los análisis de polen fósil en Laguna Seca (Baied y Wheeler 1993) y Miscanti (Grosjean *et al.* 2001), Chile, un descenso de los porcentajes de árboles (*Polylepis* y *Nothofagus*) y un aumento de las especies de *Poaceas* y *Asteraceas*, acompañado de una disminución en los taxones de las acuáticas. Contrariamente, registros sedimentarios en, por ejemplo, la cuenca del Titicaca (Rigsby *et al.* 2005, Baker *et al.* 2001), señalan un incremento

de las condiciones de humedad. Estas discrepancias podrían explicarse por un aumento de la temperatura, que a su vez habría provocado el retroceso de los glaciares y alimentado con ese agua de deshielo los lagos y lagunas situados en cotas más bajas (Thompson *et al.* 1998).

8000 - 4500 AÑOS AP

NÚCLEOS DE HIELO

Los análisis de isótopos de oxígeno realizados por Thompson *et al.* (1998) sobre el núcleo de hielo obtenido del Nevado de Sajama, Perú, describen un descenso de los niveles de acumulación de hielo entre 9000 - 3500 años AP, con valores particularmente bajos entre 6600 - 3800 años AP. Asimismo, los resultados de los análisis polínicos del núcleo de hielo de Sajama realizados por Ybert (1984) indican mayores frecuencias de Poáceas y menores de *Polylepis sp.* para el lapso 7500 - 6000 años AP, que han sido interpretadas por el autor como indicadoras de un clima frío y seco. Nuevos estudios polínicos realizados por Reese *et al.* (2013), en el Nevado de Sajama, señalan la disminución de los valores de concentración polínica entre 8000 - 5000 años AP. También Thompson *et al.* (1995), en relación a Huascarán, señala que entre 8400 - 5200 años AP se desarrolló un clima más cálido, que se evidencia en el aumento de los valores de isótopos de δO_{18} y en un cambio en la vegetación por disminución de las gramíneas y las taxa andinas, y aumento de las compuestas (ver Tabla 10).

HOLOCENO MEDIO					
Cronología AP (en miles de años)	Localidad	Archivo ambiental	Línea de evidencia	Interpretación ambiental	Referencia
7,5 - 6	Sajama (Perú)	Núcleo de hielo	Polen	Seco y frío	Ybert (1984)
8,4 - 5,2	Huascarán (Bolivia)		Isótopos de oxígeno δD_{18} y polen	Cálido	Thompson <i>et al.</i> (1995)
9 - 3,5	Sajama (Perú)		Isótopos de δO_{18} , NO ₃ , partículas de polvo, polen, Cl- y SO ₄	Seco	Thompson <i>et al.</i> (1998)
9 - 2	Cordillera Blanca (Perú)		Partículas de polvo	Seco	Davis (1990)
8 - 5	Sajama (Perú)		Polen	Seco	Reese <i>et al.</i> (2013)

Tabla 10. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre núcleos de hielo en el área de estudio para el periodo comprendido entre 9000 - 5000 años AP.

CUENCAS LACUSTRES

En concordancia con lo observado en los núcleos de hielo, los estudios de polen y diatomeas realizados en Titicaca (Ybert 1992, Tapia *et al.* 2003, Baker *et al.* 2001) muestran un descenso en el nivel del lago, que presenta condiciones más salobres *ca.* 7500 - 3000 años AP. A conclusiones similares llegan Paduano *et al.* (2003) en el lago Titicaca, a partir de los análisis de polen y carbón en esta misma localidad, donde encuentra un sustancial decrecimiento de los porcentajes de Cyperaceas y abundante presencia de carbones locales. En Bolivia, Abbot *et al.* (1997, 2003), a partir del análisis de sedimentos, isótopos y diatomeas, en las lagunas de Paco Cocha, Taypo Chaka Kkota y Potosí, registra condiciones de mayor aridez entre *ca.* 10 000 - 3400 años AP. Por otro lado, los estudios de Graf (1989) en el Valle de Chocabamba, Bolivia, señalan un momento más cálido *ca.* 7500 - 3500 años AP, con un "óptimum climático" *ca.* 5600 - 5200 años AP.

Conforme lo hasta aquí expuesto, para la Puna de Atacama de Chile se han postulado bajos niveles lacustres, a partir de evidencias de cuencas totalmente secas, sedimentos que habrían sido destruidos o erosionados por el viento, lo que habría provocado el abandono del área. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que esta situación no fue homogénea en el área andina y que ciertas localidades mantuvieron condiciones de humedad. De todas formas, sin duda las condiciones de aridez regional modificaron tanto la disponibilidad como la distribución de los recursos, lo que incidió en los patrones de movilidad y subsistencia, a través de procesos cortos de tiempo en espacios geográficos reducidos, sobre todo en lugares dependientes del agua (el desierto, por ejemplo) como la Puna. El estudio de la estructura y textura de los sedimentos extraídos de un núcleo de sales del Salar de Atacama presenta datos que indican un breve período de humedad entre 6200 - 3500 años AP (Bobst *et al.* 2001). Así también se observa, en los estudios *multiproxy* realizados en Laguna Miscanti, que entre 8000 - 3600 años AP se registraron niveles palustres bajos y condiciones de hipersalinidad en la laguna, que se asocian a la alternancia entre condiciones secas y eventos húmedos. Finalmente, se habrían alcanzado las condiciones de máxima aridez de la secuencia entre 6000 - 5000 años AP. Aunque también en este caso se distingue que entre 5300 - 4800 años AP se ha registrado un breve aumento de la humedad (Grosjean *et al.* 2001). En línea con lo hasta aquí expuesto, los análisis de polen y geomorfología en Laguna Seca señalan una marcada disecación de la laguna hacia el Holoceno medio, a pesar de que se han detectado especies de plantas acuáticas entre 5800 - 4000 años AP y de árboles entre 5000 - 4000 años AP (Baied y Wheeler 1993) (ver Tabla 11).

HOLOCENO MEDIO					
Cronología AP (en miles de años)	Localidad	Archivo ambiental	Línea de evidencia	Interpretación ambiental	Referencia
8 - 3,6	Laguna Miscanti (Chile)	Testigos y columnas sedimentarias	Polen	Seco con pulsos de humedad	Grosjean <i>et al.</i> 2001
5,3 - 4,8				Húmedo	
8 - 4	Laguna Seca (Chile)		Polen	Seco con pulsos de humedad	Baied y Wheeler (1993)
8 - 3,9	Lago Titicaca		Ostrácodos y polen	Seco	Argollo y Mourguriart (1995)
7,5 - 3	Lago Titicaca		Polen y diatomeas	Seco	Ybert (1992), Tapia <i>et al.</i> (2003)
8,5 - 6	Lago Titicaca		Sedimentos y química de suelos	Seco	Baker <i>et al.</i> (2001)
10 - 2,3	Paco Cocha, Taypo Chaka Kkota y Laguna Potosí		Sedimentos, isótopos e diatomeas.	Seco	Abbott <i>et al.</i> (1997)
7,5 - 3,5	Valle de Cochabamba (Bolivia)		Polen	Seco y cálido	Graf (1989)
6,2 - 3,1	Quebrada de Puripica (Chile)		Análisis químicos y sedimentológicos	Seco	Grosjean <i>et al.</i> (1997)
6 - 3,6	Laguna Negro Francisco (Chile)		Análisis químicos y sedimentológicos	Seco	Grosjean <i>et al.</i> (1997)
10,2 - 6,2	Atacama (Chile)		Análisis sedimentológicos	Seco	Bobst <i>et al.</i> (2001)
6,2 - 3,5				Húmedo	

Tabla 11. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre testigos sedimentarios en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 8000 - 5000 años AP.

PACKRAT MIDDENS

Numerosos estudios del contenido polínico, macrorestos vegetales e isótopos en pellets de roedores realizados por Latorre *et al.* (2002, 2003 y 2006) y Betancourt *et al.* (2000) indican diferentes momentos húmedos entre ca. 8200 - 3000 años AP en el área andina comprendida entre 22° y 25° S. A modo de ejemplo, Betancourt *et al.* (2000) sugiere fases húmedas en la Quebrada de Tulán entre 8200 - 3000 años AP, en la Quebrada de Puripica entre 7100 - 4400 años AP, en el río Salado entre 6700 - 4300 años AP y en el río Loa entre el 4900 - 3500 años AP. Así también, los trabajos de Latorre *et al.* (2002, 2003) en río Salado señalan condiciones más húmedas entre 7600 - 6300 años AP (ver Tabla 12).

Sin embargo, se deben señalar algunas desventajas del análisis de las paleomadrigueras. Entre ellas, la falta de conocimiento de la duración del episodio deposicional, el cual no puede ser resuelto por fechados radiocarbónicos. Una paleomadriguera puede representar desde meses hasta cientos de años de acumulación. A diferencia de los depósitos sedimentarios de lagos, la depositación de paleomadrigueras es discontinua. Ello dificulta las comparaciones temporales. Asimismo, su preservación se restringe a ambientes rocosos, por lo que la reconstrucción de paleovegetación no incorpora terrenos abiertos o de suelos más profundos (Davis 1990). A su vez, su escala de resolución espacial es acotada, limitándose al radio de alimentación del roedor (Betancourt y Savedra 2002).

HOLOCENO MEDIO					
Cronología AP (en miles de años)	Localidad	Archivo ambiental	Línea de evidencia	Interpretación ambiental	Referencia
7,6 - 6,3	Río Salado (Chile)	Packrat	Macrorestos vegetales, polen e isótopos estables.	Húmedo	Latorre (2002, 2003)
7 - 3	Tulan, Puripica, Río Salado, Loa (Chile)			Húmedo	Betancourt <i>et al.</i> (2000)

Tabla 12. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre packrats middens en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 8000 - 3000 años AP.

4500 - 2000 AÑOS AP

NÚCLEOS DE HIELO

Los análisis de composición isotópica de δD_{018} , nitrógeno y polvo atmosférico en los núcleos de hielo de Huscaran muestran un periodo cálido entre 8400 - 5200 años AP, con un máximo entre 6500 - 5200 años AP y un posterior descenso de los valores de δD_{018} hacia 5200 años AP, con un mínimo entre 500 - 200 años AP relacionado a la Pequeña Edad de Hielo (Liu *et al.* 2005).

HOLOCENO TARDÍO					
Cronología AP (en miles de años)	Localidad	Archivo ambiental	Línea de evidencia	Interpretación ambiental	Referencia
Post 5,2	Huscaran	Núcleos de hielo	Isótopos de δD_{018} , NO ₃ y partículas de polvo	Más húmedo y frío que el periodo anterior	Liu <i>et al.</i> (2005)

Tabla 13. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre núcleos de hielo en el área de estudio para el periodo post ca. 5200 años AP.

CUENCAS LACUSTRES

En la cuenca del Titicaca se realizaron diversos estudios de carbonatos de calcio, isótopos de $\delta^{13}C$, contenido de materia orgánica, ostrácodos y diatomeas, que señalan que, entre 7000 - 3500 años AP, se desarrollaron condiciones de máxima salinidad. Posteriormente, se observa un ascenso entre 3900 - 2400 años AP, mas luego hay coincidencia en el establecimiento de las condiciones actuales entre 2300 - 1500 años AP (Mourguriart *et al.* 1995, Tapia *et al.* 2003, Baker *et al.* 2001). Aunque Baker *et al.* (2001), a partir de los análisis de carbonatos de calcio e isotopos de $\delta^{13}C$, señalan un aumento de la humedad ya desde 4500 años AP. También en el lago Huiñamarca y el río Catari, se analizó un registro de mayor resolución cronológica y a través del análisis de $\delta^{18}O$, ostrácodos, sedimentos y contenido de materia orgánica. Fases de menor humedad durante el Holoceno tardío. Según estos análisis, post 3500 años AP sube el lago, en 3350 años AP desborda, entre 2900 y 2800 años AP se da la máxima baja, en 2400 años AP continúa siendo considerablemente baja, en 2200-1700 años AP desciende más aun y en 1650 años AP se establecen las condiciones actuales (Binford *et al.* 1997, Abbott *et al.* 1997). A similares resultados llega Servant-Vildary *et al.* (2001), a partir del análisis de diatomeas de tres lagos en el valle de Ichu Kkota, Bolivia, donde observa un aumento del lago entre 4400 - 2800 años AP y una posterior baja entre 2700 - 1800 años AP; luego sube y se establecen las condiciones actuales entre 1800 - 400 años AP. En Chile, los análisis polínicos realizados en Laguna Seca coinciden en el aumento de las condiciones de humedad entre 5000 - 4000 años AP. Desde 3000 años AP, se torna un ambiente más árido (Baied y Wheeler 1993) (ver Tabla 14).

HOLOCENO TARDÍO					
Cronología AP (en miles de años)	Localidad	Archivo ambiental	Línea de evidencia	Interpretación ambiental	Referencia
7,7 - 3,9	Titicaca	Columna sedimentaria	Ostracodos	Más húmedo	Mourguriart <i>et al.</i> (1995)
-3,9 - 2,3					
-3,5 - 1,5	Lago Titicaca		Diatomeas	Más seco	Tapia <i>et al.</i> (2003)
-3,5 - 2,9	Lago Huiñamarca y Catari		Ostracodos, isótopos $\delta^{18}O$ y sedimentos	Más húmedo	Binford <i>et al.</i> (1997), Abbott <i>et al.</i> (1997)
Post 2,9					
-4,4 - 2,8	Ichu Kkota		Diatomeas	Más húmedo	Servant-Vildary <i>et al.</i> (2001)
2,7 - 1,8				Más seco	
-5 - 4	Laguna Seca (Chile)		Polen	Más húmedo	Baied y Wheeler (1993)
Desde 3				Más seco	
Desde 4,5	Titicaca		Diatomeas	Más húmedo	Baker <i>et al.</i> (2001)

Tabla 14. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre columnas sedimentarias en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 4500 - 1500 años AP.

PACKRAT MIDDENS

En concordancia con los datos hasta aquí expuestos, los resultados de los análisis de *packrat middens* y sedimentología en paleohumedales en el complejo Tilomote Salar de Atacama, muestran niveles de máxima humedad entre 5000 - 3000 años AP. Luego, se observa un ambiente más seco y similar al actual desde 3000 años AP (Betancourt *et al.* 2000). También Latorre *et al.* (2003), marca una fase húmeda entre 4200 - 3300 años AP, seguida de una fase más árida desde 3200 años AP (en la cota entre 3100 - 3300 m snm) (ver Tabla 15).

HOLOCENO TARDÍO					
Cronología AP (en miles de años)	Localidad	Archivo ambiental	Línea de evidencia	Interpretación ambiental	Referencia
5 - 3	Complejo Tilomote	<i>Packrat middens</i>	Polen	Más húmedo	Betancourt <i>et al.</i> (2000)
Post 3				Más seco	
4,2 - 3,3	Río Salado		Polen	Más húmedo	Latorre <i>et al.</i> (2003)
Post 3,2				Más árido	

Tabla 15. Síntesis de los principales estudios paleoambientales realizados sobre *packrat middens* en el área de estudio para el periodo comprendido entre ca. 5000 - 2000 años AP.

A modo de síntesis, partir de ca. 4500 años AP se establecen condiciones similares a las actuales, de mayor humedad que las de momentos previos (Holoceno medio), pero menor en relación al Holoceno temprano. Otro rasgo distintivo de este periodo es el aumento de las oscilaciones climáticas. A modo de ejemplo, esto se puede observar en el trabajo realizado por Servant y Servant-Vildary (2003), quienes estudian la estratigrafía de relleno aluvial en la zona sur y norte de Atacama, y observan intervalos de inestabilidad entre ca. 5300 - 3200 años AP.

LA PEQUEÑA EDAD DE HIELO EN LOS ANDES

Si bien en las últimas décadas se han desarrollado diversos estudios sobre la variabilidad climática en los Andes Centrales durante el Holoceno, poco se sabe sobre los cambios climáticos y las modificaciones producidas en la vegetación durante el período de la Pequeña Edad de Hielo (PEH). Los estudios realizados por Liu *et al.* (2005) a partir de análisis polínicos e isótopos del oxígeno en un núcleo de hielo del nevado de Sajama en Bolivia, que registra los últimos 400 años, muestran dos fases: una más húmeda entre 1500 - 1700 DC y otra más seca entre 1700 - 1880 DC. Estos datos se asemejan a lo señalado por Thompson *et al.* (1985) en el nevado de Quelccaya, Perú, donde a partir del análisis de isótopos de oxígeno y de la concentración de partículas de polvo (atmosférico) se han detectado fases paleoclimáticas con escasas precipitaciones entre 1410 - 1340, 910 - 460 y 230 - 90 años cal. AP, y fases húmedas

intercaladas entre 1190 - 910 y 450 - 230 años cal. AP (Thompson *et al.* 1998). También en el nevado de Huscarán, Perú, se ha detectado un periodo árido para la fase 1730 - 1870 DC (Thompson *et al.* 1995). Asimismo, al sur de Perú, en la cuenca de Marcacocha, los datos paleoambientales sugieren un prolongado periodo de aridez entre 900 - 1800 DC (Chepstow-Lusty *et al.* 2003). Por otro lado, en Bolivia, Cordillera Real, Rabatel *et al.* (2008) reconoce expansiones glaciarias relacionadas a la PEH, a partir de morenas datadas por liquenometría y turberas que indican su máxima expansión entre -1700-1750 años AP. Al norte de la ciudad de La Paz, Bolivia, se realizaron estudios de sedimentología, mineralogía e indicadores geoquímicos, sobre un registro sedimentario de los últimos 450 años en Lago Milluni Grande, los cuales indican una importante variación del clima, más frío y seco entre 1570 - 1894 DC (Salvarredy-Aranguren *et al.* 2009).

En base a estas evidencias, se ha generado una tendencia que se caracteriza por dos fases: una más húmeda entre 1500 - 1720 DC y otra más seca entre 1720 - 1880 DC.

Sin embargo, al norte de Chile, los análisis realizados en las lagunas Chungará y Miscanti, señalan, para los últimos 200 años, tendencias contrarias a las registradas en Sajama y Quelccaya, aunque se ha destacado que estos registros carecen de la resolución cronológica necesaria para discriminar las variaciones climáticas en una escala temporal de décadas (Valero-Garcés *et al.* 2003).

PUNA ARGENTINA

Esta sección está dedicada a resumir los estudios paleoambientales para la Puna argentina durante el periodo de interés (12.000 - 2000 años AP). Nuevamente están divididos cronológicamente. Sin embargo, debido a la escasez de estudios, no han sido segmentados por archivo ambiental analizado.

12.000 – 10.000 AÑOS AP

La historia del tardiglaciario en la Puna argentina está bien representada por los trabajos en geomorfología realizados por Zipprich *et al.* (2000). Allí se señala un último avance glaciario entre 9500 - 8500 años AP en el sector de la cordillera oriental de la provincia de Jujuy. Asimismo, se ha registrado en la Sierra de Santa Victoria un avance tardío, según los fechados de radiocarbono sobre material orgánico datado entre *ca.* 9300-7000 años AP. Sin embargo, nuevos datos de las edades de exposición de la superficie muestran que los respectivos deslizamientos son mucho más jóvenes de lo que se pensaba y pueden correlacionar bien con una fase húmeda y fría hacia *ca.* 13.000 años AP (Zech *et al.* 2011).

Los estudios paleoambientales realizados en testigos y columnas sedimentarias para este periodo son particularmente pocos, limitándose a los realizados en Barro Negro (Fernández *et al.* 1991) y Sierra de Santa Victoria (Schäbitz 2000). Al respecto, los resultados de los análisis polínicos e isotópicos (oxígeno y carbón) en Barro Negro describen un ambiente más húmedo que el actual entre 12.500 – 10.200 años AP, representado por el descenso de la estepa herbácea por debajo de los 4100 m snm en relación a su ubicación actual (Fernández *et al.* 1991). Asimismo, los valores de isótopos señalan condiciones más frías entre 12.500 – 10.500 años AP. Para este mismo periodo (12.000 – 10.000 años AP), Schäbitz (2000), en Sierra de Santa Victoria, análisis sedimentológicos y polínicos en Laguna Grande y Tres Lagunas II, muestra un ambiente más húmedo, de bosque tropical más extendido hacia el oeste de lo que se encuentra en la actualidad.

10.000 - 8000 AÑOS AP

Markgraf (1985) en El Aguilar, Quebrada de Humahuaca, detecta a partir de los análisis polínicos un momento más frío y húmedo entre 10.000 - 7500 años AP, con predominio de Poáceas y plantas herbáceas. Cabe señalar que, si bien los registros pre 11.000 años AP y del Holoceno temprano son similares, en Barro Negro el retroceso de la estepa herbácea comienza hacia *ca.* 10.200 años AP y en El Aguilar permaneció hasta el 7500 años AP. También Schäbitz *et al.* (2001) estudia el polen y los sedimentos de cinco perfiles (La Palca, Río Yavi, Laguna Grande, Tres Lagunas y Abra de La Cruz), ubicados al este de la Puna de Jujuy y Salta, donde se distingue una alta proporción de polen arbóreo que indicaría condiciones de mayor humedad para el periodo 11.000 - 8500 años AP.

8000 - 4500 AÑOS AP

Para el periodo del Holoceno medio, los resultados de Markgraf (1985) en El Aguilar, Quebrada de Humahuaca, evidencian un momento más seco entre 7500 - 4000 años AP y un aumento de los arbustos de la Puna (Asteraceae, Chenopodaceae, *Ephedra sp.*, entre otros). Asimismo, las conclusiones de Schäbitz *et al.* (2001) muestran que entre 8500 - 2000 años AP hubo un decrecimiento del polen arbóreo y un incremento en los elementos de Puna, productos de condiciones de mayor aridez. También Lupo (1998), registra en Yavi un momento de aridez a escala regional entre 8000 - 6000 años AP, que se ve representado por una vegetación compuesta por Chenopodeaceae, Amaranthaceae, *Pennisetum chilense*, Poaceae, baja presencia de helechos (indicador de humedad) y de *Alnus acuminata*, lo que señala la debilidad de los vientos del anticiclón del Atlántico. Esta información ha sido interpretada

como un buen desarrollo del pajonal, consecuencia de una migración al Norte del sistema subtropical de circulación de aire que trae las lluvias (Kessler 1991).

Incluso en la Puna Salada, Tchilinguirian (2008) encuentra sedimentos de bajos niveles del lago entre 7900 - 6300 años AP y entre 5800 - 4500 años AP en la secuencia de Laguna Colorada, Antofagasta de la Sierra, Catamarca.

En contraposición, los estudios de la relación C/N y diatomeas en Alto Tocomar (4300 m snm), han registrado condiciones de mayor humedad entre 8250 - 5700 años AP, con un máximo entre 6400 - 5700 años AP (Morales y Schitek 2008). De igual modo, en Quebrada de Las Papas, Catamarca, Ratto *et al.* (2008) señala la presencia de turba hacia 5900 - 5400 años AP. También los análisis de polen y geomorfología realizados por Alcalde y Kulemeyer (1999) destacan la formación de la turba en el lecho del Río Chico alrededor de 8900 años AP y el establecimiento de condiciones estables de mayor humedad hacia 8200 años AP. Luego, las condiciones ambientales se tornan predominantemente cálidas y húmedas, incluyendo un corto período seco con pico de sedimentación en 6400 años AP. Asimismo, las evidencias paleoambientales obtenidas a través del análisis de sedimentos (mineralogía, composición química y fases sedimentarias) de Laguna del Negro Francisco (Grosjean *et al.* 1997) señalan la presencia de un cuerpo de agua salina durante un periodo árido entre 6000 - 3600 años AP.

4500 - 2000 AÑOS AP

En la Cuenca del río Yavi se realizó un análisis sedimentológico, palinológico y arqueológico (Kulemeyer y Lupo 1994), y se estudiaron cinco perfiles en sus barrancas y uno sobre la Quebrada de Piscuno. En líneas generales, los resultados obtenidos presentan tres fases: una vega estable entre 4500 - 4000 años AP, un aumento de sedimentación que coincide con las primeras evidencias de impacto antrópico entre 4000 - 1000 años AP y, a partir de 300 años AP, se registran importantes evidencias de modificación del paisaje natural. También los análisis de macrorestos vegetales en el sitio Chorcán en el noroeste argentino han mostrado un rápido aumento de la temperatura justo después del *Younger Dryas*, lo que ha permitido el crecimiento de turberas. Un clima frío y fresco prevaleció hasta 4700 años AP, luego se tornó más árido e impidió la formación de turberas. Recién hacia 2800 años AP se enfrió y permitió nuevamente el desarrollo de este tipo de humedal (Schitteck 2014). Asimismo, en la cuenca de Antofagasta de la Sierra, Catamarca, (Tchilinguirian 2008) la evolución paleoambiental fue estudiada a partir del análisis estratigráfico de rellenos sedimentarios de edad Holocena en ocho cuencas fluviales (Las Pitas, Mirihuaca, Aguada Cortaderas, Mojones, Ilanco, Vertiente de Bajo del Coypar, Curuto, Punilla) y cuatro cuencas lacustres (lagunas Antofagasta, Carahipampa, Cavi y Colorada). Los estudios indican condiciones de humedad entre 4500 -

3900 años AP y 3400 - 1500 años AP, interrumpidas por una fase árida entre 3900 - 3400 años AP. Desde 1500 años AP, dominan las condiciones áridas (ver Tabla 16).

La Pequeña Edad de Hielo en la Puna argentina

Los antecedentes paleoambientes para el periodo de la Pequeña Edad de Hielo en la Puna argentina se limitan a los análisis de polen y diatomeas realizados por Lupo *et al.* (2007), sobre un testigo de la laguna Polulos. Dichas investigaciones señalan fases de descensos del nivel del lago en los lapsos 1870 - 1700, 1500 -1300 y 1050 - 650 cal. DC, y un máximo incremento en el nivel del lago entre 1500 - 1700 DC. En este sentido, los estudios realizados por Tchilinguirian *et al* (2008), en la Puna Sur de Catamarca, han hallado paleovegas que datan de entre 900 - 700 años AP y 600 - 300 años AP.

ESTUDIOS PALEOAMBIENTALES EN LA PUNA ARGENTINA				
PLEISTOCENO-Holoceno				
Cronología AP (en miles de años)	Localidad	Línea de evidencia	Interpretación ambiental	Referencia
9,5 - 8,5	Cordillera oriental (Jujuy)	Geomorfología	Húmedo y frío	Zipprich <i>et al.</i> (2000)
13	Sierra de Santa Victoria (Jujuy)	Geomorfología	Húmedo y frío	Zech <i>et al.</i> (2009, 2011)
12,5 - 10,2	Barro Negro (Jujuy)	Polen e isótopos	Húmedo y frío	Fernandez <i>et al.</i> (1991)
HOLOCENO TEMPRANO				
10 - 7,5	El Aguilar (Jujuy)	Polen	Húmedo y frío	Markgraf (1985)
11 - 8,5	Puna de Jujuy y Salta	Polen	Húmedo	Shäbitz <i>et al.</i> (2001)
HOLOCENO MEDIO				
7,5 - 4	El Aguilar	Polen	Seco y cálido	Markgraf (1985)
8,5 - 2	La Palca, Río Yavi, Laguna Grande, Tres Lagunas y Abra de La Cruz (Jujuy)	Polen y sedimentología	Seco	Shäbitz <i>et al.</i> (2001)
8 - 6	Yavi (Jujuy)	Polen	Húmedo	Lupo (1998)
7,9 - 6,3	Laguna Colorada (Catamarca)	Sedimentología	Seco	Tchilinguirian (2008)
5,9 - 5,4	Las Pitas (Catamarca)	Sedimentología	Húmedo	Ratto <i>et al.</i> (2008)
8,9 - 8,2	Río Chico (Jujuy)	Sedimentología	Húmedo	Alcalde y Kulemeyer (1999)
6,4			Seco	
6 - 3,6	Laguna Francisco (Catamarca)	Sedimentología	Seco	Grosjean <i>et al.</i> (1997)
5,8	Río Mirihuaca (Catamarca)	Sedimentología y diatomeas	Húmedo	Grana y Morales (2005)
8 - 4	Antofagasta de la Sierra (Catamarca)	Macrorestos vegetales	Seco	Rodríguez y Aschero (2005)

HOLOCENO TARDÍO				
4,5 - 1,5	Antofagasta de la Sierra (Catamarca)	Sedimentología	Húmedo	Tchilinguirian (2008)
4,7 - 2,8	Chorcan	Polen, macrorestos y carbón	Seco	Schittek (2014)
4 - 1	Yavi (Jujuy)	Polen y sedimentología	Aumento de la sedimentación e impacto antrópico	Kulemeyer y Lupo (1994)

Tabla 16. Estudios paleoambientales en la Puna Argentina para el periodo comprendido entre ca. 13.000 - 2000 años AP.

Estudios paleoambientales en las localidades de Pastos Chicos y Lapao

Particularmente, en las localidades de Pastos Chicos y Lapao, se cuenta con estudios paleoambientales que viene desarrollando el equipo del Dr. Yacobaccio desde hace más de diez años. Los mismos consisten en el análisis de diatomeas, sedimentos y geomorfología.

En Lapao 5, el estudio de sedimentos y diatomeas señala tres zonaciones. La primera entre 9000 - 8850 años AP, dominada por las especies diatomíticas de forma de vida litoral, que indican la presencia de una vega moderadamente vegetacionada. Entre 8800 - 8100 años AP, se detecta un momento de aumento de las especies litorales y máxima humedad entre 8800 - 8600 años AP. Por último, entre 8100 - 7317 años AP, dominan las bentonitas, lo que marca la instalación de las condiciones de aridez (Morales 2011).

En el caso de Pastos Chicos, se llevaron a cabo análisis sedimentológicos (Tchilinguirian *et al.* 2012), diatomeas (Morales 2011) y materia orgánica (Pirola 2014). Los análisis de sedimentos señalan la Alofacie A1, comprendida entre 9250 - 9100 años AP, cuando se desarrolló un ambiente litoral. Posteriormente, durante la Alofacie A2, entre 9100 - 7900 años AP, se gestó un ambiente litoral pero más aerófilo. Las Alofacies A1 y A2 han sido interpretadas como una planicie de inundación, con desarrollo de turba y régimen de humedad permanente. En la Facie A3, entre 7900-7000 años AP, alternan especies de forma vida litoral y bentónica.

En síntesis, se pueden distinguir dos momentos paleoambientales. El primero, húmedo y estable, con amplias áreas litorales entre 9300 - 7400 años AP; y el segundo, a partir de 7400 años AP, con desarrollo de un humedal más seco y salobre, y pulsos de humedad entre 7050 - 6900 años AP. A estos se suman, los valores de materia orgánica ca. 7900 años AP, que muestran valores más bajos y altos valores de carbonatos entre 7900 - 7500 años AP (Pirola 2014).

Estos estudios son de suma importancia para la discusión de esta investigación, por lo que serán retomados y tratados en profundidad en el capítulo final (ver Capítulo 11).

A MODO DE CONCLUSIÓN

Se han podido observar ciertas tendencias generales aunque con particularidades que pueden ser explicadas por su ubicación geográfica, la sensibilidad del sistema muestreado, las diferencias en la escala temporal y espacial del dato analizado y la incertidumbre de las dataciones (Grana 2012).

Dentro de las discrepancias por ubicación geográfica, también se considera la altitud y relieve de la localidad. A modo de ejemplo, Servant y Servant-Vildary (2003) señalan que en el norte de Bolivia se detecta un cambio drástico hacia condiciones más húmedas entre 4500 - 3200 años AP, mientras que los estudios de paleohumedales en el sur marcan que esto no sería así.

Para ejemplificar la sensibilidad del sistema, se puede citar el caso de Hichu Ckota, donde las respuestas son más atenuadas debido al aporte de agua glaciar en relación a la cuenca del Titicaca (Servant-Vildary *et al.* 2001). Asimismo, las diferencias en las escalas temporal y espacial del dato analizado quedan plasmadas en la crítica que realiza Grosjean (2001) a la interpretación del registro de *packrat middens* hecha por Betancourt *et al.* (2000). Cabe recordar que los resultados de *packrats middens* están cuestionados.

De igual modo, afinar la interpretación de estos datos en términos de disponibilidad y estructura de la oferta de recursos en determinados tiempo y espacio, colabora con la tarea de explicar los datos polínicos generados y, al mismo tiempo, se presta como base para leer la información arqueológica que se presenta en el capítulo siguiente. Incluso existen grandes debates sobre algunos cambios observados en el registro arqueológico que giran en torno a las modificaciones ambientales, como las primeras ocupaciones del área y la aridización del Holoceno medio.

CAPÍTULO 7

ANTECEDENTES ARQUEOLÓGICOS

El presente capítulo resume los antecedentes arqueológicos del área de estudio. La información compilada se organiza en tres segmentos cronológicos: Pleistoceno - Holoceno temprano (11.000 - 8000 años AP), Holoceno medio (8000 - 4000/3500 años AP) y Holoceno tardío (4000/3500 - 2500 años AP). El espacio seleccionado corresponde a la Puna Seca argentina. Se incorpora también la Puna de Atacama, ya que presenta similitudes con la Puna Seca tanto ambientales como en la historia de las ocupaciones humanas. Dentro de los antecedentes arqueológicos disponibles, se han seleccionado aquellas variables que se encuentran fuertemente influenciadas por las condiciones ambientales: rangos de movilidad, tamaño de grupo, estrategias de caza, selección de presa e intensidad de ocupación, entre otros (Binford 2001). Estas variables han demostrado manifestarse en rasgos particulares del registro arqueológico: conjuntos arqueofaunísticos, tecnología lítica, arte rupestre y presencia de materiales exóticos (alóctonos), como ha sido desarrollado en el Capítulo 2.

ALGUNAS CLAVES PARA INTERPRETAR EL REGISTRO ARQUEOLÓGICO

ARQUEOFAUNA

En líneas generales, los registros arqueofaunísticos de la Puna se caracterizan por presentar una baja diversidad de especies, limitándose a los camélidos (*Lama glama*, *Vicugna vicugna* y *Lama guanicoe*), taruca (*Hippocamelus antisensis*), algunos roedores (como *Lagidium viscacia*) y unos pocos hallazgos de megafauna (*Hippidion sp.*).

La ecología de estos animales permite comprender la estrecha relación entre ellos y su medio ambiente. Dicha cercanía se debe a que estas poblaciones están controladas por sus ambientes físicos, ya que su estructura poblacional es consecuencia –en parte– de la variabilidad ambiental (Pianka 1982).

En su mayoría, los conjuntos arqueofaunísticos se encuentran dominados por los camélidos, por ser la presa de mayor retorno energético del área (Yacobaccio 1990). Gran diversidad de investigaciones se han desarrollado en torno a este tema. Entre ellas, puede mencionarse el estudio del perfil etario, que permite abordar problemáticas relacionadas al manejo de rebaños y matanza selectiva. Cambios en el perfil etario, como el aumento de especímenes no fusionados y neonatos, han sido considerados por distintos autores como indicadores de domesticación (Núñez 1981). También estos patrones de matanza, junto a los de transporte de

partes esqueléticas, contribuyen a definir distintos tipos de función de sitio y sistema de asentamiento, como bases residenciales y asentamientos temporarios. Así, la variabilidad de partes esqueléticas puede relacionarse con el rendimiento del contenido de carne y médula de los huesos (Binford 1978, Mengoni Goñalons 1991). En los sitios temporarios se destaca una selección de huesos con alto contenido de carne y bajo contenido de médula. Mientras que en las bases residenciales hay una distribución proporcional de los huesos con alto contenido de carne y de médula (Yacobaccio *et al.* 1997/98). También el predominio de las partes del esqueleto axial –principalmente vértebras– por sobre las del esqueleto apendicular, ha sido propuesto como un patrón esperable en situaciones de pastoreo predominante (Yacobaccio *et al.* 1998/99).

Por su parte, la presencia de taruca en sitios arqueológicos por debajo de los 3600 m snm ha sido relacionada a un posible aumento de las condiciones de humedad, ya que este animal habita frecuentemente en pastizales de altura y bosques de *Polylepis*, entre 4300 - 4900 m snm (Redford y Eisenberg 1992), aunque aun poco se conoce sobre la etología de este animal en el área.

Asimismo, los chinchillidos han demostrado ser sensibles a las condiciones de humedad. Su aumento en el registro ha sido interpretado tanto en relación a su abundancia y disponibilidad local (Yacobaccio 1990), como a una conducta maladaptativa que consiste en el consumo de un recurso de bajo ranking (Muscio 1999).

Por último, se deben considerar las escasas evidencias de megafauna, aunque sin asociación antrópica. Su importancia radica en la posibilidad de pensar la capacidad de carga del entorno, ya que en la actualidad es inimaginable que el ambiente puneño pueda soportar el desarrollo de ese tipo de animales de gran porte (Fernández *et al.* 1991).

LOS ESTUDIOS LÍTICOS

Las investigaciones realizadas sobre tecnología lítica comprenden estudios sobre el aprovisionamiento de materia prima, el grado de inversión de energía en su confección y la reconstrucción de cadenas operativas (Leroi-Gourhan 1964, 1965), entre otras tantas. En conjunto, estos trabajos permiten abordar problemáticas relacionadas con los patrones de movilidad, función de sitio, estrategias de caza y procesamiento de presas (Binford 2001). Al igual que en el caso de los análisis arqueofaunísticos, cambios en determinados aspectos de la tecnología lítica pueden ser entendidos como estrategias adaptativas bajo determinadas condiciones ambientales, como será desarrollado en los párrafos siguientes.

ARTE RUPESTRE, MATERIALES EXÓTICOS E INHUMACIONES HUMANAS

La presencia de materiales exóticos es considerada una evidencia para el estudio del cambio en los patrones de movilidad (ya sea por acceso directo o intercambio). Asimismo, las evidencias de arte rupestre, como también la presencia de inhumaciones de partes esqueléticas seleccionadas, son variables relevantes, que pueden ser entendidas como elementos de demarcación del espacio.

EVIDENCIAS ARQUEOLÓGICAS

PLEISTOCENO-Holoceno (11.000- 8000 años AP)

En la Puna argentina, las evidencias de ocupación humana tienen una antigüedad de 11.000 años AP. Los yacimientos arqueológicos fechados para esos momentos corresponden a los sitios de Huachichocana III (Fernández Distel 1986), Inca Cueva 4 (Aguerre *et al.* 1975), León Huasi (Fernández Distel 1989), Pintoscayoc 1 (Hernández Llosas 2000), Alero Cuevas (López 2008) y Hornillos 2 (Yacobaccio *et al.* 2013) y Cueva Yavi (Krapovickas 1987/88).

Algunas de las problemáticas arqueológicas sobre este periodo buscan descubrir si fueron estas las primeras ocupaciones o si, debido a las características de alta movilidad y baja demografía, las primeras evidencias serían invisibles a nuestros ojos. Así también se preguntan por qué fueron ocupadas hacia dicha cronología y no antes, cuál fue el tiempo y la dirección en que los diferentes hábitats fueron ocupados y la posible asociación y/o coexistencia con megafauna, entre otros temas.

Arqueofauna

En el sitio Huachichocana III, ubicado en la quebrada homónima y fechado en 10.200 ± 420 años AP (Fernández Distel 1986), los camélidos identificados como guanaco y vicuña hegemonizan la muestra arqueofaunística (87,4%). En el sitio Alero Cuevas (9650 ± 100 años AP), ubicado en Pastos Grandes (Salta), también los camélidos son dominantes (López 2009). En cambio, en el sitio Inca Cueva 4, ubicado en la quebrada homónima y fechado entre $10.620 \pm 140 - 9230$ años AP (Aschero 2010), se destacan los chinchillidos, por sobre los artiodáctilos y los camélidos (adultos) (Yacobaccio 1994). En el caso de los camélidos, análisis de la morfología dentaria de los incisivos detectó la presencia de vicuña, así como estudios osteométricos permitieron también determinar la presencia de guanaco (ambas especies silvestres). También la asociación de partes esqueléticas señala una buena representación de patas y metapodios traseros, que se vinculan con la obtención de médula ósea (Yacobaccio 1990). Asimismo se ha observado un alto índice de fractura en los huesos, que puede ser explicado por el consumo de

unidades anatómicas en el lugar y el desmembramiento de unidades para su transporte y procesamiento. Al igual que el caso anterior, el sitio Pintoscayoc, fechado en 10.720 ± 150 años AP (Hernández Llosas 2000), está compuesto por mayores proporciones de chinchíllidos (88%), seguidos de camélidos (12%). La presencia de partes del esqueleto axial y apendicular en los últimos dos sitios mencionados indica que los conjuntos fueron formados como consecuencia de episodios de caza cercanos. Además, se observa una alta representación de huesos no fusionados (menos de 36 meses de edad) (Yacobaccio y Morales 2011). En concordancia con los últimos casos mencionados, el sitio Hornillos 2, ubicado en el departamento de Susques y fechado en $9590 \pm 50 - 9150 \pm 50$ años AP (Yacobaccio et al. 2013), se caracteriza por el uso predominante de recursos locales, especialmente de chinchíllidos (*Lagidium viscascia*).

También se debe mencionar el sitio León Huasi 1 (Fernández Distel 1989), ubicado en las cabeceras de la Quebrada de Purmamarca y fechado en 10.550 ± 300 años AP, donde la muestra está compuesta por huesos de camélidos adultos y chinchíllidos, aunque sin datos cuantitativos de representación.

En el caso de Inca Cueva y Huachichocana, se propuso que se trataría de sitios que cumplieron funciones distintas, dentro de un modelo de movilidad estacional entre zonas con diferente oferta de recursos predecibles (Aschero 2000). Esto apuntala la idea de un alto conocimiento y manejo de los recursos del área.

Por otra parte, en la vertiente occidental de la Puna de Chile, se han detectado yacimientos arqueológicos como San Lorenzo 1 (10.400 ± 130 , 10.280 ± 120 y 9960 ± 125 años AP), Tulan 109 (10.000 años AP), Tuina 1, 4 y 5 (10.820 - 9960 años AP), El Pescador (10.310 ± 130 años AP), ubicado en el río Loa, y Salar de Punta Negra (10.200 años AP) (Núñez et al. 2006). Ocurre aquí algo similar a lo observado en la Puna Argentina. A modo de ejemplo, en el sitio San Lorenzo 1, la fauna está compuesta por proporciones similares de las familias chinchíllidos y camélidos, seguidas de Rodentia. Mientras que en el salar de Punta Negra, los estudios arqueofaunísticos muestran una mayor proporción de camélidos pequeños y vicuña (Núñez et al. 2006).

Como se ha podido observar, en líneas generales las muestras arqueofaunísticas se encuentran dominadas por chinchíllidos o camélidos, dependiendo el caso.

Tecnología lítica

En los sitios Inca Cueva 4, Huachichocana 3, León Huasi, Alero Cuevas y Pintoscayoc 1, las materias primas líticas utilizadas se encuentran mayormente disponibles a nivel local y a una mediana distancia (Hoguín y Restifo 2012).

El material lítico de Huachichocana 3 está compuesto por diversos artefactos como raederas, instrumentos con retalla y retoque bifaciales, y lascas de sílice gris. Las puntas halladas son del tipo triangular (patrón "Tuina"). También en Pintoscayoc 1, la tecnología lítica está compuesta por una gran diversidad de artefactos, dentro de los que se destacan las puntas triangulares apedunculadas y algunas lanceoladas. En este sitio, existe una diferencia notable entre la ocupación del 10.000 años AP y la del 8000 años AP, en relación a la proporción de puntas triangulares halladas, que se hacen mucho más abundantes hacia este último periodo (Hernández Llosas 2000). Esta recurrencia de puntas de proyectil triangulares también puede observarse en otros yacimientos, como Hornillos 2 (H2 en adelante), Alero Cuevas y Cueva Yavi (López 2009, Krapovickas 1987/88). Particularmente, el estudio de este tipo de puntas en H2 tienen un diseño de formatización variable. Sobre este punto, se ha propuesto que las formas base de estas puntas parecen haber sido el producto de una elección *ad hoc*, dado que el eje técnico nunca se corresponde con el eje morfológico (Hoguín 2013). El resto de los artefactos de H2 consisten en una raedera, un artefacto unifacial, un cuchillo y un artefacto bifacial, predominantemente de materias primas que han sido detectadas en la localidad (andesitas y cuarcita), salvo en el caso de la obsidiana traslucida y negra a 100 Km de distancia del sitio (Yacobaccio et al. 2013). Se estima que los citados artefactos fueron confeccionados a partir de formas base diversificadas (en algunos casos directamente confeccionados sobre laja), también posiblemente elegidas *ad hoc* (Hoguín 2013).

Algo similar ocurre en la vertiente occidental de la Puna de Atacama, en Chile, donde se han encontrado evidencias de ocupaciones humanas tempranas. En el sitio Tuina 1 (estratos 2 y 4), donde la muestra de artefactos líticos está representada mayormente por raspadores espesos de dorso alto, raederas y cuchillos retocados, seguidos de puntas de proyectil triangular bifacial y cepillos (que caracterizan al denominado patrón "Tuina"). En el sitio Tuina 5 también se halló material artefactual correspondiente al patrón Tuina (puntas de proyectil triangulares, raspadores gruesos de dorso alto, tajadores, raederas, cepillos y yunques). De manera similar, los sitios San Lorenzo 1 y Aguas Calientes presentan indicadores culturales que corresponden a fragmentos de puntas triangulares. En este último caso, la alta frecuencia de cuchillos y puntas favorecen la interpretación del registro como resultado de actividades de caza y faenamiento (Núñez 1983, Núñez 1992b, Núñez et al. 2005).

El sitio arqueológico del Salar de Punta Negra (Grosjean et al. 2005) posee características particulares, como el hallazgo de una punta de tipo Fell y artefactos unificiales, junto a tres puntas triangulares del tipo Tuina y cinco puntas pedunculadas del tipo Salar de Punta Negra. La fuente de basalto se encuentra a 20 Km, lo que explicaría el predominio de artefactos en

esta materia prima. El resto de los materiales están confeccionados sobre andesita, dacita, riolita y, en menor proporción, obsidiana (disponible localmente).

Restos vegetales

Diversos hallazgos de restos vegetales muestran el conocimiento y uso de especies autóctonas y alóctonas. En Inca Cueva 4, los vegetales hallados corresponden a especies disponibles en las inmediaciones del sitio: Poaceas, leguminosas identificadas como *Lupinus sp.*, “soldaque” (*Hypsocharis tridentata*) y Juncaceas (Yacobaccio 1990). Asimismo, las evidencias vegetales en Huachichocana 3 se encuentran representadas por extensas superficies de capas de restos de plantas locales, asociados a dos estructuras en forma de arcos realizadas con rocas. También hay presencia de una alta variedad de elementos de tierras bajas, como plumas de aves y cañas (*Chusquea sp.*) (Fernández Distel 1986). A su vez, en el sitio León Huasi 1 se ha registrado variedad de restos vegetales, frutos de cactáceas y una soga de fibra vegetal (Fernández Distel 1989). Un uso similar de las especies locales se halló en el sitio Yavi, donde hay evidencias de extensas superficies de capas de restos vegetales, asociados a dos estructuras en forma de arcos realizadas con rocas (Krapovikas 1987/88). Esto da cuenta del uso de distintas ecorregiones andinas y el acceso a recursos originarios de los valles mesotérmicos, como las selvas de montaña o yungas.

Arte rupestre

Desde momentos tempranos, se han hallado evidencias de arte rupestre en aleros, cuevas y farallones en el área andina. En el sitio Inca Cueva 4, se destaca la presencia de arte rupestre de tipo abstracto en diferentes tonalidades de rojo, negro y blanco (Aschero 1979b). De gran relevancia es el sitio H2, donde el arte rupestre es de tipo figurativo (camélidos silvestres) y el singular hallazgo de una talla de camélido sobre madera fechada para este periodo (arte mobiliario), cuya capa fue datada por el método de AMS en 9590 ± 50 años AP (procedimiento realizado sobre la misma talla) (Yacobaccio *et al.* 2008). La presencia de pigmentos y de una mano de mortero con pigmento rojo en la capa 6 permite suponer que la confección de las pinturas se inició en esa época (ca. 9590 años AP) y como límite más tardío ca. a 6130 años AP (Yacobaccio *et al.* 2008). También se ha llegado a la conclusión de que los pigmentos utilizados en su confección provienen de radios locales (50-80 Km). También en Chile, en el sitio San Lorenzo 1, hay figuras de camélidos y antropomorfos (Salar de Atacama) que pueden ser de “eventual data temprana” (entre 12.749 años cal. AP y 11.841 años cal. AP) (Núñez *et al.* 1997), aunque no hay certidumbre sobre esta asociación (Yacobaccio *et al.* 2008). Este sería

entonces el comienzo de una tradición temprana de representación de los camélidos, que data desde los primeros momentos de ocupación del área.

Restos humanos

Hasta el momento se conocen dos sitios que presentan evidencias de restos humanos. El sitio Huachichocana 3 capa E3 registra una ocupación fechada *ca.* 9620 ± 130 años AP, asociada a una inhumación de un individuo joven con el cráneo fragmentado y quemado (Fernández Distel 1986). También en el alero Pintoscayoc 1, capa 5, fechado en 2906 ± 53 años AP, se halló una inhumación de restos humanos, tapada por un “mortero plano” y cinco fragmentos de molinos planos con pigmento rojo (Hernández Llosas 1992, 2000). A estos hallazgos se suma el registro de restos óseos humanos aislados en el pozo-depósito “G” de Inca Cueva 4, relleno con restos vegetales. En su contenido predominan los torzales de cuero, observándose un cuidadoso revestimiento de paja en la base del pozo (Aschero 1984).

En síntesis

Según los fechados radiocarbónicos, se ha podido observar que las evidencias indican que hacia *ca.* 11.000 años AP se encuentran las ocupaciones más tempranas del área y hacia *ca.* 8500 años AP la colonización del espacio puneño ya se habría efectuado (Yacobaccio 2014). Para esos momentos, habrían comenzado a actuar mecanismos dependientes de la densidad, como demarcación de espacios, circuitos recurrentes (arte rupestre e inhumaciones de partes esqueléticas) y estandarización en el uso de recursos líticos (como las puntas Tuina) (Yacobaccio y Morales 2011). También se observa un alto conocimiento de los recursos locales (como materia primas líticas y vegetales) y regionales (como recursos alóctonos de tierras bajas); incluso puede advertirse en las evidencias de ocupaciones recurrentes, en lo que podrían llamarse “lugares persistentes en el espacio” (Schlanger 1992). Asimismo, en el acondicionamiento de las superficies de ocupación con socavamiento (“casa-pozo” en Inca Cueva 4) (Aschero 1979b) (ver Fig. 6).

En líneas generales, los conjuntos arqueofaunísticos están dominados por camélidos o chinchillidos. Sin embargo, se debe incluir el hallazgo de megafauna (*Hippidion sp.*) pleistocénica en Barro Negro (11.500 ± 400 y 9120 ± 130 años AP), aunque sin asociación de actividades antrópicas. Sin embargo, la datación de estos especímenes permite pensar en la posible coexistencia con grupos humanos en el área.

En cuanto al material lítico, existe una recurrencia en los instrumentos con filo con retoque marginal unifacial sobre lascas, baja frecuencia de reactivación y bajo grado de estandarización (Yacobaccio 1994, Pintar 1996, Restifo 2013a, Restifo 2013b). De igual modo, se destaca una

reincidencia en el diseño de cabezales líticos de limbo triangular y apedunculado. Revisten también de importancia las similitudes en los cabezales triangulares líticos apedunculados hallados en Tuina 1 y 5, Tambillos 1 y Tulan 67 en relación a los de Huachichocana 3 e Inca Cueva 7. Así también hay semejanzas entre el material de Hornillos 2 (Puna de Jujuy) y Alero Cuevas (Puna de Salta) (Hoguín y Restifo 2012). Este diseño de cabezal triangular apedunculado se ha asociado con la técnica de caza a distancia en espacios abiertos y apoyada en el uso de propulsor de dardos (Aschero y Martínez 2001). En varios sitios se observa una dominancia de las materias primas locales, aunque también se destaca –aunque en menores porcentajes–, en Hornillos 2, la presencia de diferentes variedades de obsidiana ubicadas a 90 y 120 Km de distancia respectivamente.

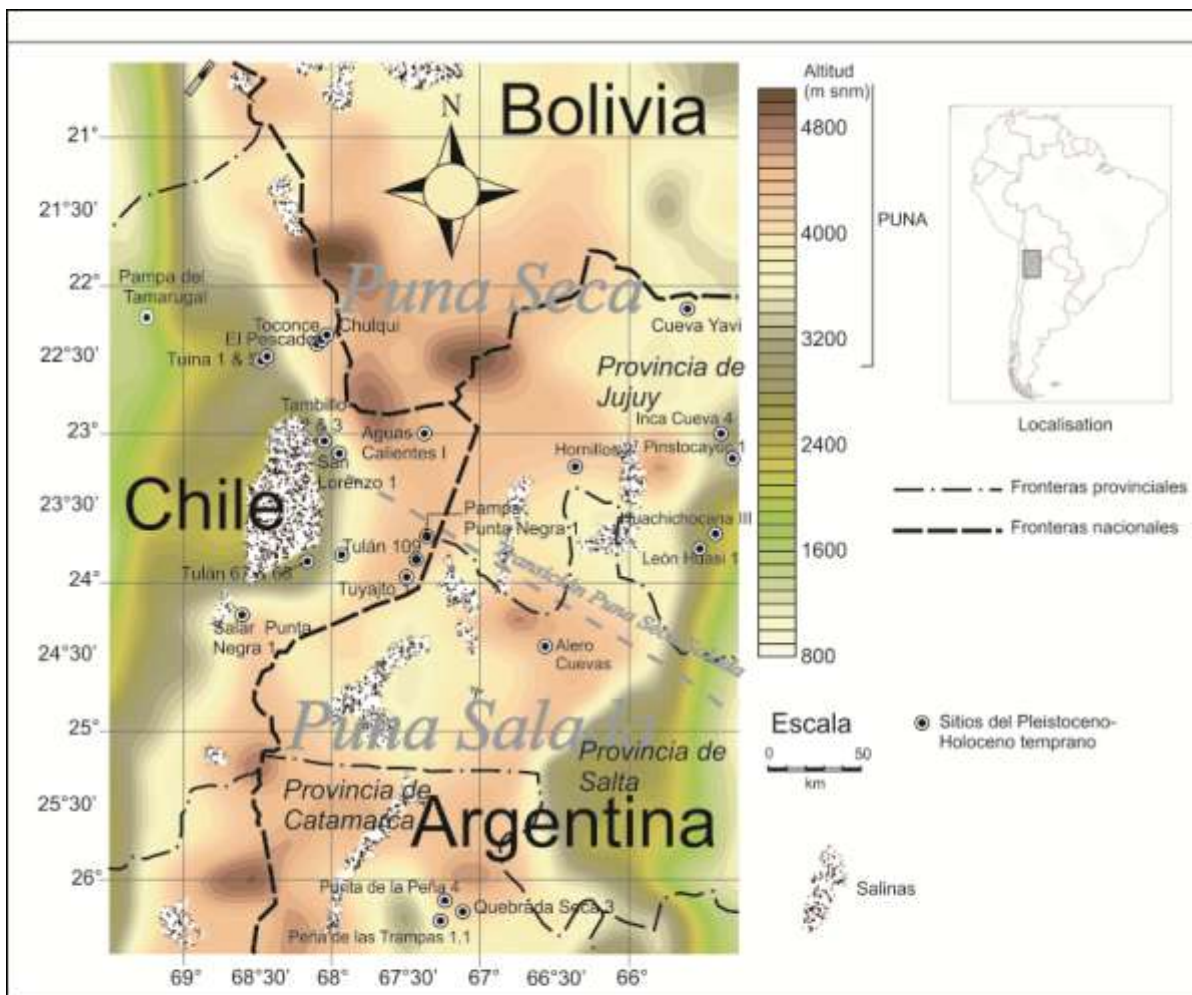


Figura 6. Ubicación de los sitios arqueológicos más relevantes mencionados en el texto para el periodo del Pleistoceno final - Holoceno temprano (modificado de Huguín 2013).

HOLOCENO MEDIO (8000 - 4000/3500 AÑOS AP)

El debate del Holoceno medio gira en torno al abandono del área, inicialmente propuesto para el salar de Atacama y como consecuencia de un proceso de aridización regional. Estas condiciones promovieron la ocupación humana de sectores discretos del espacio que reunían recursos básicos para la subsistencia, denominados ecorrefugios (Núñez 1992b, Núñez y Grosjean 1994). En relación a la Puna Seca argentina, Morales (2011) señala que durante el periodo 8000 - 6000 años AP, la mayor parte de las zonas de concentración de recursos ubicadas por debajo de los 4000 m snm habrían desaparecido, siendo excepcionales las asociadas a las cuencas principales. Esto habría sido aun más marcado para el periodo 6000 - 4000 años AP (Yacobaccio y Morales 2005). Sin embargo, Yacobaccio y Morales (2005) señalan que estas características no deben ser utilizadas para considerar a estos espacios de mayor oferta energética como “refugios” cerrados para la ocupación humana, ya que los grupos de cazadores-recolectores tienen amplios rangos de movilidad para abastecerse de recursos para su subsistencia.

En la Puna argentina, los sitios para este periodo están escasamente representados. López (2007b) ha señalado que en la Puna Seca varias secuencias de ocupación se interrumpen durante el Holoceno medio, como lo demuestran sitios Huachichocana 3, Yavi e Inca Cueva 4. Sin embargo, también se han hallado sitios con evidencias de ocupaciones persistentes en cotas más altas (Hornillos 2, Alero Cuevas y Pozo Cavado) (López 2008, 2013).

Otro punto a destacar es la diferenciación entre el Holoceno medio 1 y el Holoceno medio 2 (ca. 6000 años AP), basándose en cambios observados en, por ejemplo, la diversidad artefactual, la intensidad de ocupación, el aumento de los camélidos en las muestras arqueofaunísticas, entre otras.

Arqueofauna

En Hornillos 2, las representaciones de los camélidos en los conjuntos arqueofaunísticos muestran una estrecha relación entre las personas y la vida silvestre, que se intensificó a través del tiempo. Esto se puede apreciar en el aumento de huesos de camélido durante el Holoceno medio. En los sitios Alero Cuevas y Pozo Cavado, donde se han hallado ocupaciones recurrentes en el Holoceno medio (López 2013), los camélidos dominan todos los conjuntos. Aunque sí se han observado cambios en el perfil etario hacia fines del Holoceno medio, donde se registran más especímenes no fusionados. En particular, se destacan mediciones correspondientes a tamaños de vicuña, otras similares al estándar de guanaco actual y algunas más grandes, comparables a valores de llamas actuales (López y Restifo 2012). Ya a fines del Holoceno medio se observa un claro aumento de los tamaños similares a los de llama actual.

También hacia fines de este periodo se ha detectado un aumento en las marcas antrópicas en el sitio Alero Pozo Cavado. Esto podría deberse a presiones sobre los recursos y/o al proceso de domesticación de camélidos (Moore 1989, Wheeler 1998). De esta manera, se puede advertir un aumento en la representación de los camélidos en el registro arqueofaunístico, en detrimento de otros animales.

Tecnología lítica

Los cambios en los conjuntos artefactuales se caracterizan por el crecimiento de la frecuencia de módulos laminares, que aumenta el largo de los filos cortantes (Restifo y Huguin 2012) y la diversificación en los cabezales líticos (Restifo 2013a, Restifo 2013b). A modo de ejemplo, en la capa 4 de Hornillos 2 (*ca.* 8300 años AP), se puede observar una mayor diversidad artefactual, tanto en las puntas de proyectil como en otros instrumentos. A través de los esquemas de formatización de los distintos instrumentos de esta capa, se han detectado patrones más claros que en los de capas anteriores, así como una mayor inversión técnica. Como ha sido observado, el esquema de formatización de las puntas Tambillo difiere del de las puntas Tuina. A través de los esquemas de formatización de los distintos instrumentos de la capa 4, se han detectado patrones más claros que en las capas anteriores (6, 6A, B, C y D), así como una mayor inversión técnica. Esto posiblemente haya involucrando un incremento del tiempo de aprendizaje en búsqueda de un aumento de sus habilidades como talladores, con proyectos de talla más sistematizados (Huguin 2013, Huguin y Oxman 2014).

Ya hacia *ca.* 7500 - 7000 años AP, las puntas de proyectil apedunculadas de limbo triangular disminuyen notablemente. A su vez, se destaca el surgimiento de nuevas clases. El sitio Hornillos 2 muestra la aparición de las denominadas puntas tetragonales o "San Martín" (Huguin y Yacobaccio 2012), de limbo triangular y alargado con pedúnculos esbozado con aletas (Restifo y Huguin 2012, Restifo 2013a, Restifo 2013b), también presentes en el norte de Chile (Núñez *et al.* 2005). Al observar otras localidades como San Martín 4, Ascotán 4A (Núñez *et al.* 2005), las densidades de artefactos del alero Hornillos 2 parecen ser mínimas. Esto podría permitir pensar a Hornillos 2 como un lugar de ocupación corta por un grupo reducido y especializado (posiblemente en caza, dado el porcentaje alto de descarte de las puntas) (Yacobaccio *et al.* 2013).

Estas innovaciones han sido relacionadas con un cambio en las técnicas de caza, hacia un tipo de arma arrojadiza colectiva, mayor cercanía en relación a la presa y construcción de parapetos (Aschero y Martínez 2001). Esta nueva técnica de caza, por acorralamiento en lugar de caza a distancia, habría permitido un mayor número de presas por evento de caza (Aschero y Martínez 2001).

En cuanto a las materias primas líticas utilizadas, aumentan las frecuencias de las rocas provenientes de mediana y larga distancia, como las andesitas y las obsidianas, respectivamente. Los tipos de obsidianas son diversos, destacándose una gran proporción de negras, marrones y translúcidas (Zapaleri, Caldera Vilama 1, Quirón y Alto Tocomar) (Yacobaccio *et al.* 2004). Esto se observa también en el caso de Hornillos 2, donde hay un incremento en las materias primas no locales como la obsidiana, aunque acompañado de una disminución en la diversidad de las fuentes. Este patrón se ha asociado al desarrollo de una estrategia de movilidad del tipo logística (Binford 1980) bajo las condiciones de un ambiente más árido y fragmentado hacia *ca.* 8300 años AP (Yacobaccio *et al.* 2013).

Coincidentemente, tanto en contextos de superficie de Pocitos como en capa en el sitio Abrigo Pozo Cavado, resalta la variabilidad de artefactos cronológicamente diagnósticos del Holoceno medio, fundamentalmente las puntas de proyectil. Por el contrario, en el sitio Alero Cuevas, en la capa de *ca.* 5100 - 4200 años AP, se encuentran claramente circunscriptos los artefactos lanceolados unifaciales sobre forma base de hojas y la proliferación de hojas como forma base en el contexto arqueológico de fines del Holoceno medio. En este mismo sitio, el cambio tecnológico también se asocia también con el cambio en el aumento del uso de materias primas locales hacia fines del Holoceno medio (López 2013). Las diferencias observadas entre los dos sitios han sido interpretadas como producto de la diversidad de las condiciones ambientales. En Pocitos fueron de mayor aridez y el contexto arqueológico es más diverso, lo que se analiza como un espacio abierto a la ocupación humana. Mientras que en Pastos Grandes, donde el ambiente habría sido más húmedo, se registra una baja diversidad artefactual, lo que haría pensar en un espacio donde los grupos humanos se habrían asentado (López 2013).

Estas diferencias en el registro arqueológico entre los diferentes sitios se han asociado al recrudescimiento de las condiciones ambientales del Holoceno medio, que habría generado un ambiente de mosaico más marcado, llevando paulatinamente a modificaciones en los patrones de movilidad y uso del espacio de las poblaciones humanas (Aschero 1994, Yacobaccio 2001).

En Chile, el sitio Puripica 3 presenta niveles fechados en el Holoceno medio, con presencia de puntas foliáceas en obsidiana, sílice y basalto (Núñez 1992b). También se han detectado ocupaciones en el Alero Tulán 67 (*ca.* 5300 y 5900 años AP). Asimismo, en el área del río Loa, el sitio Confluencia 2, fechado en 5880 años AP, corresponde a un taller lítico con actividades de caza de camélidos y una alta representación de artefactos de molienda. A estos se suman sitios como Isla Grande (6080 años AP), Chulqui (7180 ± 80 años AP), Huiculunche (6120 ± 40 años AP) y Punta Brava (6250 ± 240 años AP), donde se registró una alta representación de instrumentos bifaciales (De Souza 2004). También se incluye el sitio Tambillo 1, ubicado en las

vegas de la playa oriental del Salar de Atacama de Chile (Núñez 1992b), que presenta gran cantidad de artefactos, como punzones de obsidiana, finos perforadores, raspadores discoidales chatos y ganchos de óseo de propulsores. Entre las puntas de proyectil, se encuentran formas tetragonales, triangulares de base escotada, lanceoladas regulares y grandes. Todos ellos se encuentran ubicados en sectores óptimos para la ocupación humana o ecorrefugios. Su localización y la dominancia de materias primas locales (por ejemplo en Huiculunche y Toconoce) avalan la hipótesis de una posible restricción de la movilidad durante el Holoceno medio bajo un contexto de aridez regional.

Usos del espacio

El estudio intrasitio realizado en Hornillos 2 muestra una diferencia entre las capas del Holoceno medio, que exhiben una diferencia tanto en la extensión de las plantas como en las densidades promedio de material por metro cuadrado. En efecto, entre las capas 3 (ca. 7760 - 7430 años AP) y 2 (ca. 6190 - 6340 años AP) se pasa de 4 a 9 cuadrículas de extensión respectivamente, con 359,5 (capa 3) a 407,6 (capa 2) vestigios de fauna por metro cuadrado y con 178,5 (capa 3) a 258,9 (capa 2) desechos líticos por metro cuadrado, hecho que podría vincularse a un uso y una intensidad de uso diferencial entre las dos ocupaciones. La capa 3 sería el producto de eventos puntuales y de una ocupación más corta, mientras que la capa 2 reflejaría una ocupación extensa e intensa del espacio (*sensu* Binford 1983) (Hoguín *et al.* 2012). Este patrón es coherente con la concentración de los sitios por arriba de la cota de 4000 m snm, donde habría condiciones más húmedas y estables para esta cronología, en un marco de mayor aridez que el periodo anterior (Morales 2011).

Patrones mortuorios

Se han hallado evidencias de restos humanos en aleros y abrigos que han sido utilizados recurrentemente. En Inca Cueva 4, existe un fechado de 5300 años AP, asociado a dos cuerpos momificado en posición flectada, acompañado de partes seleccionadas de otros individuos (particularmente, cabezas cercenadas) y un numeroso ajuar funerario (Yacobaccio 2001). También en Pintoscayoc 1, hay un fechado de 7850 años AP asociado a un cráneo calcinado seccionado intencionalmente (Hernández Llosas 2000).

Arte rupestre rupestre y mobiliario

En sitios de la Puna argentina durante este período, hay manifestaciones geométricas (Aschero 1975), con la excepción de las modalidades estilísticas Quebrada Seca (camélidos esquemáticos grabados) y Río Punilla, con representaciones de camélidos (Aschero *et al.* 2006,

Yacobaccio *et al.* 2008). Recién hacia finales del Holoceno medio puede establecerse una clara asociación de la ocupación de los sitios con grabados rupestres de camélidos en el área de Atacama (como el caso de Kalina-Los Morteros) y con grabados de arte mobiliario (como en Puripica 1 y en Inca Cueva 7) (Aschero 1973; Núñez *et al.* 1997). Acerca de los primeros se ha planteado que corresponderían a animales silvestres (Berenguer 1999) o estarían relacionados con el proceso de domesticación de camélidos, aunque estarían vinculados al estilo de arte rupestre denominado Taira (Núñez *et al.* 2006, Yacobaccio *et al.* 2008).

En síntesis

Como ha sido desarrollado las modificaciones producidas en la estructura de recursos, provocadas por los cambios ambientales durante el Holoceno medio, habrían impulsado innovaciones en varios aspectos de la organización del comportamiento de los grupos humanos: técnicas y tipos de artefactos (indicado por la diversidad de puntas de proyectil) y más estructurados y estrictos esquemas en la fabricación de artefactos líticos. También la utilización de la representación en el arte rupestre como posible demarcación de fronteras sociales. Incluso en las transformaciones en los conjuntos arqueofaunísticos, que indican una creciente importancia de los camélidos como un alimento básico en toda la zona, y que desembocaría en su domesticación (Yacobaccio *et al.* 2013).

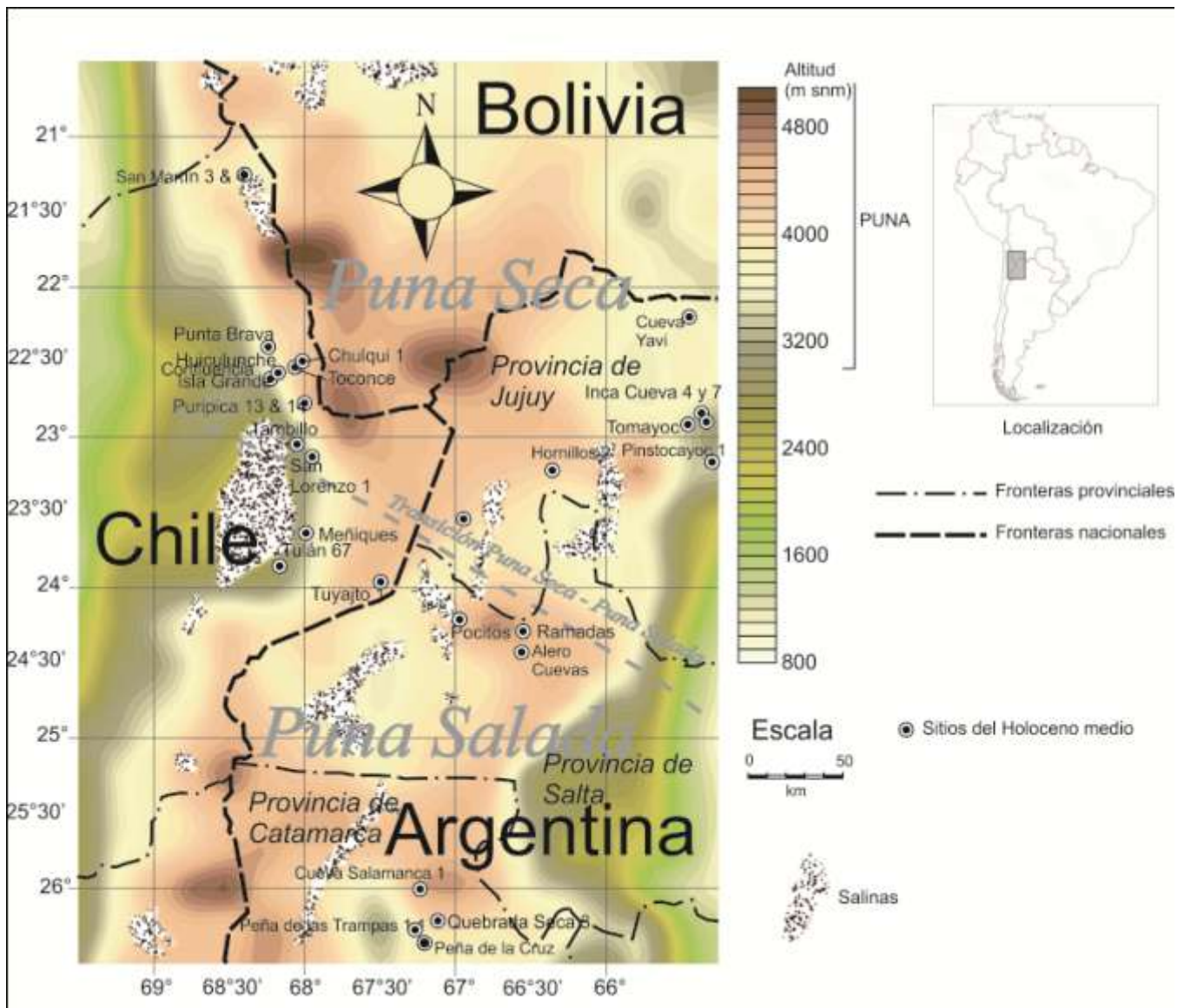


Figura 7. Ubicación de los sitios arqueológicos más relevantes mencionados en el texto para el periodo del Holoceno medio (modificado de Huguin 2013).

HOLOCENO TARDÍO (4000/3500 - 2000 AÑOS AP)

Para el periodo del Holoceno tardío se han hallado evidencias de desarrollo de nuevas estrategias económicas, de movilidad y “complejidad social” en las adaptaciones humanas (Yacobaccio 2001) (ver Fig. 8), las cuales serán desarrolladas a continuación.

Evidencias de domesticación en la Puna

Se han encontrado evidencias de una estrategia de manejo de camélidos temprana en el sitio Inca Cueva 7, datado en 4080 ± 80 años AP y 4030 ± 80 años AP, donde se halló una capa de guano y bloques transportados que podrían haber conformado un corral. A esto se suman, los

estudios osteométricos realizados sobre la muestra arqueofaunística de este mismo sitio (Aschero y Yacobaccio 1998/99). También en Huachichocana III capa E2, datado en 3400±100 años AP, se realizaron estudios alométricos que han identificado una cabeza de camélido (llama) junto a una inhumación humana (Yacobaccio y Madero 1992). A nivel general y según las evidencias halladas en Susques, hacia 3500 años AP (Yacobaccio *et al.* 1997/98), los estudios señalan la presencia de animales domésticos proceso que se habría asentado *ca.* 3000 años AP. Por ejemplo, en el caso de Hornillos 1 y Unquillar, se ha propuesto una estrategia de caza-protección desde *ca.* 3500 años AP, seguida de un momento de pastoreo inicial combinado con caza hacia *ca.* 2000 años AP, como puede observarse en los sitios alero Huirunpure (2040 ± 70 años AP), tumba de Morro del Cienago Chico (2750 ± 100 y 2460 ± 60 años AP) y Cueva Quispe (2472 ± 33 años AP) (Yacobaccio *et al.* 1997/98). A esto se suman evidencias osteométricas provenientes de otros sitios cercanos, tales como Alero Cuevas y del Salar de Atacama (Tulán 52, Tulán 54 y Puripica 1) (Yacobaccio y Vilá 2013).

En cuanto a las evidencias de domesticación de vegetales, con el transcurso del tiempo se incorporan y aumentan progresivamente las evidencias de tecnologías de molienda, detectándose microfósiles de papa, quinoa, calabaza y maíz, al menos desde los 3800 años AP. (Babot 2004, 2006).

Arqueofauna

Como ya ha sido señalado, en la Puna argentina existe evidencia arqueofaunística relevante de la domesticación de llamas en Huachichocana III (Yacobaccio y Madero 1992), el hallazgo de guano en Inca Cueva 7 (que indica la presencia de animales en cautividad) (Yacobaccio *et al.* 1994) y estudios arqueofaunísticos en el alero Unquillar (Yacobaccio 2001).

Un abordaje interesante sobre esta cuestión es el que realizan Yacobaccio y Vilá (2013), donde los autores explican cómo pudieron estructurarse los pasos tendientes a la domesticación de camélidos y proponen un modelo que consiste en tres etapas. La primera, de caza recolección generalizada u oportunista, dentro de los límites que impone la baja diversidad ambiental de la Puna por encima de los 3400 m snm en los Andes Centro Sur. La segunda etapa, denominada protección de manada, consiste en la intervención humana en favor de alguna especie o segmento poblacional mediante la protección de esta respecto de sus predadores, facilitándole el acceso más seguro a sus fuentes de alimentación (Harris 1996), aunque puede mantenerse al mismo tiempo una estrategia de caza especializada. En esta etapa, la percepción del humano por los camélidos debió haber variado, de un estresor que dispara respuesta de huida a un estímulo que puede ser neutro y, por lo tanto, generar habituación. La caza especializada puede realizarse con un bajo impacto en la población habituada. En la

habituaación domesticadora inicial, las personas no significan un estímulo positivo sino neutro. Cuando las personas se convierten en un estímulo positivo (generalmente asociado a la presencia de alimento), aparece otra clase de aprendizaje, en este caso asociativo, que genera el proceso de amansamiento y facilita el siguiente paso, que es el aislamiento de la población, la confinación o cautiverio. Este constituye un mayor grado de protección y aislamiento, y radica en la existencia de una barrera física entre la población cautiva y la silvestre (Yacobaccio y Vilá 2013).

Hay quienes sostienen que estos procesos se habrían desarrollado bajo un clima que se tornó más seco y por eso hubo una escasez de animales silvestres (Browman 1974, Hesse 1982. En esta línea, Kuznar (1990) también piensa que periodos de sequía habrían resultado en la domesticación de los camélidos. Este proceso podría interpretarse a partir de las presiones ecológicas del Holoceno medio, que persistieron aun más variablemente a lo largo del Holoceno tardío y hasta la actualidad, en un ambiente segmentado en parches.

Sin embargo, dos de los tres estudios citados por Kuznar (1990) incluyen una fase húmeda y fresca entre 5500 - 3500 años AP. Hay otros estudios no considerados por Kuznar, como los trabajos de Clapperton y Sugden (1988), y Clapperton (1990) sobre las glaciaciones en los Andes, y los de Heusser (1974) y Heusser y Streeter (1980) en el sur de Chile. Según estos estudios, las condiciones ambientales fueron caracterizadas por más humedad antes de los 4000 años AP. Dransart (1999) sostiene que sería sumamente difícil para los pastores tempranos mantener el bienestar de sus rebaños en tiempos de crisis ambiental. Si hubo una escasez de pasto, la salud de sus animales se hubiera perjudicado (Grant 2014). Sin embargo, Yacobaccio (2001) postula que, bajo estas condiciones, se habría reducido la movilidad residencial, condición importante para promover el proceso de domesticación, a través de mecanismos como el *protective herding* (Yacobaccio 2001). Riesgo ambiental, reducción de la movilidad residencial, agrupamiento en determinados sectores del espacio, mayores tamaños de grupo y presiones de competencia sobre recursos de caza, podrían haber desencadenado la relación coevolutiva que determinó la domesticación de los camélidos (Aschero 1994, López 2005, Yacobaccio y Vilá 2002).

Domesticación vegetal

Se deben añadir las evidencias de domesticación vegetal que se han hallado en Inca Cueva 7, a partir de la presencia de calabaza fechada en 4080 ± 80 años AP (Aguerre *et al.* 1975). Esto permite sostener la hipótesis del desarrollo de sociedades con economías mixtas como pastores- cultivadores referidas hacia 2000 AP (Tchilinguiran y Olivera 2000).

Tecnología lítica

Para este periodo se continúan y acentúan algunos de los cambios que comenzaron a desarrollarse a fines del Holoceno medio. En tecnología lítica puede observarse la continuidad en la tecnología de hojas hasta por lo menos 3800 años AP (Fernández 1996b). En algunos casos, esta tecnología está asociada a artefactos lanceolados unifaciales, como en Alero Cuevas (López 2013).

Post 3800 años AP, esta tecnología desaparece del registro de los sitios arqueológicos de la Puna Seca y se encuentran unas puntas de proyectil apedunculadas o pedunculadas más pequeñas y mayormente confeccionadas en obsidiana (Muscio 2011a, Mercuri 2011). Este tipo de puntas ha sido asociado a una nueva tecnología de armas: el arco y la flecha. Este cambio implica una complejidad creciente en las tecnofacturas, que puede ser relacionado a la especialización en la obtención y procesamiento de los camélidos (Escola 2000).

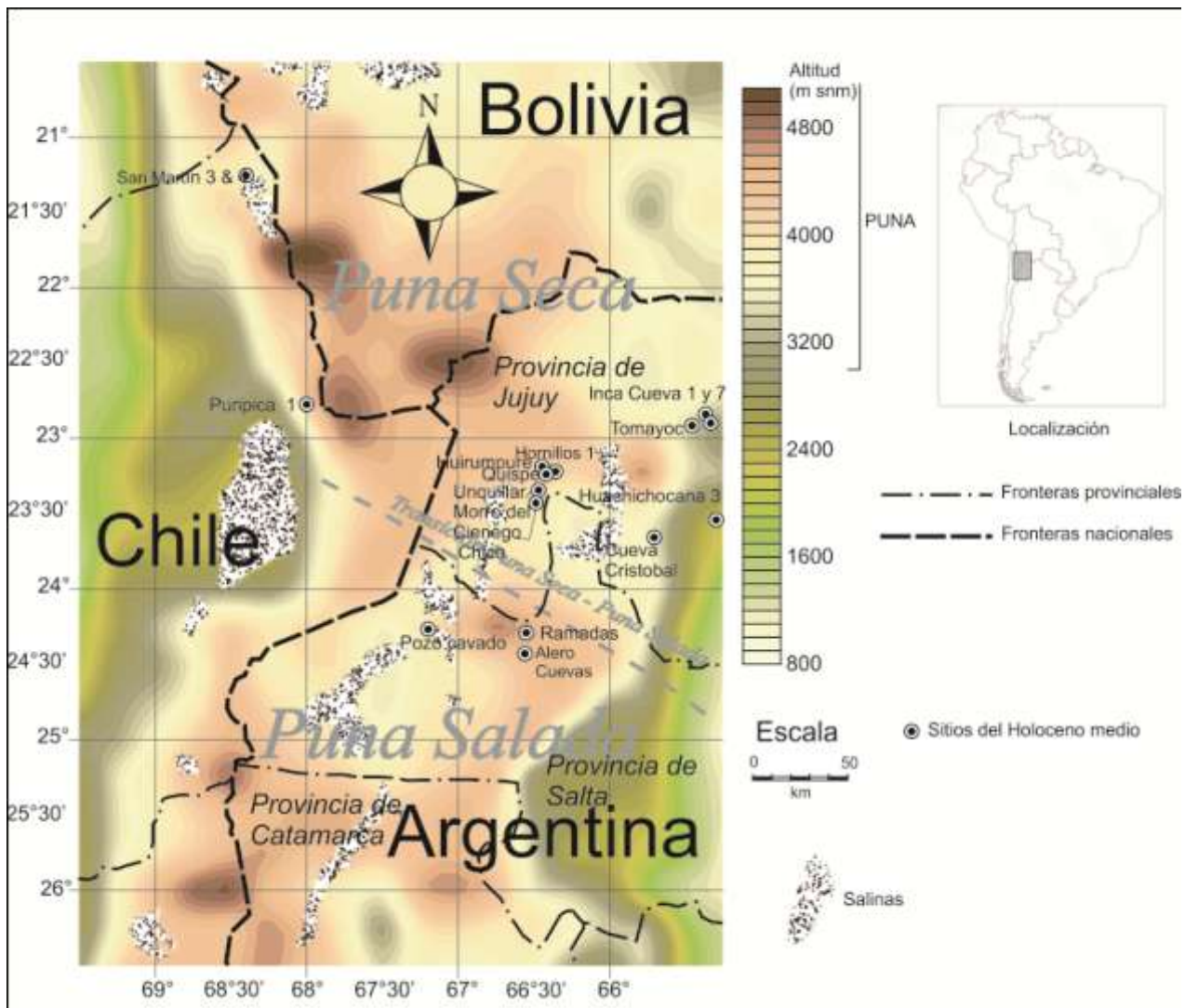


Figura 8. Ubicación de los sitios arqueológicos más relevantes mencionados en el texto para el periodo del Holoceno tardío (modificado de Huguin 2013).

Cerámica

En la Puna de Salta, en San Antonio de los Cobres, el sitio Ramadas estructura 1, ubicado a cielo abierto, fue fechado en *ca.* 3600 años AP, con cerámica asociada (Muscio 2004). También hay cerámica con fechas tempranas en Alero Tomayoc, Inca Cueva 1 (2900-70 años AP) y Cueva de Cristóbal (Fernández 1988/89, García 1988/89, García y Carrión 1992, Lavallée y García 1992, Lavallée *et al.* 1997). La información procedente del área de San Antonio de los Cobres es ampliamente relevante para el área de estudio, dada la cercanía espacial (60 Km de distancia entre ambas áreas) y la posibilidad de procesos similares. La evidencia de Ramadas estructura 1, en conjunto con otros indicadores del área, llevaron a Muscio (2004) a interpretarla como una tendencia a la reducción de la movilidad (Kelly 1992) que comenzaría desde fines del Holoceno medio. Cabe señalar que la presencia de cerámica cobra sentido en un proceso de intensificación económica. Asimismo, su aparición se ha vinculado con actividades de almacenamiento por grupos con economías pastoriles (García 1988/89). De hecho, una movilidad residencial reducida tiende a favorecer el almacenamiento (Winterhalder y Goland 1997). Aunque también en un entorno como la Puna, la cerámica utilizada como tecnología de cocción aumenta notablemente la tasa de retorno de recursos feculosos (Muscio 2004).

Arte rupestre

Mayor diversificación se advierte en el Holoceno tardío con la definición del estilo Kalina (o Puripica-Kalina, Núñez *et al.* 2006) a partir de *ca.* 4300 años AP y de Taira-Tulán desde los 3800 años AP, que tienen diferentes características formales y técnicas en la representación de camélidos (ver Núñez *et al.* 2006). El resto de los motivos (por ejemplo, en la Sierra de Arica) y el estilo Confluencia estarían claramente asociados a comunidades agropastoriles posteriores a *ca.* 3000 años AP (Yacobaccio *et al.* 2008).

En Antofagasta de la Sierra, la modalidad estilística Río Punilla incluye la representación de camélidos en asociación con figuras humanas, camélidos bicápites y tricápites (Aschero *et al.* 2006), entre 4000 y 2900 años AP (Aschero *et al.* 2006), aunque se ha señalado una asociación poco segura entre los fechados radiocarbónicos y esta modalidad específica (Yacobaccio *et al.* 2008).

Complejidad social

Se han detectado indicadores que permiten sostener la hipótesis de la existencia de cazadores-recolectores complejos, en sitios como Huachichocana III e Inca Cueva 7 (Yacobaccio 2001). En Inca Cueva 7, se registró un conjunto de artefactos, fechado en 4080 ± 80 años AP (Aguerre *et*

al. 1975, Aschero y Yacobaccio 1998/99), posiblemente pertenecientes a individuos con roles de liderazgo en el grupo local (tecnología de prestigio) (Aschero y Yacobaccio 1998/99). Entre ellos se destacan las flautas de madera decoradas, espátulas de hueso decorado, bastón de madera de guayacán, pipas de hueso, espátulas en escápulas de camélido, cestería en espiral y calabazas decoradas (Yacobaccio 2001). También en Huachichocana III capa E2, fechada en 3400 años AP, se evidenció una inhumación de un joven de 18 años con abundante ajuar funerario, especialmente pipas de piedra, cabezas de loro talladas en madera, cestería en espiral, bastones con grabados geométricos, collar con cuentas de valvas del Océano Pacífico, sonajeros fabricados con testículos y con pequeñas piedras en su interior, palos para hacer fuego, etc. (Fernández Distel 1986, Yacobaccio 2001). En el área de Susques, la evidencia del Alero Unquillar, con fechados entre *ca.* 3500 y 3000 años AP se relaciona con los indicadores generales de mayor reducción de la movilidad e intensificación en el consumo de los camélidos con un manejo de segmentos poblacionales (Yacobaccio *et al.* 2000). También en el norte de Chile, se ha hallado gran cantidad de estructuras agrupadas en determinados sectores del espacio, como se puede observar en Tulán 52, fechado en 4200 años AP. El sitio está conformado por recintos circulares aglomerados, con lajas verticales. Se sostiene que el sitio puede agrupar hasta 25 recintos en una superficie de 540 m² (Núñez 1992a). Entre las principales características, se pueden mencionar densidades de población altas, reducción de la movilidad residencial pero con acceso a bienes de intercambio, principalmente de prestigio, grupos residentes grandes y posibles indicadores de desigualdad en el manejo de los recursos. Estas características pueden ser asociadas a grupos cazadores-recolectores complejos (Yacobaccio 2001). El sitio Puripica 1, fechado entre 4815 y 4050 años AP, también representaría un sitio de cazadores-recolectores complejos con una estrategia de *protective herding*. Dicho sitio presenta alrededor de 40 recintos aglomerados en 400 m² de superficie (Núñez 1995, 1999).

Sobre esta base de datos, Yacobaccio (2001, 2006) apoya la hipótesis de complejidad social en cazadores-recolectores de la Puna. Algunos de sus rasgos consisten en una reducción de la movilidad a partir del Holoceno medio, y presencia enterratorios con ricos ajuares y tecnología de producción de objetos de prestigio. Asimismo, el autor también aborda el contexto económico en el que se desarrollaron estos elementos, que puede ser caracterizado como de una creciente intensificación en la explotación de los camélidos (Yacobaccio 2006). El supuesto general que subyace al proceso de intensificación es que este desarrollo ocurrió bajo ciertas condiciones en que algunas familias incrementaron la producción doméstica y la estrategia social de trabajo (Hirth 1995). El proceso de intensificación implica un aumento en la producción y eficiencia en la obtención de ciertos recursos. Está compuesto por una serie de

aspectos, como la especialización, la diversificación y la intensificación propiamente dicha. Además de un bajo número de especies explotadas, la especialización está correlacionada con una movilidad reducida y asociada al desarrollo de nuevas tecnologías necesarias para la obtención eficiente del recurso principal (Betts y Friesen 2004). De acuerdo con el modelo de complejidad utilizado (Owens y Hayden 1997), se trataría de sociedades moderadamente complejas, con cierto grado de jerarquización social y especialización laboral. Asimismo, señala que la complejidad social podría actuar en primera instancia como motor de la especialización económica e indirectamente de la diversificación.

En síntesis

Para este periodo las condiciones ambientales parecerían ser más húmedas que las observadas para el del Holoceno medio (Grosjean 2001), como lo demuestran los resultados paleoambientales de los análisis realizados en los núcleos de hielo Huascarán y Sajama, y los niveles del Lago Titicaca. A nivel arqueológico, se destaca el aumento en las evidencias de domesticación de camélidos, sumadas a las de domesticación vegetal. Asimismo, innovaciones en tecnología lítica que apuntan a la optimización en la obtención de los recursos y otros materiales, como la introducción de cerámica como tecnología para la cocción y almacenamiento de los alimentos. También el aumento y la diversidad en las representaciones artísticas de los camélidos muestran el rol predominante de este animal en el seno de estas sociedades. De gran interés resultan las teorías sobre el surgimiento de complejidad social a partir del hallazgo de enterratorios acompañados de ajuar y bienes de prestigio, que han sido relacionados con la idea de reducción de la movilidad e intensificación en la explotación de los camélidos procesos desarrollados desde fines del Holoceno medio 2.

A MODO DE CONCLUSIÓN

Hasta aquí se han resumido los antecedentes arqueológicos de la Puna Seca de Argentina y Chile, para el periodo 12.500 - 2500 años AP. Se ha podido observar la evolución de sociedades cazadoras-recolectoras a pastoriles; de un modo de vida de caza generalizada a la especialización en los camélidos, diversificación y perfeccionamiento en las armas de caza y procesamiento de las presas; proliferación en los estilos en el arte rupestre; innovaciones tecnológicas como puede ser la cerámica, entre muchas otras. En el capítulo anterior, se sintetizaron y precisaron los antecedentes paleoambientales, los escenarios en los que se desarrollaron estos procesos socio-económicos. Sin embargo, se han podido detectar diferencias y similitudes en el desarrollo de determinadas condiciones ambientales y socio-económicas, lo que demuestra que la trayectoria no ha sido la misma en todas las localidades.

Por esta razón, es interesante investigar cómo fueron la historia ambiental y las adaptaciones humanas en las localidades de estudio seleccionadas. Sobre esta base, se va a enmarcar los resultados de los análisis polínicos obtenidos y a evaluar su posible incidencia en las poblaciones humanas que habitaron el área.

CAPÍTULO 8

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La reconstrucción de las comunidades vegetales fue realizada por medio del análisis polínico, una técnica ampliamente utilizada en los estudios paleoambientales, que –como ya ha sido desarrollado en capítulos anteriores– se basa en el estudio de los granos de polen y las esporas. El polen es un buen indicador de las comunidades vegetales, ya que es producido por las plantas en cantidades considerables, puede ser transportado fácilmente a grandes distancias y, como su pared es muy resistente, se preserva en una importante variedad de ambientes depositacionales (Faegri e Iversen 1989, Seppä 2007). Los registros polínicos provenientes de cualquier ambiente depositacional presentan características particulares vinculadas al tipo y a los procesos de formación de dichos depósitos. Una de sus cualidades radica en que ofrecen una flexibilidad metodológica que permite ajustar la técnica en función del objetivo y la escala espacio-temporal de estudio (Navarro 2011). En este sentido, para la interpretación de los registros polínicos fósiles, orientados a reconstruir las variaciones de la vegetación y el ambiente del pasado, es necesario conocer las comunidades actuales (su distribución en relación con las variables ambientales y la representatividad de éstas en el registro polínico actual). Consecuentemente, la presente tesis ha adoptado una metodología actualística para el estudio de las secuencias polínicas fósiles que será detallada a continuación.

LOCALIDAD DE ESTUDIO

Se estudiaron tres localidades de la Puna Seca de Jujuy, ubicadas entre los 3600 y 3850 m snm. La localidad de Lapao, Departamento de Susques, Jujuy, posee un área de captación 110 Km², y se encuentra ca. 3600 m snm. Actualmente, la fuente principal de agua del pueblo es la freática que alimenta la vega, situada en esta misma quebrada. Dicha freática se halla parcialmente degradada, y se reconocen cárcavas y pedestales de erosión formados por suelos. La vega del asentamiento cubre 0,41 hectáreas de superficie (Morales 2004). El registro de la vegetación observada en la cabecera es la de una típica estepa arbustiva, compuesta por especies como *Parastrephia sp.*, *Fabiana sp.*, *Nardophyllum sp.*, *Baccharis boliviensis*, *Baccharis incarum*, *Adesmia sp.*, *Senecio sp.*, *Junellia sp.*, *Acantholippia sp.*, *Fabiana densa*, *Opuntia spp.*, *Chuquiraga sp.*, *Azorella compacta*, *Gutierrezia app.*, *Festuca sp.* En tanto que la vegetación de la vega corresponde a diferentes taxa como Ranunculaceae, *Scirpus sp.*, *Eleocharis sp.* e *Hypsella sp.*, entre otras. En cuanto a la vegetación actual del área, resalta en el paisaje el único árbol de la quebrada, del género *Ulmus*, así como también llama la atención la gran

cantidad de Malvaceae, *Nicotiana undulada* y *Hoffmannseggia falcaria*, entre otras especies que se instalaron como resultado del impacto antrópico.

La localidad de Pastos Chicos, Departamento de Susques, Jujuy, posee un área de captación 1000 Km² y se encuentra ca. 3850 m snm. La vegetación corresponde a una estepa arbustiva compuesta por diferentes especies de *Parastrephya*, *Baccharis*, *Junellia* y *Adesmia*. También se distinguen formaciones de vegas que incluyen las especies *Plantago*, *Distichlis* sp y *Carex* sp, entre otras. Asimismo, también hay sectores arenosos en donde se encuentran cojines de yareta. En las inmediaciones a los corrales o sectores con evidencias de modificación antrópica del paisaje por medio del pastoreo, hay parches de Malvaceas y Chenopodiaceas, entre otras.

La localidad de Barrancas, Departamento de Cochinoa, Jujuy, posee un área de captación 100 Km² y se encuentra ca. 3500 m snm. También por su ubicación altitudinal, la vegetación corresponde a la de una estepa arbustiva compuesta por variedades de arbustos como *Parastrephya* spp., *Acantoliphia* sp., *Baccharis* spp, *Nardophyllum* sp., *Junellia* sp., *Adesmia* sp., *Ephedra* sp., *Senecio* spp., *Mutisia* y Cactaceas, con zonas discretas de pastizales de *Stipa*. También en zonas arenosas del valle del río, se forman parches de Malvaceae, acompañada también de *Hoffmannseggia falcaria*. Se observa el desarrollo de vegas tanto en zonas llanas como en pendiente. Algunas de las relevadas presentan especies como *Eleocharis* sp., Ranunculaceae y Cyperaceas. Asimismo, en el sector del pueblo hay una zona arbolada donde se identificaron los géneros *Melia azedarach*, *Cupressus* sp. y *Ulmus* sp. Otro de los árboles que se encuentran en la localidad es el *Prosopis ferox*.

También se incorporaron puntos específicos de muestreo como vegas y lagunas (Tuzgle, Taire y Laguna Ana) en cotas altitudinales más altas, donde la faja de vegetación corresponde al pajonal andino, que es de fundamental importancia para la interpretación de las muestras fósiles. A partir de los censos de vegetación se encontraron representadas las familias Poaceae, Asteraceae, Amaranthaceae y Portulacaceae.

La metodología de trabajo puede ser organizada en tres grandes secciones: los estudios actualísticos (relación polen - vegetación actual), los estudios de polen fósil y los análisis estadísticos utilizados para explorar la relación entre ambos (polen actual - fósil).

ESTUDIOS ACTUALÍSTICOS

Por mucho tiempo las reconstrucciones climáticas del pasado inferidas a partir de variaciones en la concentración de polen fósil han sido presentadas como estimaciones fundamentadas en el conocimiento que cada investigador poseía sobre el área de estudio. Esta tendencia ha ido modificándose en las últimas décadas del siglo XX. Entonces se desarrollaron nuevos métodos en base a la comparación de variables de las interpretaciones paleoclimáticas cuantificables

numéricamente, incrementado la cantidad y calidad de la información que se puede obtener a partir de un mismo registro polínico (Nakagawa *et al.* 2002).

El supuesto detrás de esta metodología es el del uniformitarismo metodológico o actualismo, que propone que los procesos que operan hoy son los mismos que operaron en el pasado y permite, mediante el razonamiento por analogía, reconstruir los factores ambientales mencionados en base a la similitud entre asociaciones de organismos actuales y fósiles (Overpeck *et al.* 1985, Seppä y Bennett 2003, Jackson y Williams 2004).

Según esta forma de razonamiento, si una asociación polínica fósil es suficientemente similar a una asociación polínica actual, de la que se conocen la vegetación y las condiciones ambientales imperantes, entonces se infiere que estas comunidades y condiciones tuvieron lugar en el momento de formación de la asociación fósil. En este sentido, se han desarrollado técnicas cuantitativas formales de análisis y comparación basadas en estadística multivariada con el objetivo de realizar reconstrucciones paleoambientales más precisas. La Técnica de Análogos Modernos (Overpeck *et al.* 1985) ha probado ser una de las más útiles debido a que es conceptualmente simple, estadísticamente robusta, involucra menor cantidad de supuestos y es sensible a las diferencias cuantitativas y cualitativas entre las asociaciones polínicas (Jackson y Williams 2004).

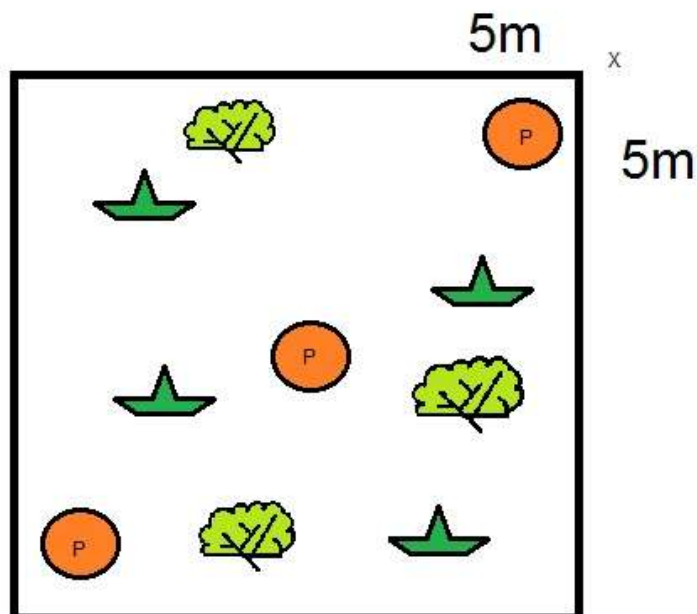
En cada una de las localidades, se realizaron listados de plantas, mapas, censos de vegetación, y muestreo de polen de superficie.

LISTADO DE PLANTAS Y CENSOS DE VEGETACIÓN Y MUESTREO POLÍNICO

Se llevó a cabo el relevamiento de la flora local y la determinación taxonómica de los taxa a nivel de familia, género y especie, mediante las claves (Bridson y Forman 1992) y descripciones disponibles en la literatura botánica para el área (Cabrera 1976, Ruthsatz y Movia 1975).

Los estudios de la vegetación se realizaron siguiendo los criterios de análisis para comunidades vegetales de Mateuchi y Colma (1982), entre otros. Los sitios de censos se seleccionaron de acuerdo a la homogeneidad de la vegetación. Se contaron las especies vegetales representativas o dominantes y los individuos por especie a través de censos de vegetación en cuadrículas de 5 x 5 m en las localidades de Pastos Chicos (n= 6), Lapao (n= 6), Barrancas (n= 16), Tuzgle (n= 2), Laguna Ana (n= 2) y Taire (n= 1) (en total n= 33).

Se seleccionaron para el relevamiento las especies dominantes, ya que son las que tienen mayor cobertura (ver Fig. 9) (Mateucci y Colma 1982). Para el análisis polínico, se tomaron submuestras múltiples dentro de cada una de las cuadrículas (Adam y Mehringer 1975). Luego los conteos tanto de vegetación como de polen por censo serán tratados en términos de frecuencias relativas (a niveles de familias, géneros y, en los casos que sea posible, especies).



*Figura 9. Esquema de metodología de toma de muestras de polen de superficie por censo de 5 m².
 Los círculos P señalan los puntos de muestreo de sedimento para análisis polínico.
 Las figuras en verde oscuro y claro representan los ejemplares de las especies de plantas relevadas.*

También se tomaron 30 muestras de puntos específicos del paisaje, los cuales incluyen vegas, corrales y pastizal andino por arriba de los 3600 m snm.

MAPA DE VEGETACIÓN

Para los diferentes sitios de estudio, se elaboraron mapas en los que se diferenciaron las unidades geomórficas principales y coberturas vegetales.

Cada mapa se realizó a partir de la interpretación visual y digitalización en pantalla de imágenes SPOT 5 en los modos multiespectrales (Nivel J) y pancromático (Nivel B). Las imágenes corresponden a las estaciones primavera - verano (2012 y 2014). Estas imágenes fueron provistas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales de Argentina (CONAE) en el marco del convenio específico que lleva adelante con la Universidad Nacional de San Martín (Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental). Dichas imágenes cuentan con corrección radiométrica de la distorsión, debida a las diferencias en la sensibilidad de los detectores elementales de los instrumentos ópticos, y corrección geométrica realizada en una proyección cartográfica estándar (UTM WGS84 Faja 21). Las escenas multiespectrales tienen una resolución espacial de 10 metros y cuentan con cuatro bandas correspondientes al visible e infrarrojo cercano del espectro electromagnético: B1 (verde: 0,5 - 0,59 μm), B2 (rojo: 0,61 - 0,68 μm), B3 (infrarrojo cercano: 0,79 - 0,89 μm) y B4 (infrarrojo medio: 1,58 - 1,75 μm). El

modo pancromático, en cambio, registra las longitudes de onda reflejadas entre 0,51 - 0,73 μm con una resolución espacial de 5 metros. Para facilitar la visualización de las diferentes coberturas, se usaron combinaciones de las bandas B1, B2 y B3. A su vez, a fin de mejorar el contraste, se realizó una ecualización del histograma. Para la digitalización y edición de los mapas se utilizó un entorno ArcGIS v.10.

También se dispusieron en forma complementaria imágenes multiespectrales del censor OLI del sistema satelital Landsat 8 de fechas 7 de abril de 2012 y 24 de febrero de 2014, que abarcan toda la región (con las tres localidades: Pastos Chicos, Lapao y Barrancas). Estas imágenes tienen una resolución espacial de 30 metros.

En el mapa de Lapao (ver Fig. 10), se distinguieron las unidades geomórficas - plateau ignimbítico, bajada pedemontana, sedimentos aluviales y relleno sedimentario reciente.

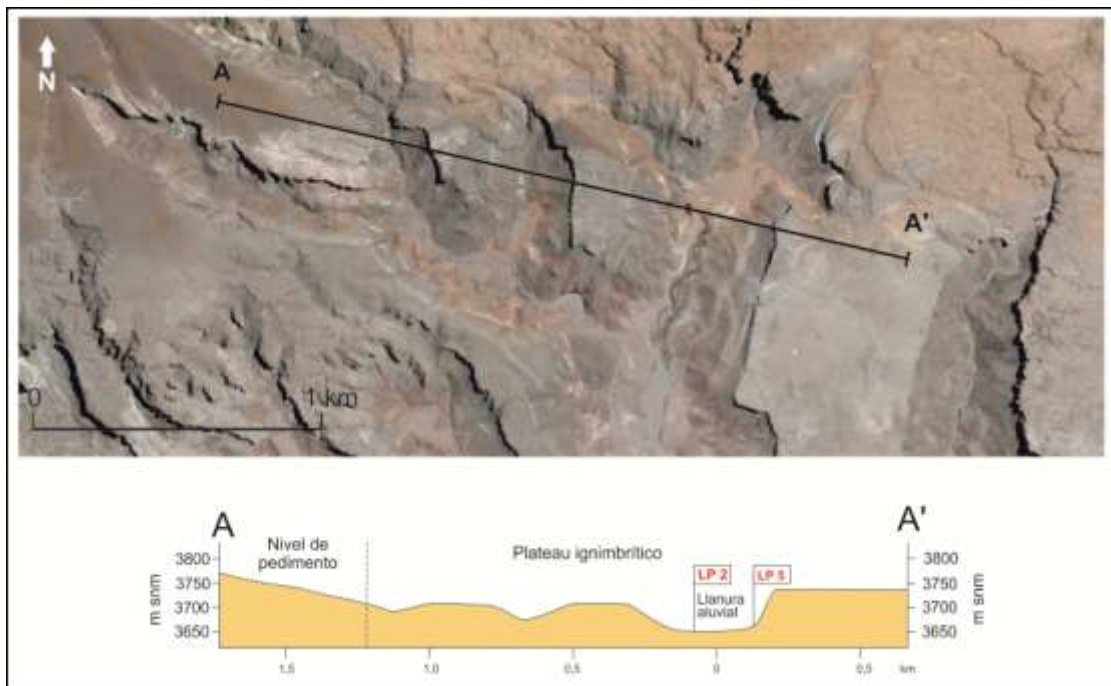


Figura 10. Perfil topográfico de la Quebrada de Lapao.

En el mapa de Pastos Chicos (ver Fig. 11), se identificaron las unidades geomórficas - basamento rocoso, bloque elevado tectónicamente (basamento rocoso), bajada pedemontana, abanicos aluviales, sedimentos aluviales, terraza aluvial.

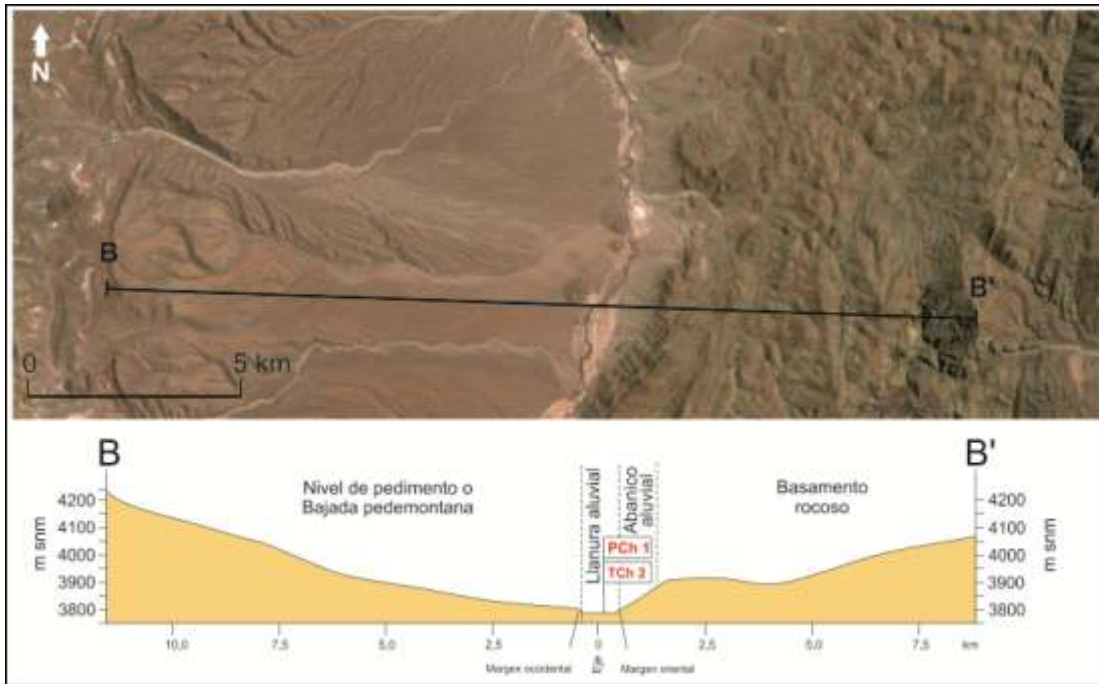


Figura 11. Perfil topográfico de la localidad de Pastos Chicos, donde se muestrearon los perfiles PCh 1 y 2.

En el mapa de Barrancas (ver Fig. 12), se discriminaron las unidades geomórficas - basamento rocoso, afloramiento ignimbrítico, afloramiento tobáceo, material de bajada o bajada pedemontana, abanico aluvial, terraza aluvial y sedimentos aluviales.

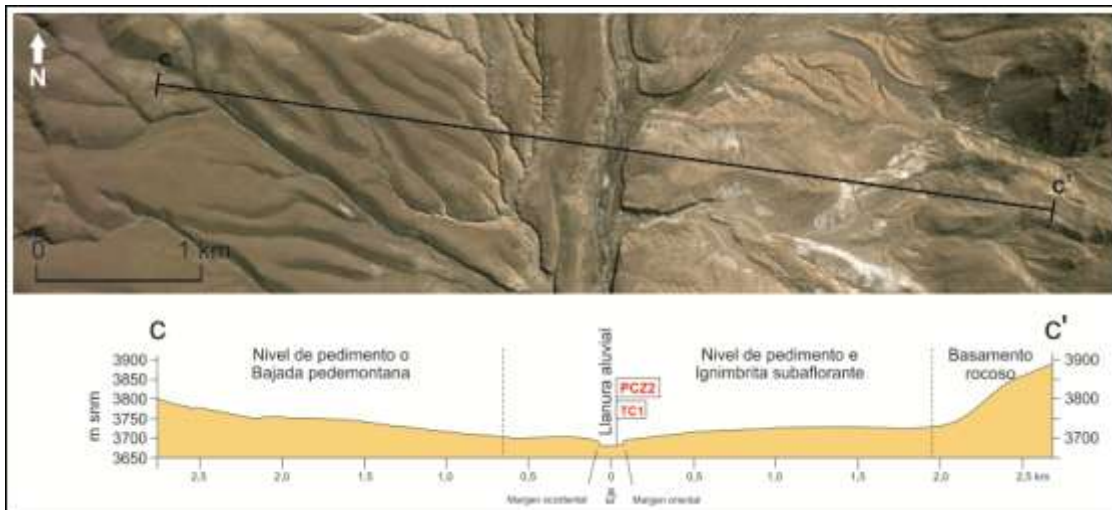


Figura 12. Perfil topográfico de la localidad e Barrancas en el sector en donde se relevaron las secuencias sedimentarias de PCZ2 y Tc1.

TRABAJO DE LABORATORIO Y MICROSCOPIA

En total, se tomaron 63 muestras de polen de superficie, entre los 3600 - 4200 m snm, intentando representar las diferentes composiciones en la vegetación y la detección de otras variables como su ubicación altitudinal, cercanía a una fuente de agua, exposición al sol,

sedimentología, entre otras. Para el aislamiento de polen de las muestras de superficie y de sedimentos, se procesaron las mismas en el Laboratorio de Palinología de la UNJu, mediante las técnicas estándar para sedimentos cuaternarios (Gray 1965, Faegri e Iversen 1989), consistentes en los siguientes tratamientos: determinación del volumen de la muestra; incorporación de dos tabletas de *Lycopodium* como marcador foráneo; tratamiento con KOH; eliminación de arena con HF; filtrado; acetólisis de Erdtman (1960); diversos lavados con agua destilada y montaje con agua glicerinada.

La etapa de microscopía consistió en la observación e identificación de los granos presentes en los preparados, bajo microscopio biológico (Zeiss - Axiolab a 400x). Para las observaciones, se utilizaron los microscopios ópticos Zeiss ISC KS2 y Leica DM 500, con una magnificación de 40X para el conteo y de 100X con aceite de inmersión para la medición y observación de las características morfológicas necesarias para la identificación y descripción de los granos de polen. Además, para la obtención de las microfotografías, se empleó una cámara digital Leica ICC50 incorporada al microscopio Leica DM 500. Las propiedades diagnósticas de los granos se basan en su morfología: forma, tamaño, grosor de la exina, escultura, número y tipo de aperturas. El análisis es un estudio cuali y cuantitativo del polen contenido en una preparación, y se basa en la determinación de los tipos polínicos presentes y de la frecuencia con que ocurre cada clase en las distintas muestras (D'Antoni 1991). En caso de ser posible, se debe trabajar con 200 granos por muestra. La determinación sistemática de los tipos polínicos se realizó mediante la confrontación con la palinoteca de referencia de la Unidad de Análisis Palinológicos (PAL-JUA) y la bibliografía existente (Heusser 1971, Faegri e Iversen 1975, Markgraf y D'Antoni 1978, Wingenroth y Heusser 1984, Lupo 1998). Las asociaciones polínicas de las muestras se presentan en diagramas polínicos en porcentaje, realizados con el programa Tilia 2.0.4 (Grimm 2004). Así también se incorpora el cálculo de la concentración polínica total por muestra en granos/gramos (gr/g) realizadas con el programa TGView 2.0.2 (Grimm 2004). Las muestras de los diagramas polínicos fueron ordenadas acorde a las comunidades vegetales y sus correspondientes taxa asociadas: estepa herbácea, estepa arbustiva, humedad local, elementos de disturbio y árboles. Fueron eliminados los taxa menores al 5% de representatividad.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

En primera instancia, se organizó una base de datos con tablas con las cuantificaciones absolutas de la flora actual y el conteo de polen de las muestras de superficie realizadas en las mismas cuadrículas.

La fiabilidad de los análisis de polen como una herramienta en la reconstrucción de la vegetación pasada depende de la comprensión exacta de cómo la composición de la vegetación se refleja en conjuntos polínicos (Janssen 1970, Broström *et al.* 1998). La caracterización de los ecosistemas modernos por su lluvia de polen es, por lo tanto, un requisito previo esencial para la interpretación de los datos de polen fósil del Cuaternario tardío (Gaillard *et al.* 1992, Hicks y Birks 1996, Court-Picon *et al.* 2006). De hecho, la información paleoambiental a menudo se extrae de los registros de polen mediante la técnica analógica moderna (Overpeck *et al.* 1985, Räsänen 2001), ya que este método se basa en la comparación entre las muestras de polen fósil y las recogidas en el paisaje moderno, donde la vegetación, el clima y otras características del paisaje se pueden describir (Barboni *et al.* 2004). Estudios de polen modernos también son ampliamente usados para aumentar la comprensión de la productividad de polen de especies o comunidades de plantas, lo que es vital como una ayuda para la interpretación de los espectros de polen fósil (Newsome 1999, Sugita *et al.* 1999, Soepboer *et al.* 2007). Diversos enfoques se han utilizado para explorar las relaciones cualitativas y cuantitativas entre la vegetación y su representación, el polen. Gráficos de dispersión que dan cuenta de las relaciones entre el polen de plantas modernas y porcentajes / abundancias se han aplicado ampliamente (Bennett y Hicks 2005, Court-Picon *et al.* 2006).

Presencia- ausencia y análisis cluster

Con el objeto de clarificar el esquema de dispersión polínica a escalas local, regional y extralocal, se efectuó un análisis de presencia-ausencia entre la vegetación y el polen. Luego, se trabajó solo con las especies presentes en ambos caso (polen-vegetación). Este análisis aportó información que permitió establecer un criterio ecológico en la selección de las variables para las agrupaciones polínicas del análisis estadístico multivariado cluster, con el programa Tilia 2.0.4 (Grimm 2004). Luego, se aplicó el análisis cluster, un conjunto de técnicas multivariantes utilizadas para clasificar a un conjunto de individuos en grupos homogéneos.

Relación polen-vegetación

La comprensión de la relación entre el polen moderno y la composición de la vegetación es un componente crítico en la interpretación de las investigaciones palaeológicas. Los conjuntos polínicos reflejan patrones generales en la vegetación (Erdtman 1969, Moore *et al.* 1991). Sin embargo, la representación de polen está sesgada por varios factores, como las diferencias en la producción de polen, la dispersión y la preservación de los taxones. Por lo tanto, esta relación no puede ser aplicada de forma lineal en los registros polínicos del pasado (Faegri e Iversen 1992, Prentice 1988).

Al respecto, índices de asociación, sub y sobre-representación polínico han sido desarrollados como herramienta para estudiar la relación polen-vegetación (Davis 1984, Islebe y Hooghiemstra 1995, Hjelle 1997, Berrío *et al.* 2003, Bunting 2003). El uso de estos índices otorga información adicional sobre la producción y dispersión polínica, lo cual ayuda a mejorar el entendimiento de estos nexos.

Índices de asociación y representación

Se calcularon tres índices de asociación (A), de representación (U) y sobre-representación (O) para estudiar la relación polen-vegetación de todos los taxa presentes, tanto vegetales como polínicos (Davis 1984, Hjelle 1997), utilizando presencia-ausencia de datos de la vegetación. Dichos índices se definen a continuación:

$$A = B0 (P0 + P1 + B0) - 1$$

$$U = P1 (P1 + B0) - 1$$

$$O = P0 (P0 + B0) - 1$$

B0 = número de muestras donde están presentes los tipos polínicos y los taxa de vegetación

P0 = número de muestras donde el tipo polínico está presente en la muestra de superficie pero los taxa de vegetación están ausentes

P1 = número de muestras en las cuales los tipos polínicos están ausentes pero los taxa de vegetación se encuentran presentes (Bunting 2003)

Los índices de asociación y representación para los taxa registrados fueron calculados de acuerdo con Bunting (2003). Así, se discriminaron, cinco grupos:

- los taxa fuertemente asociados tienen valores de A de 0,75 y moderados valores de O,
- los taxa asociados tienen valores de A entre 0,5 y 0,75 con moderados valores de O y U.

Los taxa con valores de A menores a 0.5 pueden ser divididos en tres grupos

- los tipos sobre-representados tienen bajos valores de A, altos valores de O y valor cero de U,
- los tipos débilmente asociados (sub-representados) presentan bajos valores de A y relativamente altos valores de O y U,
- y los tipos no asociados tienen cero valor de A y altos valores de O y U.

POLEN FÓSIL

Se estudiaron cinco secuencias estratigráficas que serán presentadas en detalle en el próximo capítulo. Un testigo y cuatro perfiles sedimentarios: Testigo Cruces 1, Perfil sedimentario Cruces 2, Lapao 2, Lapao 5, Pastos chicos 1-2.

TRABAJO Y METODOLOGÍA DE CAMPO

El primer paso del trabajo de campo consistió en la selección de las secuencias sedimentarias de estudio. El intervalo de muestreo dependió de los resultados de los fechados radiocarbónicos obtenidos, la sedimentación observada y el objetivo de investigación. En todos los casos se trabajó sobre perfiles expuestos, salvo en el caso del testigo Cruces 1. Este testigo fue extraído con un vibracore Wacker con motor de combustión interna, que permite hasta 12 metros de profundidad en tramos de 1 m.

Debido a la extensión necesaria para describir en detalle estos procedimientos, la información correspondiente será descrita en profundidad en el capítulo siguiente.

TRABAJO DE LABORATORIO Y MICROSCOPIA

El trabajo de laboratorio y microscopía fue el mismo que se aplicó en las muestras de polen de superficie, desarrollado en párrafos anteriores.

Las cuantificaciones fueron analizadas y graficadas como valores porcentuales. También se calculó la concentración polínica por muestra (C). La fórmula de este cálculo consiste en dividir los granos contados (P) sobre el Lycopodium contado multiplicado por la cantidad de Lycopodium agregado, y el resultado dividido por el volumen de la muestra (W).

$$C = (P/M \times E) / W$$

W= volumen de la muestra

M= Lycopodium (marcador) contado

P= granos contados (excluyendo el Lycopodium)

E= cantidad de Lycopodium agregado

ÍNDICES DE HUMEDAD Y ESTABILIDAD POLÍNICA

Se ha incorporado a los análisis un índice que se calcula a partir del logaritmo de la relación entre los dos principales tipos de vegetación dominante: la estepa herbácea y arbustiva (H/A en adelante). Esta ecuación ha sido utilizada por múltiples autores en el área andina como un

índice de humedad (Liu *et al.* 2005). Sobre la base de la ecología y la distribución geográfica de estas dos formaciones, se sostiene que la relación H/A puede ser utilizada como un *proxy* de la humedad en el ambiente altiplano. Las poaceas son típicamente plantas que tienden a proliferar en condiciones húmedas, mientras que los arbustos xerofíticos están profundamente arraigados y proliferan en ambientes más secos (Rutzhats 1975, Lupo 1998, Betancourt *et al.* 2000, Latorre *et al.* 2002). Por lo tanto, podemos utilizar el logarítmico de la relación H/A como un índice de humedad para el Altiplano. En consecuencia, esta relación comprende valores entre -1 y 1. Cuando la relación es 0, quiere decir que los porcentajes de polen de Poaceae y Asteraceae son iguales. Los números positivos indican el predominio de gramíneas y, por consiguiente, las condiciones más húmedas. Los valores negativos indican el predominio de las arbustivas sobre pastos y, en concordancia, las condiciones más secas (Liu *et al.* 2005).

Asimismo, se decidió aplicar un índice de estabilidad polínica a partir del cálculo de los cambios registrados en la relación P/A, considerando los momentos de cambios a partir de la detección de sequías (valores negativos) y dividiendo este valor por el lapso cronológico que comprende la secuencia sedimentaria.

FECHADOS Y MODELOS DE EDAD

De cada uno de los perfiles sedimentarios bajo estudio se mandaron a datar muestras para estimar la cronología que representa dicha secuencia. A su vez, se confeccionó un modelo de edad profundidad, estimando la tasa de depositación. Este trabajo se realizó tanto con los fechados calibrados como sin calibrar. Esto se debe básicamente a la compatibilidad para comparar con los antecedentes registrados en otras localidades que figuran en la bibliografía como no calibrados. Las fechas fueron calibradas con el programa calib 7.0.2. Los modelos de edad profundidad en los que solo se contaba con dos muestras fueron realizados a través de una interpolación lineal y, en el resto de los casos, debido a la presencia de hiatos erosivos, se realizó una interpolación lineal para los depósitos anteriores al hiato y otro para después de él. En futuras investigaciones, se espera incorporar nuevas dataciones, así como el estudio de efecto reservorio.

RELACIÓN POLEN ACTUAL - FÓSIL

Se incorporó un análisis de componentes principales con el programa PC ORD6 (McCune y Mefford 2011). Este análisis fue utilizado por primera vez en la Ecología por Goodall (1954). Se utiliza cuando los datos son continuos y cuantitativos, y apenas existan ceros en la matriz de

datos. El análisis calcula una matriz de similitud entre variables correlacionándolas dos a dos. Mediante el cálculo matricial, el análisis de componentes principales estima los ejes de variación de las variables. El primer eje será aquel en el que haya mayor número de variables correlacionadas. También ordena los casos (muestras de polen) en estos ejes. Para ello, multiplica el valor de cada variable en cada estudio por la coordenada de la variable en el eje. De esta manera, se maximiza la varianza explicada por cada eje sucesivo. Los resultados del análisis se muestran en una tabla de factores de carga en la que se exhibe la importancia de cada variable en cada eje. Los valores van de 1 a -1 y se consideran valores mayores de 0,5 en valor absoluto.

A MODO DE CONCLUSIÓN

Han sido detallados los pasos metodológicos seguidos para el estudio de la vegetación y polen actual. Se esgrimió el muestreo de polen fósil y se desarrolló el criterio para el estudio de la relación entre el polen actual y el fósil. El capítulo siguiente está destinado a representar los registros sedimentarios seleccionados, su descripción sedimentológica, el muestreo polínico, las fechas radiocarbónicas y los modelos cronológicos realizados.

CAPÍTULO 9

PRESENTACIÓN DE LOS REGISTROS

En este capítulo se presentan, en primer lugar, las características de las localidades y secuencias estratigráficas seleccionadas para esta investigación. Para la descripción de las localidades se han seguido los criterios que han resultado relevantes según lo señalado en el Capítulo 8, “Metodología de investigación”, y lo observado en el 6, “Antecedentes paleoambientales del área andina”. Algunas de las variables consideradas son ubicación geográfica, altitud, régimen y área de captación hídrica, y tipo de vegetación. En segundo lugar, en el presente capítulo se describe la sedimentología de las secuencias fósiles, el muestreo realizado para los análisis de polen fósil, así como los fechados radiocarbónicos obtenidos, su calibración y los modelos cronológicos realizados.

Las secuencias sedimentarias seleccionadas se encuentran en tres localidades de la Puna de Jujuy, en donde se han hallado evidencias de ocupaciones humanas: Susques, Huancar y Barrancas. Fueron elegidas entre otras ubicadas en estas mismas localidades, ya que comprenden el periodo de interés (12.000 - 2000 años AP) para el estudio de importantes procesos del poblamiento humano, como las primeras ocupaciones del área, adaptación a las condiciones de aridez regional durante el Holoceno medio y desarrollo de la domesticación de camélidos.

Vale aclarar que las diferencias en la información disponible para cada localidad obedecen al tiempo en el que el equipo lleva trabajando. En la localidad de Susques, Yacobaccio y sus colaboradores han trabajado desde hace más de 15 años, mientras que el proyecto de Barrancas se inició hace apenas 3 años.

LAPAO

Los perfiles de Lapao 5 (L5) y Lapao 2 (L2) se encuentran emplazados en la quebrada homónima, ubicada a 3650 m snm, de 5 Km de extensión y rumbo NE–SO. La quebrada presenta un valle encajonado, con paredones verticales de ignimbritas y tobas (Formación Zapaleri), y arcilítas rojizas (Formación Log Log) (Nullo 1988). Los paredones tienen deslizamientos rotacionales y taludes de derrubio compuestos por bloques. En ambos márgenes del curso de agua, hay tres niveles de terraza aluvial pertenecientes al Holoceno temprano, medio y tardío (ver Fig. 13).

El área de captación de la cuenca hídrica en la que se encuentran los perfiles es de 110 Km².

A su vez, el área de captación puede dividirse en tres sectores: superior, medio e inferior. El sector superior, ubicado en la zona norte y por arriba de los 4000 m snm, se caracteriza por un fuerte gradiente y numerosos afloramientos rocosos. El sector medio, entre los 4000 - 3650 m snm, corresponde al *plateau* y al piedemonte. Y el sector inferior, entre 3650 - 3600 m snm, donde los arroyos han excavado profundas quebradas sobre la ignimbrita (Tchilinguirian *et al.* 2014).

Asimismo, el estudio de sedimentos y suelos de diferentes perfiles sedimentarios a lo largo de la quebrada ha permitido discriminar y describir doce litofacies, correspondientes a una sucesión fluvial agradacional (de acumulación). Las mismas fueron agrupadas en siete facies: sedimentos de canal (F 1); depósitos extendidos de crevasa y canal (F 2); depósitos de llanura de inundación de grano fino (F 3); sedimentos de llanura de inundación con material orgánico y diatomeas (F 4); sedimentos coluviales de borde (F 5); sedimentos arenosos eólicos (F 6) y depósitos de canales anastomosados efímeros (F 7). La proporción depósitos de canal / depósitos de llanura de inundación varía, pero los últimos usualmente son más gruesos debido a su velocidad de acumulación.

Por otra parte, la alostratigrafía comprende seis alounidades. En la terraza 1 hay cuatro alounidades (A1, A2, A3 y B) correspondientes al Holoceno temprano y medio. Mientras que en las terrazas 2 y 3 se distinguen las alounidades C y D, corresponden a depósitos de relleno aluvial del Holoceno tardío.

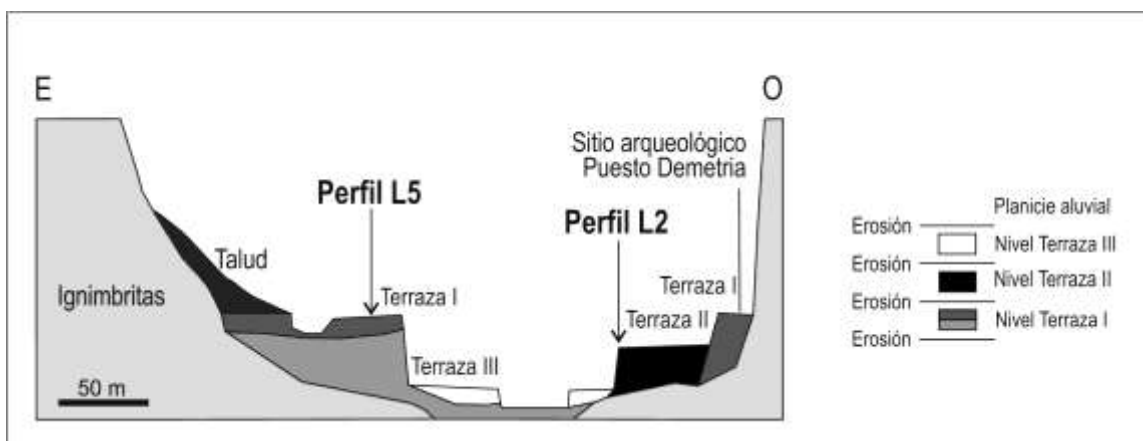


Figura 13. Esquema geomorfológico-estratigráfico de la Quebrada de Lapao (tomado de Morales 2011 y modificado por Patricia Solá).



Figura 14. Vista general de la Quebrada Lapao y Puesto Demetria.

LAPAO 2

El perfil sedimentario de Lapao 2 (L2) ($23^{\circ} 21,290' S$; $66^{\circ} 21,932' O$; 3675 m snm) mide 1,60 m y se tomaron 28 muestras, una cada 5 cm.

El depósito sedimentario estudiado corresponde a los sedimentos de la terraza 3 (Holoceno tardío). Esta terraza se sitúa solamente en la cabecera de la quebrada, cerca del Puesto Demetria. El afloramiento tiene escasa extensión y ocupa 80 m^2 . Es una terraza fluvial de acumulación y tiene un desnivel de 1 a 1,5 m respecto del cauce, que se ubica al sur del perfil.

Litofacies	Litofacie	Descripción	Espesor de capa	Geometría
Gmm	Grava masiva matriz sostén	Gravas medianas a gruesas, matriz sostén compuesto por arenas gruesas. Estructura masiva. Color gris claro. Blanda.	0.2-0.5 m	Tabular, inclinada 10° al tawleg
Gh	Grava con estratificación horizontal	Gravas finas en matriz arenosa gruesa, con estratificación horizontal. Color gris claro. Blanda.		Lenticular, horizontal
Slb	Arena laminada oscuras	Arenas muy gruesas a gruesas con tenue laminación fina, algo bioturbadas y con humus. Color gris oscuro a negro. Medianamente compacta.		Tabular, inclinada 10° al tawleg
Sd	Arena granodecreciente, claras	Arena muy gruesas granodecrecientes con grava fina subordinada. Color rosado. Blanda.	5-15 cm	Lenticular, horizontal
Sl	Limos y arenas muy finas laminadas	Arena muy fina con limo y arena mediana con laminación fina. Trazas de raíces, moteados. Presencia de limos de color gris claro. Medianamente compacta.		Lenticular, horizontal
Sol	Arenas orgánicas	Arena fina a mediana con limo. Laminación fina. Trazas de raíces. Color negro a gris oscuro		Lenticular, horizontal
Fol	Limos y arenas muy finas laminada con materia orgánica y diatomeas	Arena muy fina con limo y arena mediana con laminación fina. Presencia de fibras vegetales, laminillas de materia orgánica negra y laminas de arenas con limos de color gris claro. Medianamente compacta.		Lenticular, horizontal

Tabla 17. Litofacies presentes en el perfil de Lapao 2. G: gravas, S: arenas, F: finos, mm: estructura masiva y matriz sostén, l: estructura con laminación, d: estructura granodecreciente, b: estructura con paleosuelos y evidencias de bioturbación.

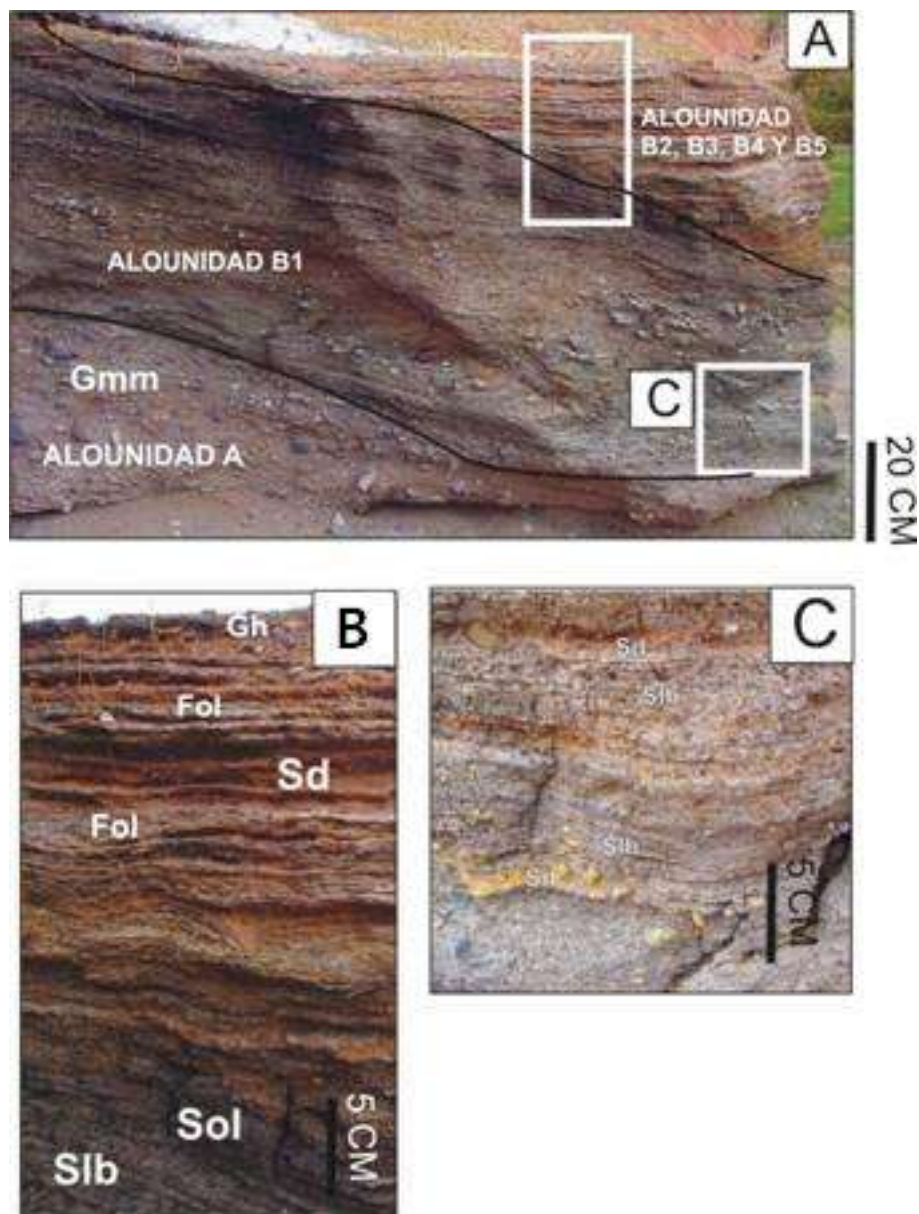


Figura 15. Litofacies en Lapao 2. Figura A, esquema general del afloramiento de la terraza fluvial III en Puesto Demetria, se detallan dos ampliaciones para visualizar las litofacies, B: litofacies Sd, Sl y Slb en la sección superior del perfil. C: litofacies Slb y Ghx en la sección inferior del perfil.

El cuerpo sedimentario del perfil Lapao 2 tiene una forma convexa y se apoya en contacto erosivo en los depósitos del Holoceno temprano de la terraza 1 (ver Fig. 15). Los planos de observación del afloramiento son paralelos, perpendiculares y oblicuos al escurrimiento, lo que permitió observar la forma tridimensional de las capas y de las estructuras sedimentarias (ver Fig. 15). Se reconocieron 7 litofacies, de acuerdo a la granulometría, estructura sedimentaria, geometría y espesor (ver Tabla 17 y Fig. 15), que a continuación se describen.

La litofacie Gmm se compone de gravas masivas matriz sostén. La matriz está formada por arenas muy gruesas. Las gravas ocupan un 20-30% y son finas a medianas. También hay bloques que ocupan un 5% del depósito. Tanto las gravas como los bloques evidencian poco transporte, y tienen forma irregular y subangular (Tchilinguiran, conversación personal).

La litofacie Gh se compone de gravas finas en una matriz de arena gruesa con estratificación horizontal. Las gravas ocupan entre 40-50% y en ocasiones se forman lentes de 20 a 30 cm de largo, ocupando 50-70%. Poseen formas subangulares. Tienen color rosado y en algunos sectores se concentran moteados de color naranja. Forma capas lenticulares de 2 m de largo y 3 a 5 cm de espesor. La base no es erosiva.

La litofacie Slb se compone de arenas gruesas a muy gruesas laminadas y bioturbadas. Son de color gris debido a la presencia de materia orgánica. Presenta una alternancia de capas de arenas gruesas con gravas finas y arenas muy finas algo más compactas. Estas últimas tienen 1 a 3 mm de espesor. Los clastos de gravas finas ocupan 5-10% del depósito y tienen formas subesféricas y subangulares. Forman capas tabulares de 10 a 30 cm de potencia y 5 a 8 m de largo, que inclinan entre 10° a 15° hacia el tawleg del valle (ver Fig. 15). Estas facies son interpretadas como paleosuelos de tipo mineral muy poco desarrollados y cuyo material originario corresponde a sedimentos coluviales acumulados en conos de talud con aporte eólico. Hay acumulaciones sectorizadas de bloques angulares que se interpretan como acumulaciones por caída de bloques (ver Fig. 15, referencia B).

La litofacie Sd se compone de arenas muy gruesas a gravas finas granodecrecientes. Tienen color rosado claro a rojizo. Forman capas lenticulares de 3 a 10 cm de espesor y de 20 cm a 2 m de largo, que se hallan en forma horizontal. La litofacie Sl está formada por arenas finas a muy finas con laminación y colores gris claro a blanco. Presentan un escaso porcentaje de finos (limos). Posee moteados de color ocre claro que ocupan entre 20-30% y trazas de raíces de 1 a 2 mm de diámetro. Corresponden a sedimentos depositados por crecientes efímeras. Tanto las litofacies Sd como las Sl fueron depositadas por crecientes efímeras, con rápida sedimentación ocurrida a raíz de fuertes lluvias.

La litofacie Sol son arenas medianas a finas de color negro a gris oscuro con laminación fina. Poseen trazas de raíces. Son suelos arenosos, formados en un ambiente húmedo que permitió la humificación del suelo.

La litofacie Fol son arenas muy finas, algo de diatomeas con laminillas de 1 mm de color negro formadas por restos vegetales o materia orgánica. Estos restos son laminillas fragmentadas de fibras de 1 a 3 mm de largo, similares a la vegetación riparia de vega. Forman capas lenticulares de 3 a 5 cm de espesor y de 20 cm a 2 m de largo, que se disponen en forma horizontal. El ambiente de sedimentación corresponde a pequeños cuerpos de agua, de 2 a 6

m² de extensión, y muy someros, donde se desarrolló vegetación riparia. Estos cuerpos de agua eran medianamente estables, ya que presentan bioturbación y trazas de raíces.

Se distinguieron varias unidades sedimentarias en función del análisis de facies y según el tipo de contacto. La unidad A descansa en una superficie de erosión sobre los depósitos del Holoceno temprano. Lateralmente, se interdigita con la unidad B (ver Fig. 15, referencia A).

En la base del perfil y hasta los 25 cm se reconoce la unidad A, que está integrada por gravas masivas de matriz sostén (litofacie Gmm). Se reconoce una grosera estratificación que, al igual que la capa sedimentaria, se inclina entre 15° y 20° hacia la vaguada del cauce (ver Fig. 15, referencia A). Hay capas lenticulares que se afinan pendiente abajo donde las gravas aumentan su concentración. Se interpreta que estos sedimentos se acumularon por el proceso coluvial procedente de las fuertes pendientes situadas a 50 m al norte del perfil.

Entre los 25-90 cm se halla la unidad B1. Se compone de capas espesas de arenas laminadas oscuras (litofacie Slb) que tienen lentes de gravas con moteados de color ocre (litofacie Gh). La sección es estratodecreciente y las gravas son más predominantes a los 90 cm junto con una capa de arenas laminadas orgánicas (litofacie Sol), que se distingue por su color negro y menor densidad (ver Fig. 15, referencias B y C).

Entre los 90-100 cm (unidad B2) dominan las capas lenticulares de arenas granodecrecientes (litofacie Sd), arenas laminadas (Sl) y escasas láminas de limos con algo de materia orgánica (litofacie Fol). Se destaca una capa de gravas con estratificación horizontal, que es una de las más espesas (10 cm) y largas (4 m) entre los 100-110 cm (unidad B3).

Entre los 110-137 cm (alounidad B4) domina la litofacie Fol con trazas de raíces que se intercalan con capas lenticulares de arenas granodecrecientes rosadas (litofacie Sd). Estas se hacen más dominantes en la sección media, a 130 cm. También hay pequeños lentes de grava (litofacie Gh) con moteados ocres.

Entre los 137-155 cm (alounidad B5) dominan nuevamente las arenas granodecrecientes (litofacie Sd) y la litofacie de finos queda subordinada (litofacie Fol).

Entre los 155 a 170 cm (alounidad C) domina la litofacie Sd, que tiene un color rosado fuerte y gravas medianas arenosas (litofacie Gh). Estos sedimentos no poseen bioturbación, moteados ni materia orgánica. Tienen una consistencia muy blanda.

Las unidades B2 a B5 y C se caracterizan por su color rosado y la predominancia de las texturas arenosas muy gruesas a gravas finas.

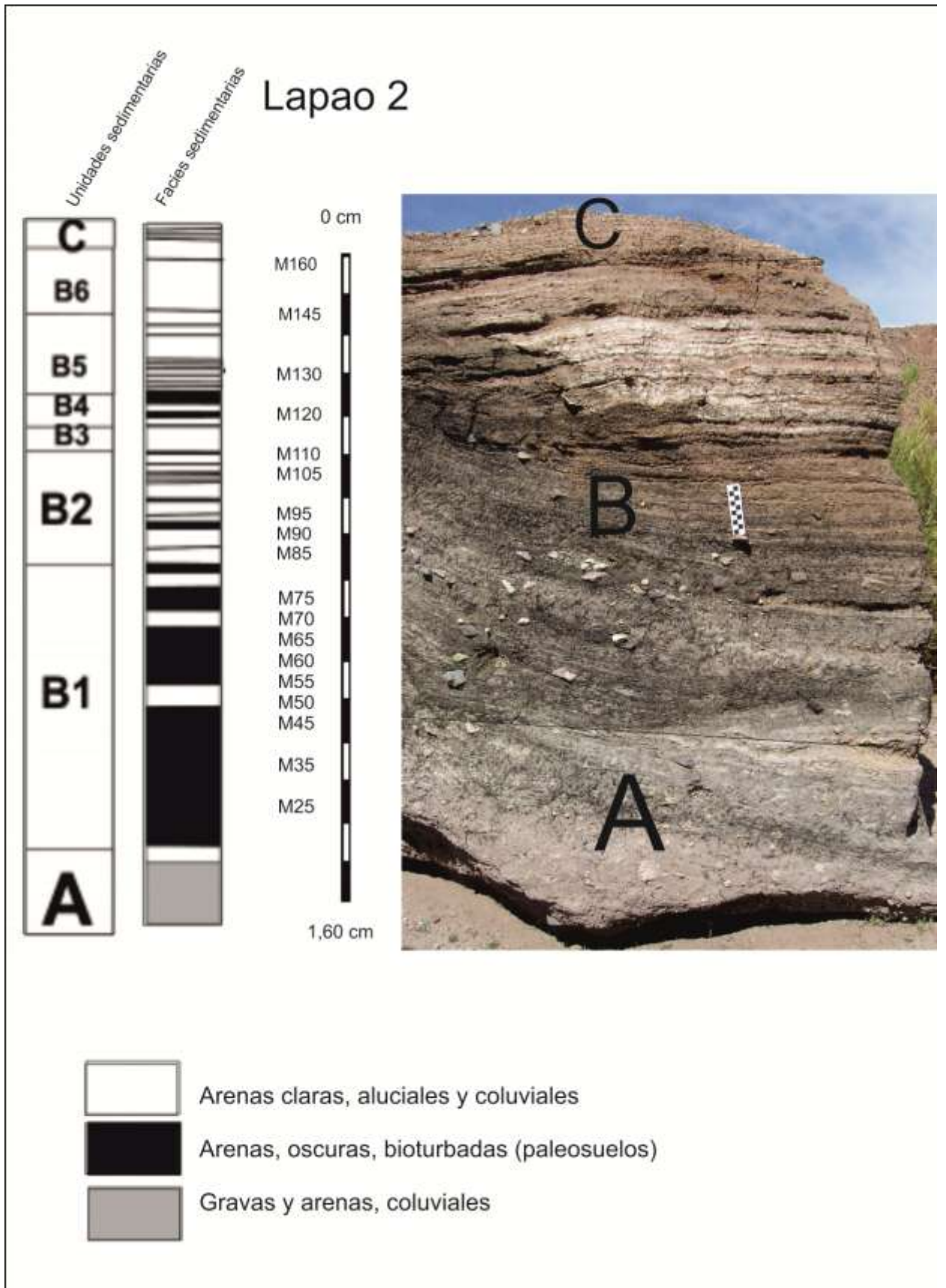


Figura 16. Esquema del perfil sedimentario Lapao 2, descripción sedimentológica y muestreo realizado.

Se efectuaron dos dataciones sobre sedimentos orgánicos arenosos del perfil (ver Tabla 18). A partir del análisis sedimentario y de los fechados radiocarbónicos se realizó un modelo de edad profundidad (ver Tabla 18). Se calculó una tasa de sedimentación constante de 2,85 años/cm (3,17 años/cm cal.). También se calibraron las fechas con el programa calib Rev. 7.0.2.

LAPAO 2	AP	Error	Prof.	Cal. 2 Sigmas	Punto medio
UGA 7833	75	40	55	1799-1942	1870
UGA 7836	360	40	155	1464-1645	1554

Tabla 18. Fechados Lapao 2.

Profundidad/Muestra	Cronología años AP.	Modelo cronología años DC cal.
25	-10.5	1966.1
30	3.75	1950.25
35	18	1934.4
40	32.25	1918.55
45	46.5	1902.7
50	60.75	1886.85
55	75	1870
60	89.25	1855.15
65	103.5	1839.3
70	117.75	1823.45
75	132	1807.6
80	146.25	1791.75
85	160.5	1775.9
90	174.75	1760.05
95	189	1744.2
100	203.25	1728.35
105	217.5	1712.5
110	231.75	1696.65
115	246	1680.8
120	260.25	1664.95
125	274.5	1649.1
130	288.75	1633.25
135	303	1617.4
140	317.25	1601.55
145	331.5	1585.7
150	345.75	1569.85
155	360	1554
160	374.25	1538.15

Tabla 19. Modelo de edad profundidad de Lapao 2. En rojo se marcan las fechas que fueron datadas.

En este caso no se realizó una representación gráfica para la interpolación lineal, ya que con dos dataciones el resultado es solo una recta lineal.

LAPAO 5

El Perfil 5 (LP5) (23° 22' 01" S, 66° 21' 52,8" W; 3650 m snm) está constituido por sedimentos depositados en lapsos caracterizados por la génesis de suelos (indicados en negro), sedimentos de periodos erosivos con aporte de material de los taludes (facies de arenas gruesas indicadas en amarillo) y depósitos de agradación palustre representados por diatomitas masivas y laminadas (Morales 2011).

En particular, en esta secuencia sedimentaria se observa que la alonidad A se subdivide en tres subunidades: A1, A2 y A3. Estas divisiones obedecen a la separación por superficies de reactivación. Las unidades inferiores A1 y A2 son de hasta 1,5 m de espesor, las cuales se presentan como afloramientos que se extienden por cientos de metros. Estos afloramientos están dominados por materiales orgánicos en blanco/negro y diatomita (Facies 3) y sedimentos de canales (Facies 1 y 2). El material orgánico contiene macrorestos vegetales de entre 1-2 mm de longitud. Las muestras obtenidas de estas unidades fueron fechadas en 9280 ± 100 años AP (unidad A1 en LP5), 8560 ± 90 años AP y 8380 ± 100 años AP (unidad A2 en LP5). Los depósitos de la unidad A1 también han sido detectados y fechados en otros perfiles sedimentarios en esta misma quebrada. Los fechados obtenidos han confirmado su cronología holocénica (8980 ± 100 años AP en LP11 y 8230 ± 40 años AP en LP7). La unidad A2 está compuesta por depósitos de canal, cubierta por la diatomita y paleosuelos orgánicos de la Facie 4, que está fechada en 7770 ± 80 años AP en LP5. Otras fechas de depósitos de turba fueron obtenidas en LP6 7750 ± 40 años AP y LP1 7550 ± 90 años AP, correspondientes al Holoceno medio de la unidad A2.

El perfil bajo estudio mide 4 m de altura y se han tomado 22 muestras para su análisis paleoambiental, intentando representar la diversidad observada en los sedimentos expuestos.

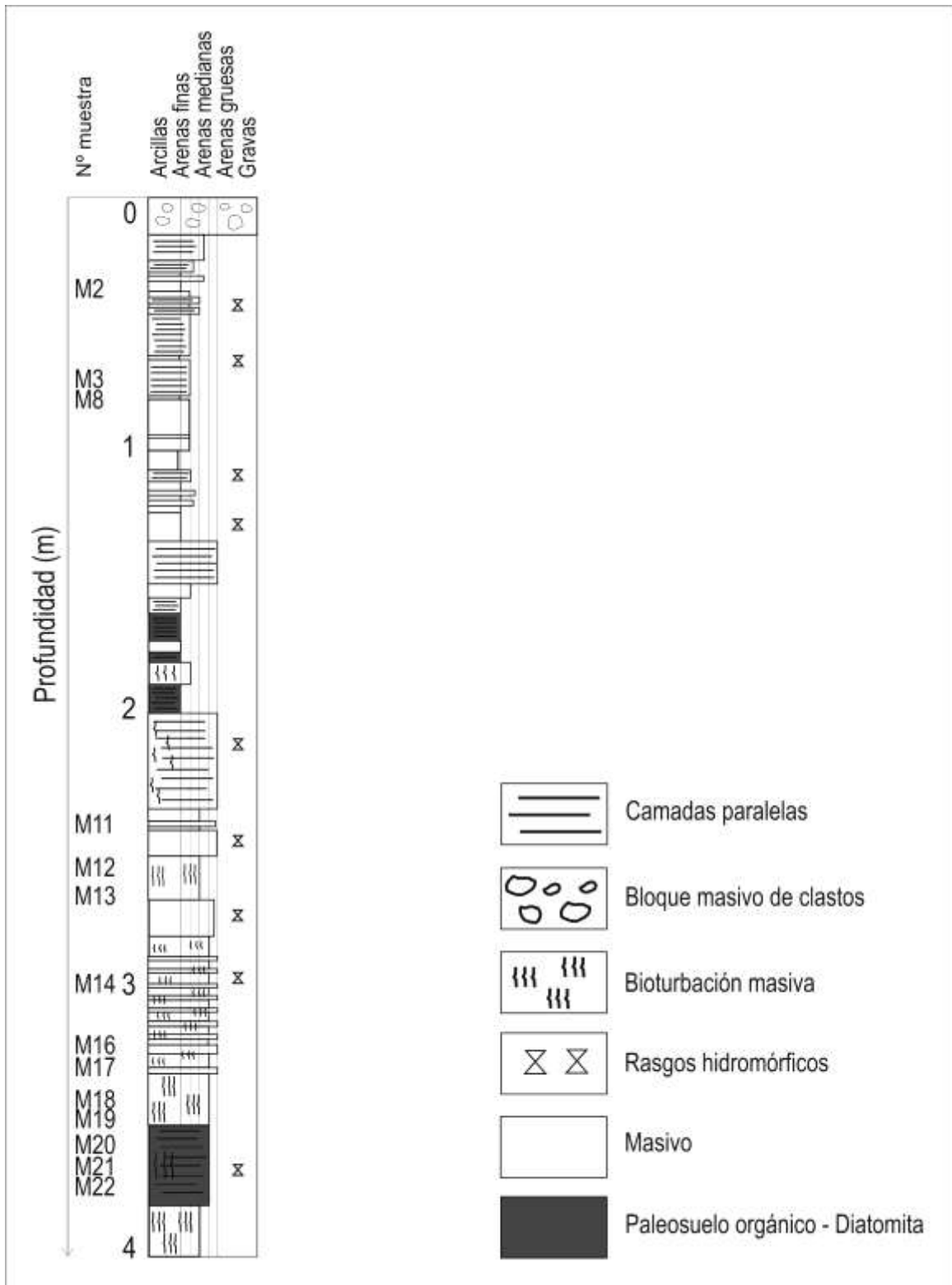


Figura 17. Esquema del perfil sedimentario de Lapao 5, descripción sedimentológica y muestreo (realizado por Patricia Solá, modificado de Tchilinguirian et al. 2014).

Como ha sido mencionado, en total se efectuaron cuatro dataciones sobre materia orgánica, tres por el método regular de ^{14}C y una por la técnica de AMS. En este caso, se realizó un

modelo de edad profundidad por medio de una ecuación de interpolación lineal (Bennett 1994) para estimar la cronología de cada una de las muestras (Tchilinguirian *et al.* 2014).

La tasa de sedimentación es de 13,66 años/cm entre 370-310 cm de profundidad (15,85 años/cm cal.), 4,5 años/cm entre 310-270 cm de profundidad (5,42 años/cm cal.) y 7,17años/cm de 270 a 15 cm (8,7 años/cm cal.).

LAPAO 5	Cronología c14 años AP	Error	Profundidad	Calib 2 sigmas	Punto medio
LP981	7770	80	185	8374-8704	8539
LP1518	8380	100	270	9034-9525	9279
LP1509	8560	90	310	9296-9696	9496
LP1534	9280	100	370	10226-10669	10447

Tabla 20. Fechados Lapao 5.

Muestra	Profundidad	Modelo cronología AP	Modelo calibrado
L5M1	15	7021	7061
L5M2	30	7129	7191
L5M3	80	7483	7626
L5M4	85	7519	7670
L5M5	120	7591	7974
L5M6	140	7627	8148
L5M7	150	7734	8235
L5M8	185	7770	8539
L5M9	210	7878	8757
L5M10	220	7949	8844
L5M11	240	8164	9018
L5M12	260	8236	9192
L5M13	270	8380	9279
L5M14	300	8500	9442
L5M15	310	8560	9496
L5M16	325	8660	9733
L5M17	330	8800	9813
L5M18	345	8840	10050
L5M19	350	8920	10130
L5M20	360	9060	10288
L5M21	365	9080	10367
L5M22	370	9280	10447
L5M23	380	9680	10605

Tabla 21. Modelo de edad profundidad Lapao 5. En rojo se marcan las fechas que fueron datadas.

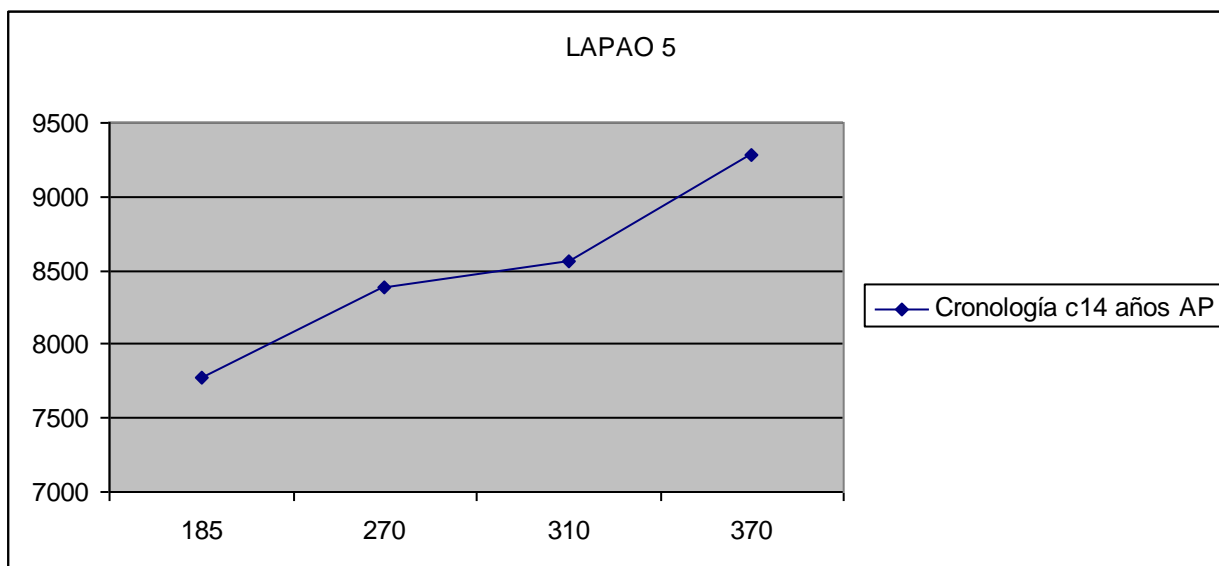


Figura 18. Interpolación lineal entre las fechas obtenidas. Eje X = profundidad; Eje Y = cronología años AP.

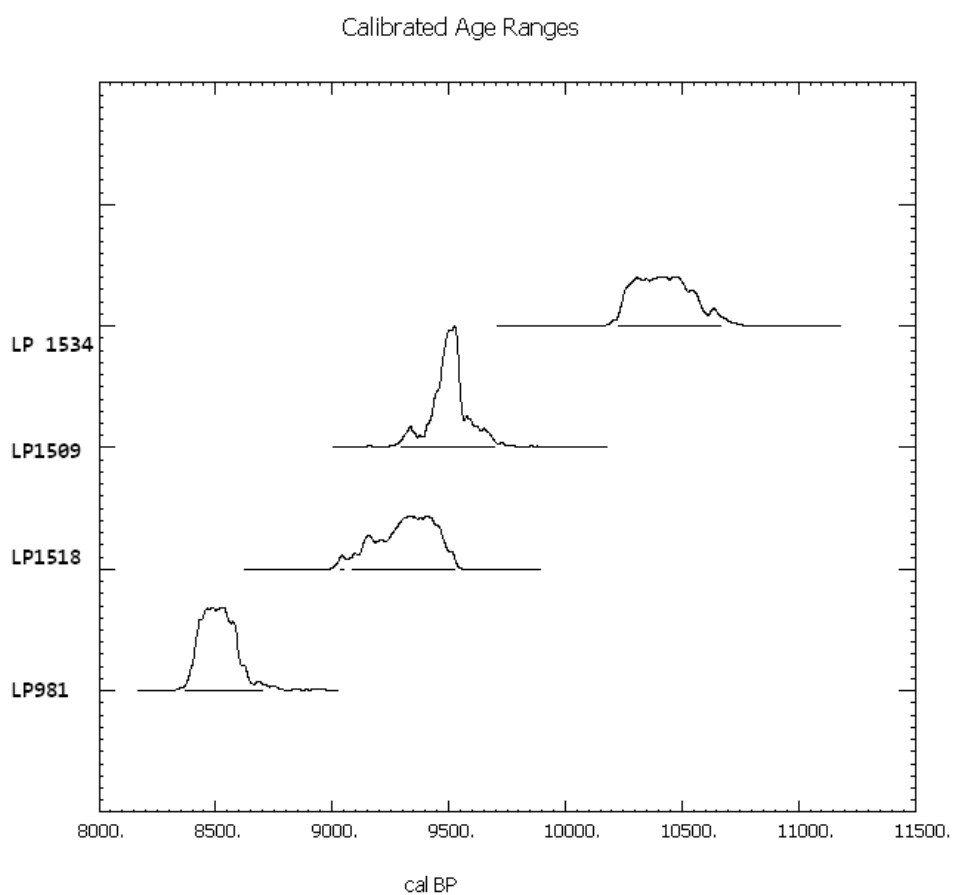


Figura 19. Fechas calibradas programa calib Rev. 7.0.2

PASTOS CHICOS

Los perfiles sedimentarios de Pastos Chicos 1 y 2 (23° 40' 29"S, 66° 25' 32"; 3781 m snm) se encuentran en la cuenca media, donde el río tiene hábito sinuoso y está profundizado en sus propios depósitos hasta 10 m. En ambas márgenes se desarrollan hasta tres niveles de terraza aluvial cuyas cronologías datan del Holoceno, con una altura de 6, 4 y 2 m sobre el nivel del cauce, respectivamente. A los lados de estas terrazas se observan hasta dos niveles (Nivel 1 y 2) de pedimentación de edad pleistocénica a una altura de 15 y 30 m, respectivamente, sobre el nivel del cauce (Nivel 3) (Morales 2011).



Figura 20. Geomorfología del valle del río Pastos Chicos. 1: Nivel de terraza con afloramientos de sedimentos de edad Cuaternaria; 2: Nivel de terraza inferior; 3: Cauce con río permanente (Tomado de Tchilinguirian 2008).

En este caso, se describen los depósitos presentes en el cuerpo sedimentario de la Terraza I, la cual tiene una altura de + 6 m sobre el nivel del cauce actual del río. El depósito sedimentario de la misma es de edad Cuaternaria y se lo denomina: “Aloformación Pastos Chicos II”. Esta aloformación está separada de otras por medio de discontinuidades erosivas de orden mayor (ver Fig. 21)

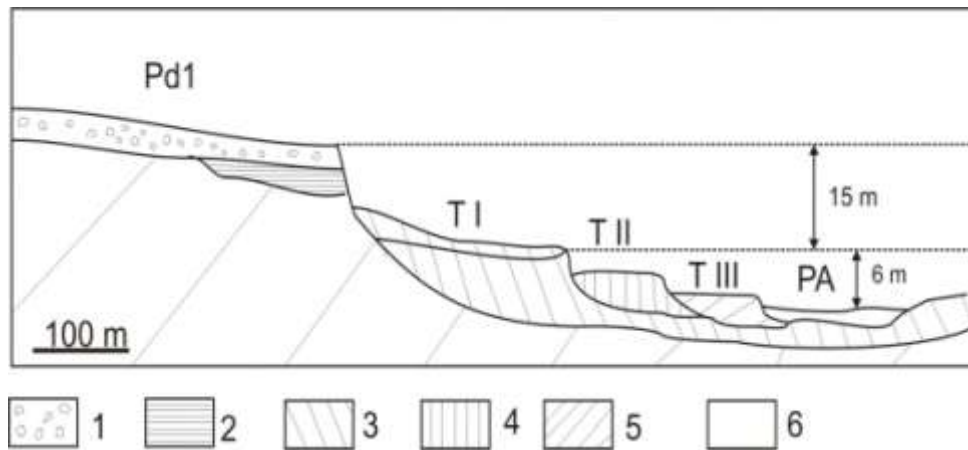


Figura 21. Esquema geomorfológico-estratigráfico del río Pastos Chicos. 1: Aloformación Huascar y nivel de pedimento 1 (Pd1); 2: Aloformación Pastos Chicos I; 3: Aloformación Pastos Chicos II y Terraza aluvial I (T I); 4: Aloformación Pastos Chicos III y Terraza II (T II); 5: Aloformación Pastos Chicos IV y Terraza III (T III); 6: planicie aluvial (Pa) (Tomado de Tchilinguirian 2008).

Se distinguieron cuatro subunidades sedimentarias dentro de la Aloformación Pastos Chicos II, que están separadas por discontinuidades erosivas de menor orden de importancia. Así, se identificaron 5 subunidades de menor orden, denominadas Alomiembros A, B y C. Asimismo, dentro de cada alomiembro se presentan distintos tipos de sedimentos y estructuras sedimentarias, que pueden ser agrupados en alofacies sedimentarias.

Los perfiles de Pastos Chicos 1 y 2 están distanciados unos 20 m uno de otro y tienen una correlación estratigráfica que permite unificar los resultados en una sola secuencia (Oxman 2010, Tchilinguirian *et al.* 2014).

PASTOS CHICOS

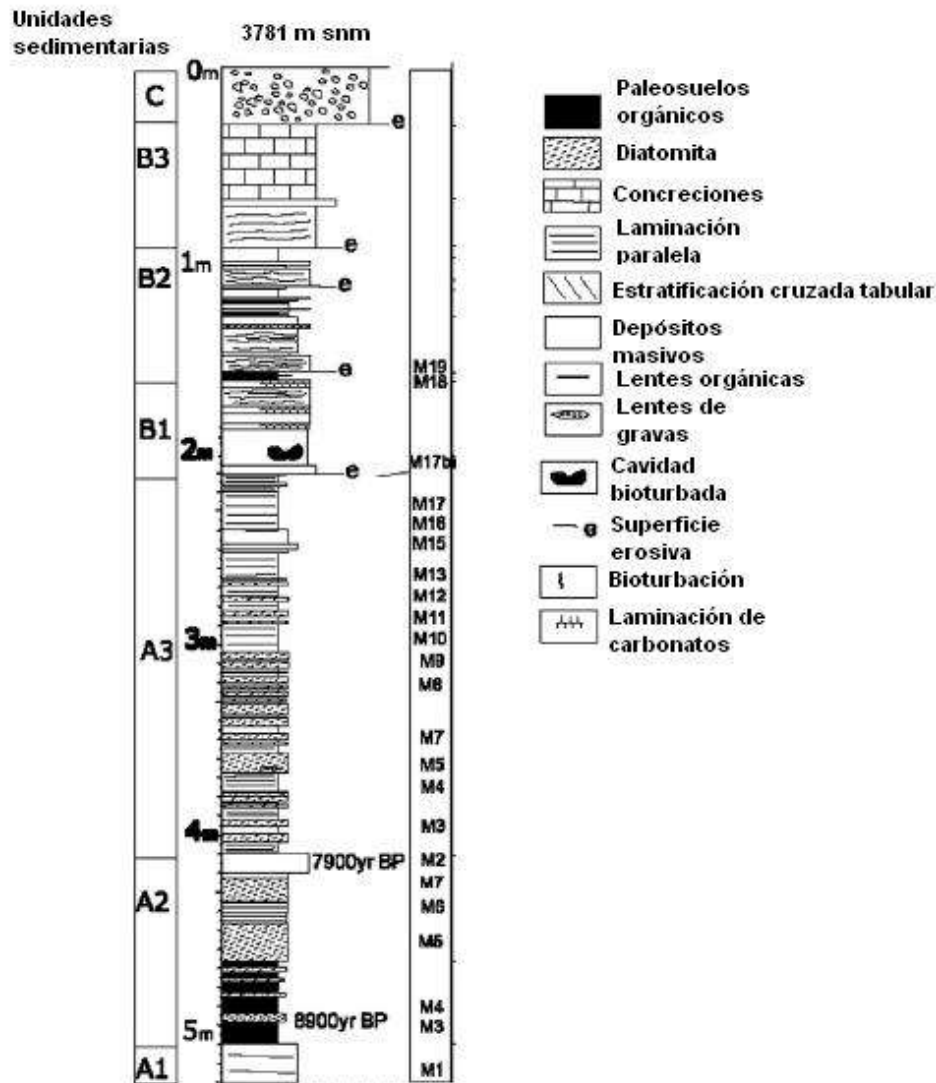


Figura 22. Esquema del perfil Pastos Chicos 1 y 2 (unificados), descripción sedimentológica y muestreo seleccionado (modificado de Tchilinguirian et al. 2014).

La historia geológica de la zona presenta un claro predominio de la acción fluvial. El primer acontecimiento corresponde a la erosión y profundización del sistema fluvial alrededor de 15 m en los depósitos del Terciario (Oxman 2010). Esto puede deberse a dos factores. Uno es la evolución normal del sistema fluvial, que desarrolla ciclos de agradación - erosión en fusión de procesos fluviales operantes en la cuenca inferior, como la migración y las capturas de canales en el abanico aluvial ubicado en la desembocadura del sistema fluvial a la altura de Salinas Grandes, o endicamientos - desendicamientos originados por los afluentes. El otro factor que puede regular y controlar los ciclos erosivos - depositacionales lo constituye la relación entre la precipitación/evaporación (P/E) y la temperatura en la cuenca alta, es decir en la Sierra del

Taire - Tuzle - Sierra de Cobres (Tchilinguirian 2008). Tchilinguirian (2008) apoya la hipótesis de que el segundo factor es el que controla básicamente el desarrollo de los suelos orgánicos. En este sentido, el Alomiembro A2 indicaría un régimen de agua permanente, sin grandes oscilaciones de caudal y bajas temperaturas. Estas condiciones se presentan con una relación P/E mayor que la actual y temperaturas menores.

El área de captación hídrica en la que se encuentran los perfiles sedimentarios bajo estudio es *ca.* 1000 Km² y la longitud del cauce del río es 95 Km.

Los perfiles Pastos Chicos 1 y 2 miden *ca.* 6 m de altura en total. Se tomaron 28 muestras, intentando representar la diversidad observada en los sedimentos expuestos.

Para su datación, se tomaron dos muestras de materia orgánica (PCH2-M2 y PCH1-M3), utilizando el método convencional de C14. Las muestras dieron una cronología de 7900 ± 100 años AP y 8900 ± 130 años AP, respectivamente. Se obtuvo otra fecha de un hueso de ave a la altura de la muestra PCH2-M15 de 6935 ± 69 años AP. También se considera una fecha obtenida de un perfil ubicado en la cuenca media, denominado perfil Pastos Chicos 3 (3753 m snm) y datado en 4203 ± 58 años AP. Con estas cuatro fechas, se aplicó un modelo de edad profundidad a partir de una interpolación lineal (Bennett 1994). También se calibraron las fechas con el programa Calib Rev 7.0.2 (ver Fig. 23). Este modelo ha sido aplicado suponiendo una tasa de sedimentación constante entre fechas, debida a la acumulación sedimentaria (11,49 años/cm entre las fechas de turba; 6,34 años/cm entre el 7900 ± 100 AP según muestra de turba y el 6935 ± 69 AP según muestra de hueso de fecha) de esta secuencia. La tasa de sedimentación entre 331-250 cm de profundidad es de 12,34 años/cm (14,58 años/cm cal.), 6,34 años/cm entre 250-118 cm de profundidad (6,16 años/cm cal.) y 45,58 años/cm (47,75 años/cm cal.) y 32,86 años/cm (34,98 años/cm cal.) entre 118-0 cm.

Muestra	Cronología C14 AP	Error	Profund.	Cal.2Sigmas	Punto medio
AA79835	4203	58	31	4528-4839	4683
AA94570	6935	69	91	7595-7862	7728
LP1836	7900	100	250	8454-8989	8721
LP1337	8900	130	331	9562-9573	9567

Tabla 22. Fechas de Pastos Chicos

Calibrated Age Ranges

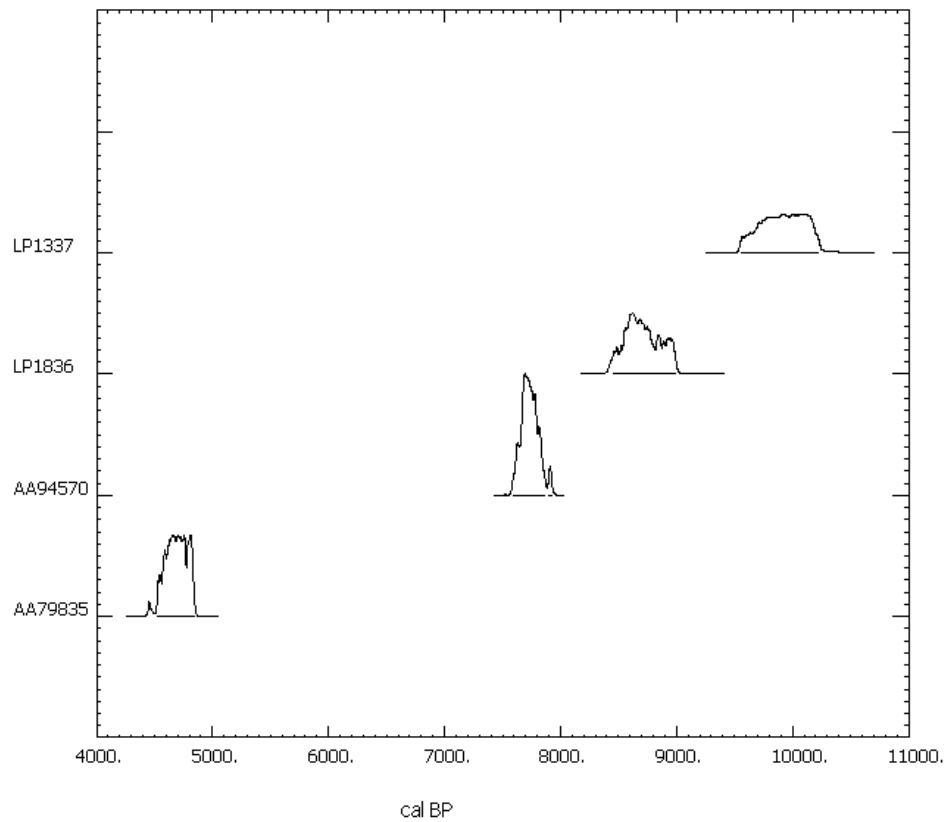


Figura 23. Fechas calibradas de Pastos Chicos.

Muestra	Profundidad	Cronología AP	Modelo calibrado
PCH2 M20	0	Post 4200	Post 4863
PCH2 M19	20	Post 4200	Post 4863
PCH2 M18	31	Post 4200	Post 4863
PCH2 M17	33	4291	4959
PCH2 M16	63	5659	6391
PCH2 M15	91	6935	7728
PCH2 M14	108	6998	7841
PCH2 M13	118	7062	7907
PCH2 M12	118	7062	7907
PCH2 M11	142	7125	8056
PCH2 M10	168	7189	8216
PCH2 M9	170	7252	8228
PCH2 M8	180	7316	8289
PCH2 M7	190	7379	8351
PCH2 M6	200	7443	8413
PCH2 M5	210	7506	8474

PCH2 M4	220	7570	8536
PCH2 M3	230	7583	8597
PCH2 M2	240	7748	8659
PCH1 M8	250	7900	8721
PCH1 M7	260	8015	8531
PCH1 M6	270	8210	8677
PCH1 M5	280	8532	8823
PCH1 M4	308	8877	9231
PCH1 M3	331	8900	9567
PCH1 M2	362	9026	10 .019
PCH1 M1	402	9256	10 .602

Tabla 23. Modelo de edad profundidad de Pastos Chicos. En rojo se marcan las fechas que fueron datadas.

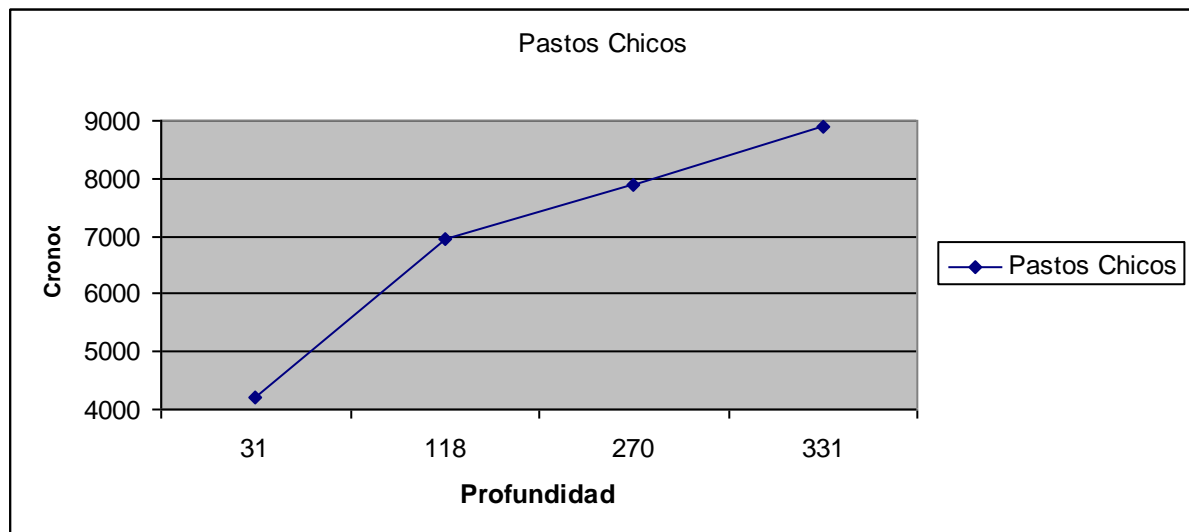


Figura 24. Modelo de edad profundidad de Pastos Chicos.

BARRANCAS

La cuenca del río Barrancas se ubica entre los 3500 y 3750 m snm. El límite sur coincide con la latitud del Trópico de Capricornio (ca. 23°26'15''S), extendiéndose en este sector entre los meridianos 66°04'O y 66°09'O. El límite norte se ubica a los 23°17'S. Se encuentra a 60 Km de Huancar (Pastos Chicos) y a 15 Km de Susques.

El valle del río Barrancas (rumbo dominante N-S) tiene una longitud de unos 23 Km (medidos en línea recta), a través de los cuales encauza sus aguas hacia el río de las Burras (en el sur). El régimen del río Barrancas es permanente con marcada estacional dada por las crecidas estivales (entre diciembre y marzo). La recarga hídrica del sistema se produce en las serranías

de Churcal o Coyahuayna (rumbo NNE-SSO) y de Tusaquillas o de Alfar (rumbo *ca.* N-S). Estas serranías limitan la cuenca por el oeste y el este respectivamente, definiendo la forma subtriangular de la subcuenca Barrancas de unos 200 Km². A su vez, varios tributarios han originado quebradas y valles dispuestos transversal y diagonalmente al tronco principal; entre ellos, Quebrada Seca, Quebrada Motaite y Río de las Torres (ver Fig. 25). En el sector norte y medio del río Barrancas, el cauce es encajonado, no solo por las propias barrancas del río labradas en las terrazas fluviales, sino por los paredones ignimbríticos que lo limitan. En cambio, en el curso inferior, el sistema culmina en un valle abierto, con arenales en los últimos 10 Km. Se destacan en este valle las terrazas fluviales y los remanentes estratificados de paleohumedales, que se distinguen por la coloración oscura de la materia orgánica contenida (Solá, conversación personal).

Los análisis de geomorfología del área de estudio señalan que esta se encuentra en una depresión tectónica, limitada por el oriente y el oeste por cordones montañosos de 4300 m snm. La depresión tectónica es parte integrante de una estructura deprimida de mayor envergadura que ocupa las salinas Grandes y de Guayatayoc.

A partir de la interpretación satelital, se distinguen las siguientes unidades del paisaje:

A) Depresión tectónica de río Barrancas

B) Cordones montañosos

Dentro de la unidad 1, depresión tectónica, se hallan las siguientes geoformas:

A1) Piedemonte

A11) Pedimentos erosionados

A111) Superficies de pedimento (Nivel I, Nivel II)

A112) Cañadones (incluyen las escarpas rocosas y las laderas)

A12) Abanicos aluviales activos (nivel III)

A2) Faja fluvial del río Barrancas

A21) Terrazas fluviales

A22) Planicie aluvial

A23) Dunas parabólicas

El Piedemonte comprende la región que se extiende desde el pie de las sierras hasta el río Barrancas, el cual actúa como eje axial de la depresión tectónica. En el piedemonte se reconocen tres niveles. Los tres se hallan escalonados, siendo el nivel I el más elevado en sentido altimétrico respecto de los niveles II y III. El nivel I es inactivo y de edad Pleistocena

media. Es el nivel con mayor extensión geográfica de los tres y se eleva entre 3800 m snm en el norte de la cuenca y 3700 m snm al sur. Se compone de gravas arenosas de 5 a 2 m de espesor, que se apoyan en forma discordante en ignimbritas terciarias. Geomorfológicamente correspondería a un nivel de pedimento, cuya superficie se halla bien preservada en el sector norte de la región. Sin embargo, es común que el pedimento se halle cortado y erosionado por la red de drenaje. La erosión hídrica forma valles que alcanzan a destapar la ignimbrita subaflorante. Hay casos en donde la erosión eliminó toda la cobertura aluvial del nivel de pedimento y la ignimbrita es expuesta y resurrecta.

El nivel II tiene mayor preservación en el sector sur de la cuenca. Corresponde a pedimentos inactivos, formados a expensas de la erosión del nivel I, que se eleva a 3600 m snm y se halla menos erosionado que el nivel II.

El nivel III son abanicos aluviales activos. Se sitúan en la cuenca inferior de los afluentes del río Barrancas (ver Fig. 25 y 26).

La Faja fluvial del río Barrancas corresponde a la región axial de la depresión. Es un cañadón excavado en ignimbritas en la cuenca superior y media. Las escarpas son rocosas, se elevan entre 10-15 m y están afectadas por procesos de remoción en masa, como desprendimientos de rocas. También tiene hoyos de erosión eólica llamados Taffonis.

En este tramo, en el cañadón hay dos niveles de terrazas fluviales de acumulación, que se elevan a 8-3 m sobre el nivel del lecho. La terraza superior data entre 11.000 a 2000 años AP. La terraza II es de edad Holocena tardía.

En la cuenca media inferior, el valle del río Barrancas es poco notorio y está excavado unos 2-3 m en los depósitos sedimentarios del nivel II (ver Fig. 26 y 28). Aguas abajo, en la cuenca inferior, el río se subdivide en varios brazos, dando lugar a un abanico aluvial terminal que finaliza en el cauce del río Las Burras. Los brazos no son activos y corresponden a paleocauces. La acción eólica es más intensa en la cuenca inferior. Se forman dunas parabólicas que migran al oriente y que tienen como zona de aporte las arenas del lecho de la llanura de inundación del río Barrancas.

La planicie aluvial del río Barrancas es de diseño rectilíneo en la cuenca superior y media. En la inferior es poco sinuoso debido a la reducción de la pendiente.

La evolución geomorfológica durante el Mioceno tiene lugar la elevación en altura de toda la región, dando lugar a la configuración de los cordones montañosos y la depresión de Salinas Grandes-Guayatayoc. En el Plioceno, surgen grandes efusiones de ignimbritas que cubren el paisaje. Posteriormente, en las zonas deprimidas surgen piedemontes formados por pedimentos. La reactivación tectónica da lugar al descenso del nivel de base, conformándose

el nivel II a expensas de la erosión del nivel I. En el Pleistoceno, el río Barrancas profundiza y se excava en las ignimbritas, dando lugar al actual cañadón. Del Pleistoceno tardío al Holoceno tardío se produce la agradación sedimentaria del cañadón, originando los depósitos que forman la terraza I. Luego, en el Holoceno tardío, a partir de los 1000 años AP, el sistema fluvial incide y erosiona sus propios depósitos.



Figura 25. Cuenca media e inferior del río Barrancas, al sur de Abdon Castro Tolay. El piedemonte formado por los niveles I, II y III (abanicos aluviales). En el centro de la foto se encuentra el valle del río Barrancas, que tiene una planicie aluvial (PA) con hábito entrelazado. Al norte, en la localidad de Abdon Castro Tolay, el valle está labrado en ignimbritas y se forman escarpas rocosas verticales.



Figura 26. Esquema panorámico de la cuenca media-inferior al sur de Ablón Tolay. A la derecha se observa el piedemonte con el nivel pedemontano I, que se halla erosionado por la red fluvial con cañadones (c). El nivel pedemontano II reviste la superficie más preservada y plana. PA: planicies aluviales; AA: abanicos aluviales activos que invaden el valle del río Barrancas; Er: escarpas rocosas; Es: escarpas en sedimentos; C: cañadón.



Figura 27. Geoformas en la cuenca media del río Barrancas cerca del perfil Cruces 1. Se observa el valle del río labrado en ignimbritas con paredes verticales. En el valle hay dos niveles de terrazas fluviales, I y II, y la planicie aluvial (PA). La Terraza II corresponde a una ribera en forma semicircular típica del hábito de un río. El nivel I corresponde a un pedimento que bisela la ignimbrita. Por detrás, el cordón montañoso que separa la cuenca del río Barrancas con la laguna de Guayatayoc.



Figura 28. Geoformas en la cuenca media. Pedimentos del nivel I sobre ignimbrita (ig) a ambos costados de la foto. También se observan cañadones (c) que cortan el nivel I y la ignimbrita subyacente. En la parte central, se encuentra el cañadón del río Barrancas con terrazas fluviales (T1), la planicie aluvial (PA) y laderas labradas en roca (er). En este tramo se efectuó el perfil Cruces 1.

En esta cuenca se estudiaron dos secuencias fósiles, una correspondiente a un perfil sedimentario denominado Perfil Cruces 2 y el otro corresponde a un testigo sedimentario extraído del lecho del río, a unos metros del perfil PC22 (S 23° 18'; W 66° 5' 12,9"; 3682 m snm).

PERFIL CRUCES 2

El perfil PCZ2 mide 7,65m de altura y el muestreo realizado consistió en 78 muestras tomadas cada 10 cm.

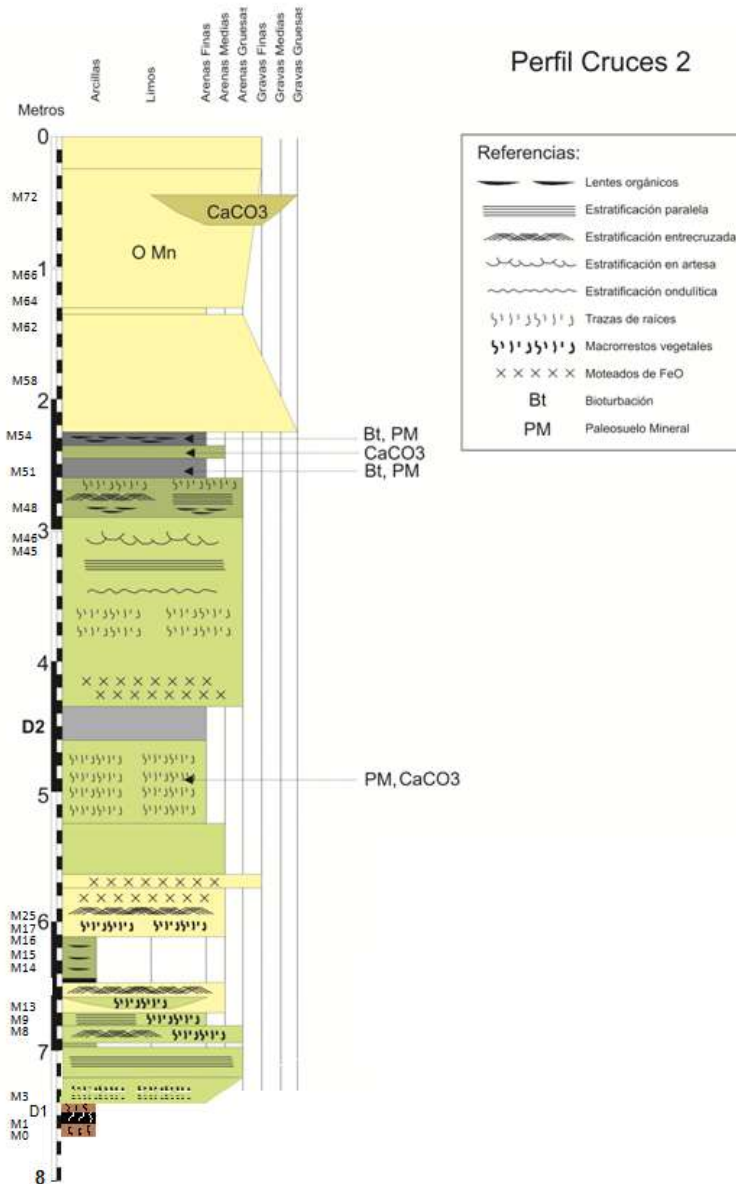


Figura 29. Esquema del perfil sedimentario de PCZ2 y muestreo realizado.

Para conocer la cronología que representa el perfil, se tomaron dos muestras para su datación a través del método convencional de C14 (ver Tabla 24). Luego, con estas fechas, se realizó un modelo de edad profundidad para estimar la edad aproximada de cada una de las muestras analizadas (ver Tabla 25). También se calibraron las fechas con el programa calib Rev 7.0.2 (ver

Fig. 30). La tasa de sedimentación es de 7,27 años/cm entre 755-435 cm de profundidad (9,35 años/cm cal.).

PCZ2	Cronología C14 AP	Error	Profundidad	Calib 2 sigmas	Punto medio
PCZ2_D2	2180	30	435	2015-2182	2098
PCZ2_D1	4510	80	755	4871-5309	5090

Tabla 24. Fechas del Perfil Cruces 2.

Muestreo	Profundidad	Modelo AP	Modelo calibrado
0	765		
1	755	4510	5090
2	745	4437,25	4996,5
3	735	4364,5	4903
4	725	4291,75	4809,5
5	715	4219	4716
6	705	4146,25	4622,5
7	695	4073,5	4529
8	685	4000,75	4435,5
9	675	3928	4342
10	665	3855,25	4248,5
11	655	3782,5	4155
12	645	3709,75	4061,5
13	635	3637	3968
14	625	3564,25	3874,5
15	615	3491,5	3781
16	605	3418,75	3687,5
17	595	3346	3594
18	585	3273,25	3500,5
19	575	3200,5	3407
20	565	3127,75	3313,5
21	555	3055	3220
22	545	2982,25	3126,5
23	535	2909,5	3033
24	525	2836,75	2939,5
25	515	2764	2846
26	505	2691,25	2752,5
27	495	2618,5	2659
28	485	2545,75	2565,5
29	475	2473	2472

30	465	2400,25	2378,5
31	455	2327,5	2285
32	445	2254,75	2191,5
33	435	2182	2098
34	425		
35	415		
36	405		
37	395		
38	385		
39	375		
40	365		
41	355		
42	345		
43	335		
44	325		
45	315		
46	305		
47	295		
48	285		
49	275		
50	265		
51	255		
52	245		
53	235		
54	225		
55	215		
56	205		
57	195		
58	185		
59	175		
60	165		
61	155		
62	145		
63	135		
64	125		
65	115		
66	105		
67	95		
68	85		
69	75		
70	65		

71	55		
72	45		
73	35		
74	25		
75	15		
76	5		
77	0		

Tabla 25. Modelo de edad profundidad del perfil PCZ2 Barrancas.

En rojo se marcan las fechas que fueron datadas.

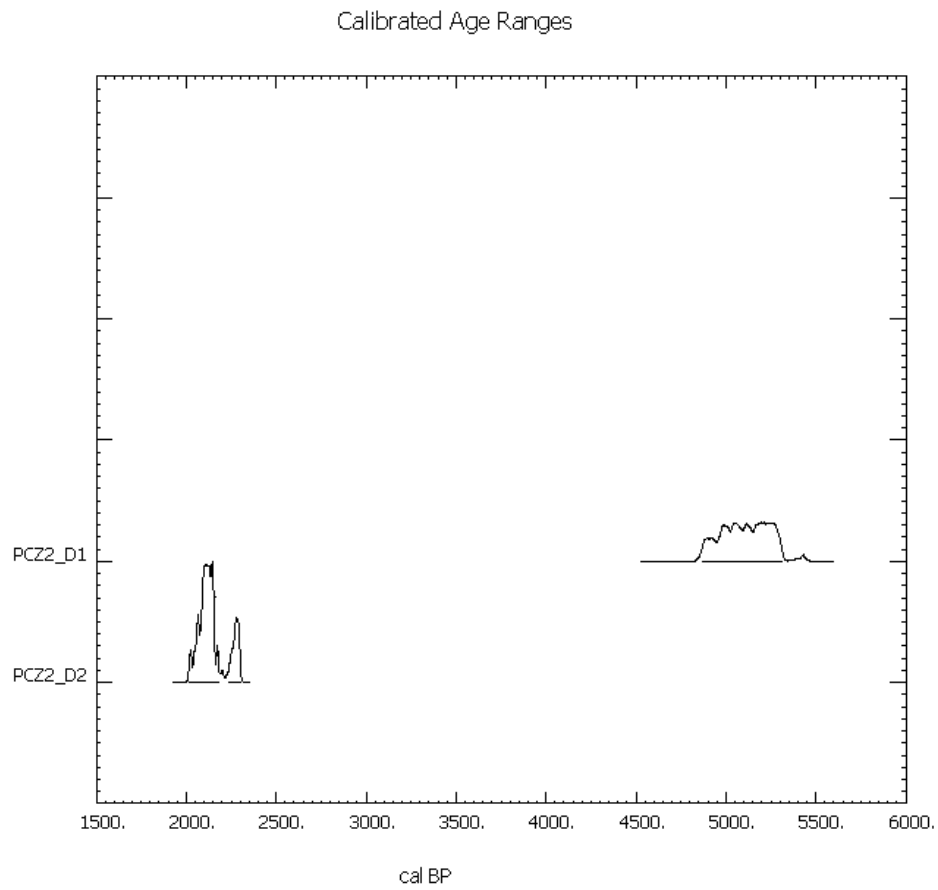


Figura 30. Edades calibradas del perfil Cruces 2.

EL TESTIGO CRUCES 1

El testigo sedimentario de Cruces 1 Barrancas (TC1) se encuentra a ° 18' S; W 66° 5 '12.9 "; 3682 m snm. Fue tomado sobre el actual cauce del río Barrancas, frente al perfil sedimentario PCZ2 (ver Fig. 31). La extracción del testigo se realizó en febrero de 2012, con la ayuda del Dr. Julio Kulemeyer y apoyo del personal de la UNJu para su traslado.

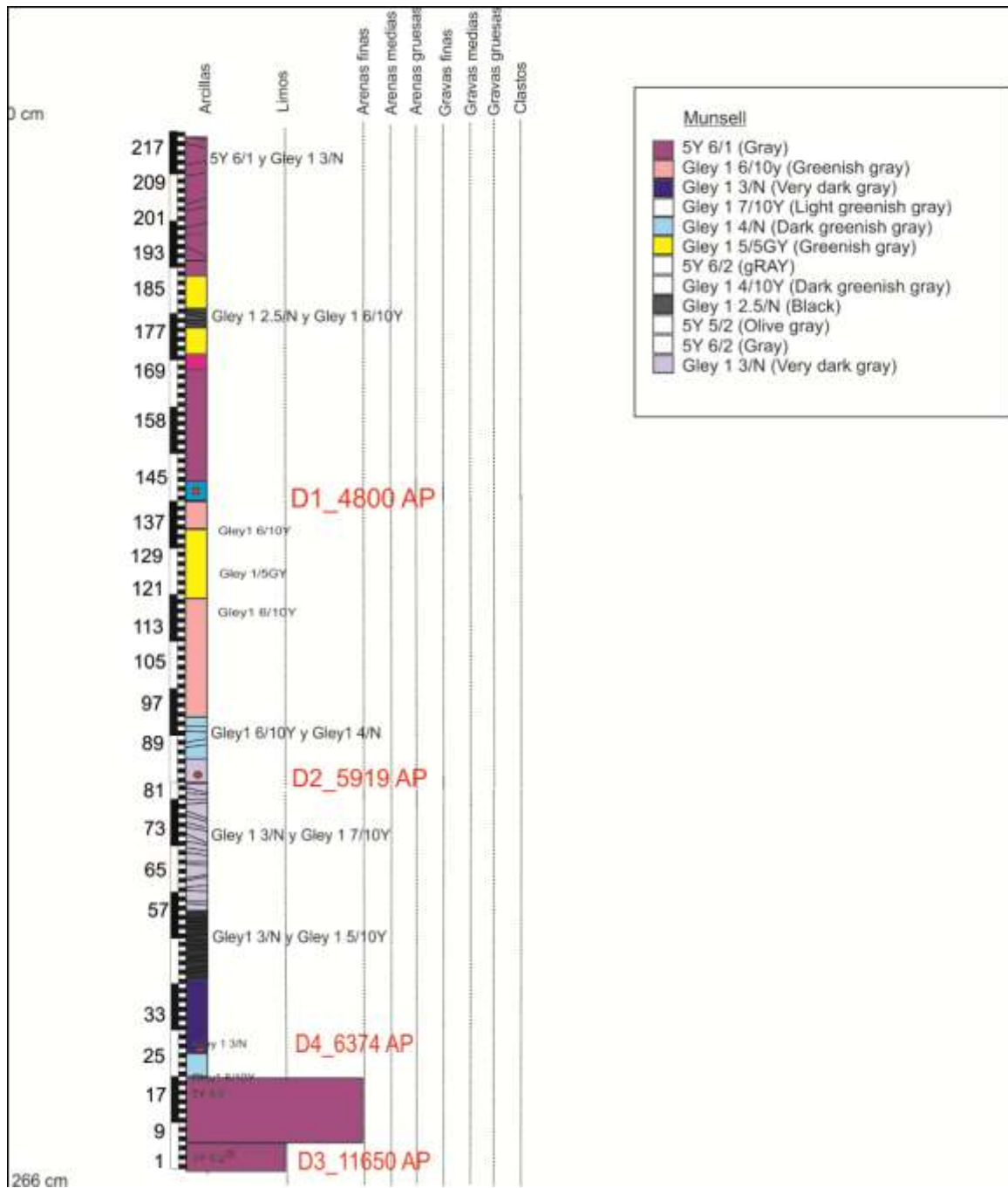


Figura 31. Representación del testigo sedimentario Cruces 1, muestreo realizado para polen. Los puntos rojos marcan las dataciones radiocarbónicas realizadas y los números a la izquierda de la escala de profundidad del testigo señalan la ubicación de las muestras de polen analizadas

El testigo comprende 2,66 m de profundidad y se seleccionaron un total 29 muestras, tomadas cada 8 cm.

El testigo está compuesto por dos facies sedimentarias. La primera se extiende desde la superficie hasta los 2 m. Son arcillas masivas y arcillas laminadas con materia orgánica, de color gley y grises. En esta facie es común la presencia de macrorestos vegetales. La segunda facie se sitúa en los 20 cm del testigo. Son arenas finas y limón. El contacto es de tipo erosivo porque hay un salto de edad de 11.650 a 6300 años AP.



Figura 32. A la izquierda: vista general de la ubicación del perfil sedimentario Cruces 2 y el testigo Cruces 1 Barrancas. A la derecha: momento de extracción del testigo Cruces 1.

Se tomaron cuatro muestras para estimar su cronología, que fueron datadas por el método de C14, aplicando la técnica de AMS (ver Tabla 26). También se calibraron las fechas con el programa Calib. Rev 7.0.2 (ver Fig. 33). Con estos datos se confeccionó un modelo de edad profundidad. La tasa de sedimentación es de 13,8 años/cm (15,27 años/cm cal.) entre 40 y 183 cm, y de 8,1 años/cm entre 183 y 246 cm (9,4 años/cm cal.).

En las condiciones en las que se encuentra el contacto erosivo entre 11.650 y 6374 años AP, se desconoce el hiato y, por esta razón, no se puede calcular fehacientemente una tasa de sedimentación para el tramo inferior del testigo. Posiblemente la presencia de arenas esté indicando una tasa de depositación más elevada que el tramo superior, donde dominan las arcillas.

Código Lab.	Cronología AP	Error	Profundidad	Cal. 2 sigmas	Punto medio
AA103187	11.650	62	265	13303-13564	13433
AA105235	6374	75	239	7025-7424	7224
AA103191	5919	42	183	6557-6797	6677
AA103192	4865	37	107	5470-5562	5516

Tabla 26. Fechas testigo Cruces 1.

Muestra	Profundidad	Modelo Cronología AP	Modelo cal. AP
M1	266	Pre 11.650	Pre 13.433
M2	265	11.650	13.433
M3	264	HIATO EROSIVO	
M4	263		
M5	262		
M6	261		
M7	260		
M8	259		
M9	258		
M10	257		
M11	256		
M12	255		
M13	254		
M14	253		
M15	252		
M16	251		
M17	250		
M18	249		
M19	248		
M20	247		
M21	246	6430,7	7289,8
M22	245	6422,6	7280,4
M23	244	6414,5	7271
M24	243	6406,4	7261,6
M25	242	6398,3	7252,2
M26	241	6390,2	7242,8
M27	240	6382,1	7233,4
M28	239	6374	7224
M29	238	6365,9	7214,6
M30	237	6357,8	7205,2
M31	236	6349,7	7195,8
M32	235	6341,6	7186,4

M33	234	6333,5	7177
M34	233	6325,4	7167,6
M35	232	6317,3	7158,2
M36	231	6309,2	7148,8
M37	230	6301,1	7139,4
M38	229	6293	7130
M39	228	6284,9	7120,6
M40	227	6276,8	7111,2
M41	226	6268,7	7101,8
M42	225	6260,6	7092,4
M43	224	6252,5	7083
M44	223	6244,4	7073,6
M45	222	6236,3	7064,2
M46	221	6228,2	7054,8
M47	220	6220,1	7045,4
M48	219	6212	7036
M49	218	6203,9	7026,6
M50	217	6195,8	7017,2
M51	216	6187,7	7007,8
M52	215	6179,6	6998,4
M53	214	6171,5	6989
M54	213	6163,4	6979,6
M55	212	6155,3	6970,2
M56	211	6147,2	6960,8
M57	210	6139,1	6951,4
M58	209	6131	6942
M59	208	6122,9	6932,6
M60	207	6114,8	6923,2
M61	206	6106,7	6913,8
M62	205	6098,6	6904,4
M63	204	6090,5	6895
M64	203	6082,4	6885,6
M65	202	6074,3	6876,2
M66	201	6066,2	6866,8
M67	200	6058,1	6857,4
M68	199	6050	6848
M69	198	6041,9	6838,6
M70	197	6033,8	6829,2
M71	196	6025,7	6819,8
M72	195	6017,6	6810,4
M73	194	6009,5	6801

M74	193	6001,4	6791,6
M75	192	5993,3	6782,2
M76	191	5985,2	6772,8
M77	190	5977,1	6763,4
M78	189	5969	6754
M79	188	5960,9	6744,6
M80	187	5952,8	6735,2
M81	186	5944,7	6725,8
M82	185	5936,6	6716,4
M83	184	5928,5	6707
M84	183	5919	6698
M85	182	5905,14	6682,73
M86	181	5891,28	6667,46
M87	180	5877,42	6652,19
M88	179	5863,56	6636,92
M89	178	5849,7	6621,65
M90	177	5835,84	6606,38
M91	176	5821,98	6591,11
M92	175	5808,12	6575,84
M93	174	5794,26	6560,57
M94	173	5780,4	6545,3
M95	172	5766,54	6530,03
M96	171	5752,68	6514,76
M97	170	5738,82	6499,49
M98	169	5724,96	6484,22
M99	168	5711,1	6468,95
M100	167	5697,24	6453,68
M101	166	5683,38	6438,41
M102	165	5669,52	6423,14
M103	164	5655,66	6407,87
m104	163	5641,8	6392,6
M105	162	5627,94	6377,33
M106	161	5614,08	6362,06
M107	160	5600,22	6346,79
M108	159	5586,36	6331,52
M109	158	5572,5	6316,25
M110	157	5558,64	6300,98
M111	156	5544,78	6285,71
M112	155	5530,92	6270,44
M113	154	5517,06	6255,17
M114	153	5503,2	6239,9

M115	152	5489,34	6224,63
M116	151	5475,48	6209,36
M117	150	5461,62	6194,09
M118	149	5447,76	6178,82
M119	148	5433,9	6163,55
M120	147	5420,04	6148,28
M121	146	5406,18	6133,01
M122	145	5392,32	6117,74
M123	144	5378,46	6102,47
M124	143	5364,6	6087,2
M125	142	5350,74	6071,93
M126	141	5336,88	6056,66
M127	140	5323,02	6041,39
M128	139	5309,16	6026,12
M129	138	5295,3	6010,85
M130	137	5281,44	5995,58
M131	136	5267,58	5980,31
M132	135	5253,72	5965,04
M133	134	5239,86	5949,77
M134	133	5226	5934,5
M135	132	5212,14	5919,23
M136	131	5198,28	5903,96
M137	130	5184,42	5888,69
M138	129	5170,56	5873,42
M139	128	5156,7	5858,15
M140	127	5142,84	5842,88
M141	126	5128,98	5827,61
M142	125	5115,12	5812,34
M143	124	5101,26	5797,07
M144	123	5087,4	5781,8
M145	122	5073,54	5766,53
M146	121	5059,68	5751,26
M147	120	5045,82	5735,99
M148	119	5031,96	5720,72
M149	118	5018,1	5705,45
M150	117	5004,24	5690,18
M151	116	4990,38	5674,91
M152	115	4976,52	5659,64
M153	114	4962,66	5644,37
M154	113	4948,8	5629,1
M155	112	4934,94	5613,83

M156	111	4921,08	5598,56
M157	110	4907,22	5583,29
M158	109	4893,36	5568,02
M159	108	4879,5	5552,75
M160	107	4865	5516
M161	106	4851,14	5500,73
M162	105	4837,28	5485,46
M163	104	4823,42	5470,19
M164	103	4809,56	5454,92
M165	102	4795,7	5439,65
M166	101	4781,84	5424,38
M167	100	4767,98	5409,11
M168	99	4754,12	5393,84
M169	98	4740,26	5378,57
M170	97	4726,4	5363,3
M171	96	4712,54	5348,03
M172	95	4698,68	5332,76
M173	94	4684,82	5317,49
M174	93	4670,96	5302,22
M175	92	4657,1	5286,95
M176	91	4643,24	5271,68
M177	90	4629,38	5256,41
M178	89	4615,52	5241,14
M179	88	4601,66	5225,87
M180	87	4587,8	5210,6
M181	86	4573,94	5195,33
M182	85	4560,08	5180,06
M183	84	4546,22	5164,79
M184	83	4532,36	5149,52
M185	82	4518,5	5134,25
M186	81	4504,64	5118,98
M187	80	4490,78	5103,71
M188	79	4476,92	5088,44
M189	78	4463,06	5073,17
M190	77	4449,2	5057,9
M191	76	4435,34	5042,63
M192	75	4421,48	5027,36
M193	74	4407,62	5012,09
M194	73	4393,76	4996,82
M195	72	4379,9	4981,55
M196	71	4366,04	4966,28

M197	70	4352,18	4951,01
M198	69	4338,32	4935,74
M199	68	4324,46	4920,47
M200	67	4310,6	4905,2
M201	66	4296,74	4889,93
M202	65	4282,88	4874,66
M203	64	4269,02	4859,39
M204	63	4255,16	4844,12
M205	62	4241,3	4828,85
M206	61	4227,44	4813,58
M207	60	4213,58	4798,31
M208	59	4199,72	4783,04
M209	58	4185,86	4767,77
M210	57	4172	4752,5
M211	56	4158,14	4737,23
M212	55	4144,28	4721,96
M213	54	4130,42	4706,69
M214	53	4116,56	4691,42
M215	52	4102,7	4676,15
M216	51	4088,84	4660,88
M217	50	4074,98	4645,61
M218	49	4061,12	4630,34
M219	48	4047,26	4615,07
M220	47	4033,4	4599,8
M221	46	4019,54	4584,53
M222	45	4005,68	4569,26
M223	44	3991,82	4553,99
M224	43	3977,96	4538,72
M225	42	3964,1	4523,45
M226	41	3950,24	4508,18
M227	40	3936,38	4492,91

Tabla 27. Modelo de edad profundidad del TC1 Barrancas. En rojo se marcan las fechas que fueron datadas.

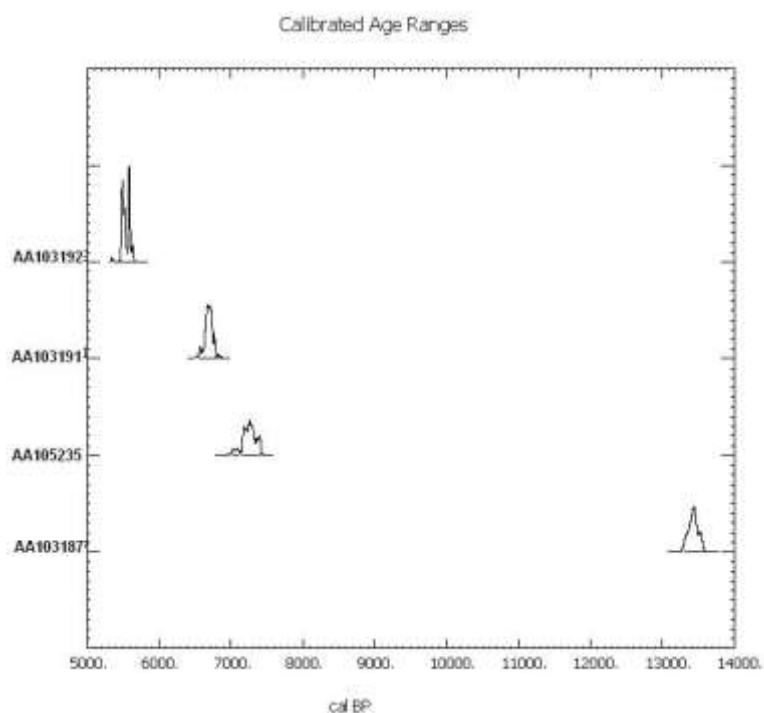


Figura 33. Edades calibradas del testigo Cruces 1 realizadas con el programa Calib Rev 7.0.2, utilizando la curva de calibración para el hemisferio sur.

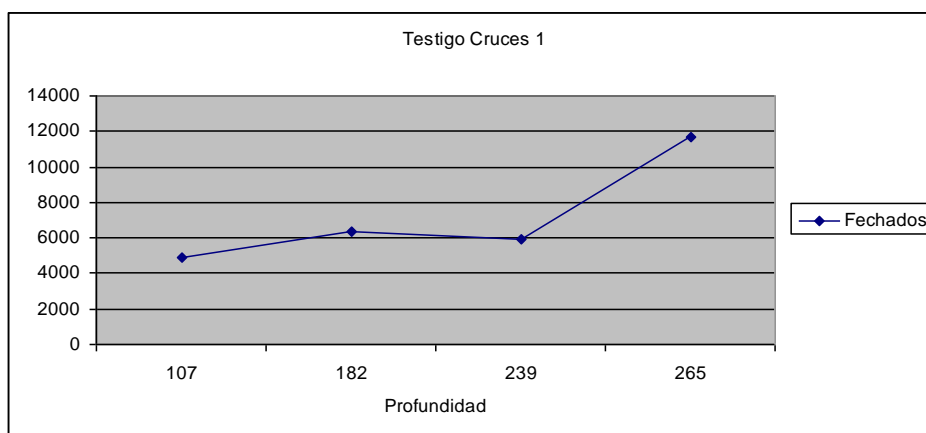


Figura 34. Interpolación lineal entre las fechas obtenidas del Testigo Cruces 1. Eje x: profundidad, eje Y: cronología años AP.

A MODO DE CONCLUSIÓN

Se han podido detallar las principales características de las secuencias sedimentarias analizadas: su ubicación geográfica, el contexto ambiental en el que se encuentran y el área de captación de la cuenca. Asimismo, se ha descrito y justificado el muestreo efectuado en cada caso, los fechados obtenidos y los modelos cronológicos realizados.

CAPÍTULO 10

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de los análisis polínicos de las muestras de superficie actuales y los obtenidos de las secuencias sedimentarias (fósiles) en las tres localidades de estudio: Lapao, Pastos Chicos y Barrancas.

En el caso de los estudios actuales, se procede a exponer los resultados del relevamiento de la vegetación y el polen, así como de la relación entre ambos.

POLEN Y VEGETACIÓN ACTUAL: CENSOS Y PUNTOS DE MUESTREO

DESCRIPCIÓN DE LOS CENSOS Y PUNTOS DE MUESTREO DE POLEN DE SUPERFICIE

Se presenta a continuación una tabla con número, ubicación y fecha de muestreo de los censos de vegetación y polen realizados, así como de los puntos de muestreo de polen de superficie donde solo se registró el polen (ver Tablas 28 y 29).

Censos de vegetación y polen de superficie				
N° censo	Descripción	Localidad	Época de muestreo	Altura
1	Pendiente pedregosa Demetria 1	Susques	Dic-11	3700
2	Pendiente pedregosa Demetria 2	Susques	Dic-11	3700
3	Quebrada Lateral Lapao	Susques	Dic-11	3650
4	Duna	Susques	Dic-11	3700
5	Orilla –Cercana a Huancar	Pastos Chicos	Dic-11	3720
6	Ladera –Cercana a Huancar	Pastos Chicos	Dic-11	3720
7	Cercana al Antigal	Barrancas	Dic-12	3712
8	C2	Barrancas	Dic-12	3680
9	C3	Barrancas	Dic-12	3656
10	C4	Barrancas	Dic-12	3650
11	C1	Barrancas	Dic-12	3688
12	Quebrada Lateral	Barrancas	Mar-12	3698
13	Margen derecha	Barrancas	Mar-12	3693
14	Margen izquierda	Barrancas	Mar-12	3636
15	Puesto Rulo planicie	Barrancas	Mar-14	3699
16	Segunda lomada	Barrancas	Mar-14	3700
17	Sobre antigal	Barrancas	Mar-14	3700
18	PCH perfil planicie	Pastos Chicos	Mar-14	3770
19	PCH perfil planicie 2	Pastos Chicos	Mar-14	3770
20	Frente a Trono del Inca	Barrancas	Mar-14	3700

21	Cercana al pueblo	Barrancas	Mar-14	3600
22	Aguas arriba derecha	Barrancas	Mar-14	3821
23	Aguas arriba izquierda	Barrancas	Mar-14	3824
24	Cementerio	Barrancas	Mar-14	3600
25	Quebrada El Tío	Susques	Mar-14	3643
26	Quebrada Lateral Lapao	Susques	Mar-14	3623
27	Planicie lejano	Pastos Chicos	Mar-14	3753
28	Planicie lejano 2	Pastos Chicos	Mar-14	3758
29	Laguna Ana	Laguna Ana	Mar-14	4100
30	Laguna Ana	Laguna Ana	Mar-14	4100
31	Tuzgle ladera	Tuzgle	Mar-14	4200
32	Tuzgle vega	Tuzgle	Mar-14	4200
33	Taire	Taire	Mar-14	4000

Tabla 28. Detalle del número, nombre, localidad, fecha de relevamiento y posición altitudinal de cada uno de los censos de vegetación y polen de superficie estudiados.

A los censos presentados, se suman puntos específicos de muestreo, donde se recolectó sedimento para análisis polínicos, aunque no se censó la vegetación, sino que solo se tomó nota de las especies dominantes observadas.

Puntos de muestreo de polen de superficie				
N °	Descripción	Localidad	Época de muestreo	Altura
P1	PPUNO DIC 2012	Barrancas	Dic-12	3828
P2	PPDOS DIC 2012	Barrancas	Dic-12	3830
P3	PPTRES DIC 2012	Barrancas	Dic-12	3727
P4	CENSO 2 FEBRERO 2013	Barrancas	Feb-13	3705
P5	CENSO 3 FEBRERO 2013	Barrancas	Feb-13	3689
P6	CENSO 4 FEBRERO 2013	Barrancas	Feb-13	3643
P7	ÁRBOLES	Barrancas	Feb-13	3602
P8	PREPUEBLO	Barrancas	Feb-13	3577
P9	CENSO 1 FEBRERO 2013	Barrancas	Feb-13	3529
P10	PERFIL TRONO	Barrancas	Dic-12	3658
P11	PERFIL PUEBLO	Barrancas	Mar-12	3614
P12	PALUSTRE	Barrancas	Mar-12	3612
P13	PBPUEBLO TRES	Barrancas	Mar-12	3608
P14	P PUEBLO DOS	Barrancas	Mar-12	3613
P15	VEGA PUEBLO 2012	Barrancas	Dic-12	3610
P16	VEGA PUEBLO	Barrancas	Dic-12	3613
P17	VEGA CRUCES2012	Barrancas	Dic-12	3672

P18	VEGA CRUCES 2014	Barrancas	Dic-12	3690
P19	VEGA PASTOS CHICOS LEJANO	Pastos Chicos	Mar-14	3750
P20	VEGA PASTOS CHICOS PERFIL	Pastos Chicos	Mar-14	3774
P21	VEGA RULO 2 PENDIENTE	Barrancas	Mar-14	4000
P22	VEGA RULO PLANICIE	Barrancas	Mar-14	3689
P23	VEGA TUZGLE	Tuzgle	Mar-14	4200
P24	VEGA DEMETRIA	Susques	Dic-11	3690
P25	VEGA DEMETRIA	Susques	Dic-11	3682
P26	VEGA QUEBRADA LATERAL	Susques	Dic-11	3649
P27	CORRAL 1- QUEBRADA LATERAL	Susques	Dic-11	3678
P28	CORRAL DOS-DEMETRIA	Susques	Dic-11	3669
P29	PBP POLEN	Barrancas	Dic-12	3610
P30	TRONO DEL INCA	Barrancas	Dic-12	3670

Tabla 29. Detalle del número, nombre, ubicación y época de relevamiento de los puntos de muestreo de polen de superficie.

Relación polen-vegetación

Como primer paso, se realizó un análisis exploratorio de la relación polen-vegetación por censo y punto de muestreo, a través de la representación de los valores porcentuales en gráficos de torta. Este análisis permitió observar que no había una relación directa y que era necesario profundizar el estudio (ver Anexo 1).

ÍNDICES DE ASOCIACIÓN Y REPRESENTACIÓN

De acuerdo con Bunting (2003), fueron identificados cinco grupos a partir de la aplicación del índice de Davis (1984) de asociación, sub y sobre-representación (ver Tabla 30). Los taxa *fuertemente asociados* tienen valores de A de 0,75 y moderados valores de O. Los taxa *asociados* tienen valores de A entre 0,5 y 0,75 con moderados valores de O y U. Los taxa con valores de A menores a 0,5 pueden ser divididos en tres grupos. Tipos *sobre-representados* tienen bajos valores de A, altos valores de O y valor cero de U. Los tipos *débilmente asociados* presentan bajos valores de A y relativamente altos valores de O y U. Por último, los tipos *no asociados* tienen cero valor de A y altos valores de O y U.

La producción, la emisión, el transporte, la difusión y el depósito de polen dentro de la atmósfera están relacionados a distintas variables meteorológicas, especialmente el viento, la turbulencia, la temperatura de las capas bajas de la atmósfera, la humedad relativa y la precipitación. Son relativamente pocos los estudios realizados en cuanto al transporte y la dispersión de polen (Sutton 1953, Tauber 1965, Raynor *et al.* 1972, Mandrioli *et al.* 1978), ya que, además de la compleja caracterización de esos movimientos atmosféricos, la emisión del

polen depende de las condiciones meteorológicas previas, características de la planta y estado fenológico (Gassmann *et al.* 2002).

Una breve explicación de los agentes polinizadores que intervienen en la representación de los tipos polínicos puede colaborar a la interpretación de los resultados obtenidos. Básicamente, la polinización puede ser abiótica o biótica. A su vez, la polinización abiótica puede ser anemófila (en el viento) o hidrófila (en el agua). La anemofilia ocurre con mayor frecuencia en regiones templadas a frías más que en las subtropicales o tropicales. Las especies con este tipo de polinización se denominan “anemógamas”. En esta clase, el número de óvulos se reduce a uno por flor, los estigmas pueden ser plumosos, grandes y divididos, los estambres producen un polen característico muy abundante, faltan los nectarios y el perianto es escaso o nulo. Mientras que la hidrofilia puede producirse en la superficie del agua o dentro del medio acuoso. En el primer caso, el grano de polen flota hasta que encuentra algún estigma. El segundo grupo parece estar reducido a ciertos números de casos particulares. En cuanto a la polinización biótica, esta depende de agentes polinizadores. Uno de los tipos principales de polinización biótica es la entomófila, que es la que se realiza por intermedio de los insectos. Estos se acercan a las flores en procura de alimentos y actúan como los agentes más eficaces de la polinización cruzada (Barth 1985).

TAXA	s1	c1	s2	c2	S3	c3	S4	c4	C5	s5	c6	s6	c7	s7	c8	s8	c9	s9	c10	s10
Amaranthaceae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
Asteraceae	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Alnus acuminata</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
Cactaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Chenopodiaceae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1
Ephedraceae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0
Poaceae	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Solanaceae	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
Verbenaceae	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Portulacaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malvaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

c11	S11	s12	c12	s13	c13	c14	s14	C15	s15	s16	c16	s18	c18	s24	c24	s25	c25
0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1
0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0

0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

s27	C27	c28	s28	c32	s32	c33	s33	B0	P0	P1	OVER	UNDER	ANALOG
1	0	0	1	1	1	0	0	1	16	0	0.9	0.0	0.1
1	0	1	1	1	1	1	1	15	8	2	0.3	0.1	0.6
0	0	0	0	0	1	0	0	0	11	0	1.0	0.0	0.0
0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	6	0.5	0.9	0.1
1	0	0	0	0	1	0	0	0	14	0	1.0	0.0	0.0
0	0	0	1	0	0	0	0	1	13	0	0.9	0.0	0.1
1	0	0	1	1	1	1	1	9	12	2	0.6	0.2	0.4
0	1	1	1	0	0	0	1	8	2	9	0.2	0.5	0.4
0	0	1	0	0	0	0	0	4	2	10	0.1	0.7	0.3
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.0	1.0	0.0
0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	1.0	0.0	0.0

Tabla 30. Índices de asociación y/o representación de los tipos polínicos pertenecientes a las muestras polínicas de superficie y los censos de vegetación de la localidad.

Débil asociación: *Solanaceae* y *Verbenaceae*

Esta débil asociación de las especies de la familia *Solanaceae* podría explicarse por la morfología de la flor. Las flores son perfectas, actinomorfas o ligeramente zigomorfas, están dispuestas en racimos, también pueden ser solitarias y suelen tener los estambres libres. Esta última característica permite explicar la dispersión acotada. Generalmente son entomófilas, lo cual justifica la débil asociación observada.

En cuanto a las especies de la familia *Verbenaceae*, son generalmente entomófilas, justificando su baja dispersión y representación polínica. Dentro de esta familia, se han detectado las especies *Acantholipia salsoloide*, y *Junellia sp.*

Sobrerrepresentadas: *Poaceae*, *Ephedraceae*, *Alnus acuminata*, *Malvaceae*, *Chenopodiaceae* y *Amaranthaceae*

Las taxa sobrerrepresentadas registradas son todas del tipo anemófilas, cuya dispersión polínica depende de la acción del viento, produciendo una alta representación. Debe tenerse en cuenta también el tamaño de los granos de polen para la dispersión anemófila. Estos son pequeños y por eso pueden mantenerse en suspensión tanto tiempo (*Poaceae* 20-40 um, *Ephedrae ca.* 20

um, Chenopodiaceae 10-20 um, Amaranthaceae 10-20 um, *Alnus acuminata* 20 um). Esto se puede ejemplificar claramente en el caso de *Alnus acuminata*, un tipo polínico proveniente de larga distancia (bosque superior o montano de las Yungas).

No asociación: Cactaceae y Portulacaceae

La familia Cactaceae posee una dispersión polínica del tipo zoófila, que depende principalmente de la acción de agentes como los insectos y aves. Estas especies tienen garantizada su polinización, ya que a pesar de que producen pocas cantidades de polen, sus granos son de tamaño grande (entre 80 y 100 um) y generalmente sedimentan a corta distancia de la fuente.

Asociación: Asteraceae

La familia Asteraceae posee una dispersión del tipo entomófila (ej, *Baccharis spp.* y *Nardophyllum spp.*). Sus ejemplares producen grandes cantidades de polen pero no se dispersan largas distancias.

TAXA	REPRESENTACIÓN	POLINIZACIÓN	TAMAÑO GRANO
Amaranthaceae	Sobrerrepresentado	Anemófila	Pequeño
Asteraceae	Asociación	Entomófila	Pequeño
<i>Alnus acuminata</i>	Sobrerrepresentado	Anemófila	Pequeño
Cactaceae	Sobrerrepresentado	Zoófila	Grande
Chenopodiaceae	Sobrerrepresentado	Anemófila	Pequeño
Ephedraceae	Sobrerrepresentado	Anemófila	Pequeño
Poaceae	No asociación	Anemófila	Pequeño
Solanaceae	Débil	Entomófila	Pequeño
Verbenaceae	Débil	Entomófila	Pequeño
Portulacaceae	No asociación	Zoófila	Grande
Malvaceae	Sobrerrepresentado	Anemófila	Pequeño

Tabla 31. Posibles causas de la representación de la vegetación en los tipos polínicos (tipo de polinización y tamaño de grano).

ANÁLISIS CLÚSTER DE CENSOS DE VEGETACIÓN

A partir del análisis de componentes principales (cluster de agrupamiento restringido con el programa coniss) con los datos obtenidos del relevamiento de la vegetación actual de los 33 censos, se discriminaron dos grandes grupos polínicos. Esta diferenciación se basa en los altos porcentajes de Asteraceae y Poaceae. A estos se suma un tercer grupo que se diferencia por altos valores de la especie *Aristida adscensionis* (Poaceae).

Los censos (29, 33, 30, 27, 32, 3, 28, 3, 25, 12 y 5) del grupo 1 A engloban a aquellos en los que domina Poaceae fueron realizados por arriba de los 4000 m snm, donde predomina la estepa herbácea o pastizal altoandino (Cabrera 1976).

Los censos del grupo 1 B, con presencia de *Aristida adscensionis* (8, 10 y 7), se realizaron a fines de marzo, cuando dominan las especies de hierba perenne pero los arbustos ya no están en flor. *Aristida adscensionis* es una Poaceae que domina las muestras tomadas en el marco de una vegetación dominante de una estepa arbustiva (entre 3600-3800 m snm) luego de la estación de lluvia (principios de abril). Si se elimina esta especie, el programa automáticamente incorpora estas muestras al grupo de la estepa arbustiva. Por último, el grupo 2 incluye los censos dominados por las Asteraceas (4, 18, 14, 15, 11, 24, 13, 16, 25 y 12) se ubican todos en el piso altitudinal de la estepa arbustiva puneña entre 3600-3900 m snm (ver Fig. 34).

También debe distinguirse el censo 20, que presenta altos valores de indicadores de impacto antrópico (en este caso *Gutierrezia sp.*), que fue realizado en una lomada cerca del pueblo de Susques, donde se extrae el material para la confección de ladrillos y está fuertemente impactado por la acción humana.

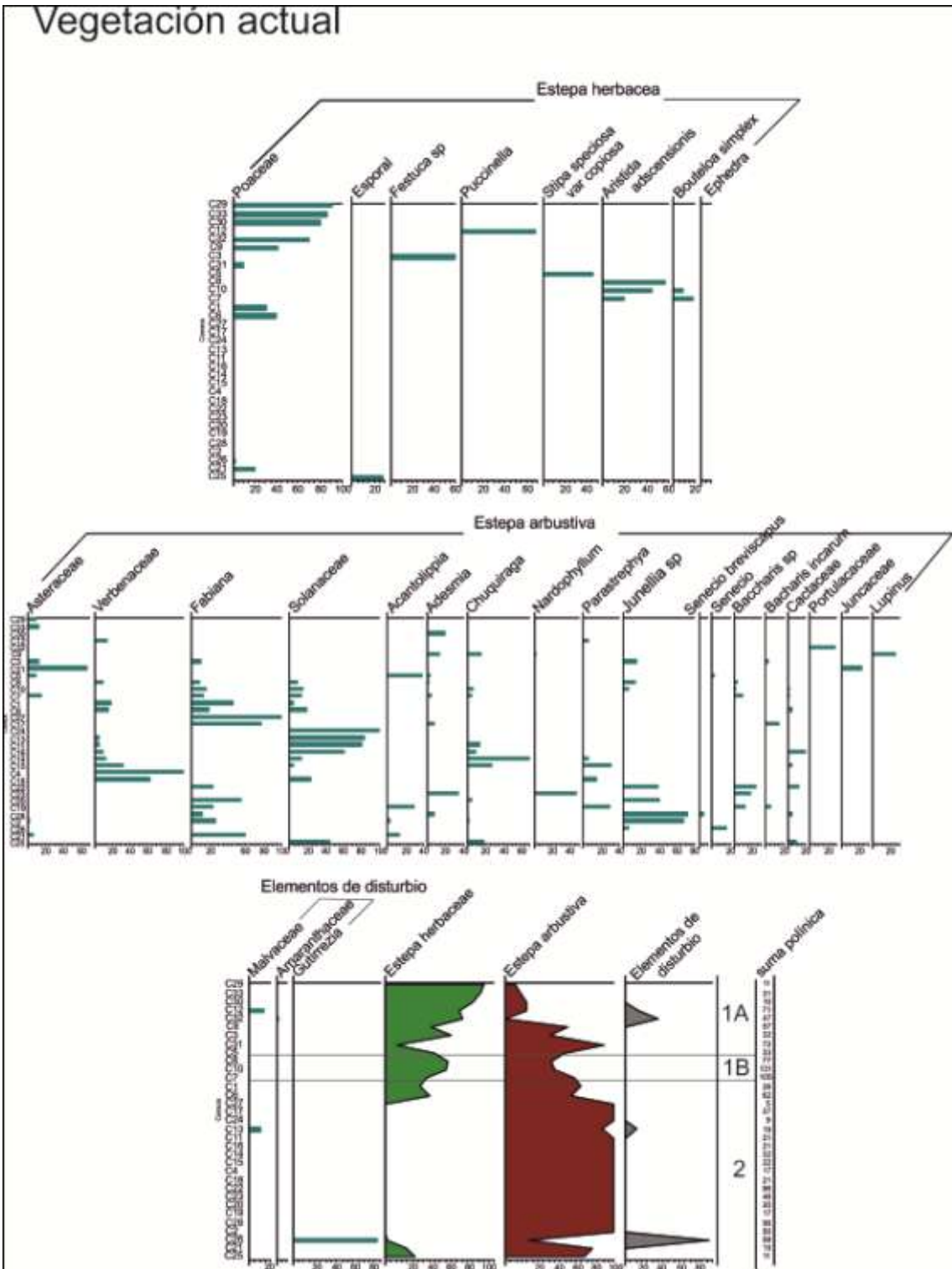


Figura 35. Diagrama polínico de la vegetación actual.

MAPAS DE VEGETACIÓN

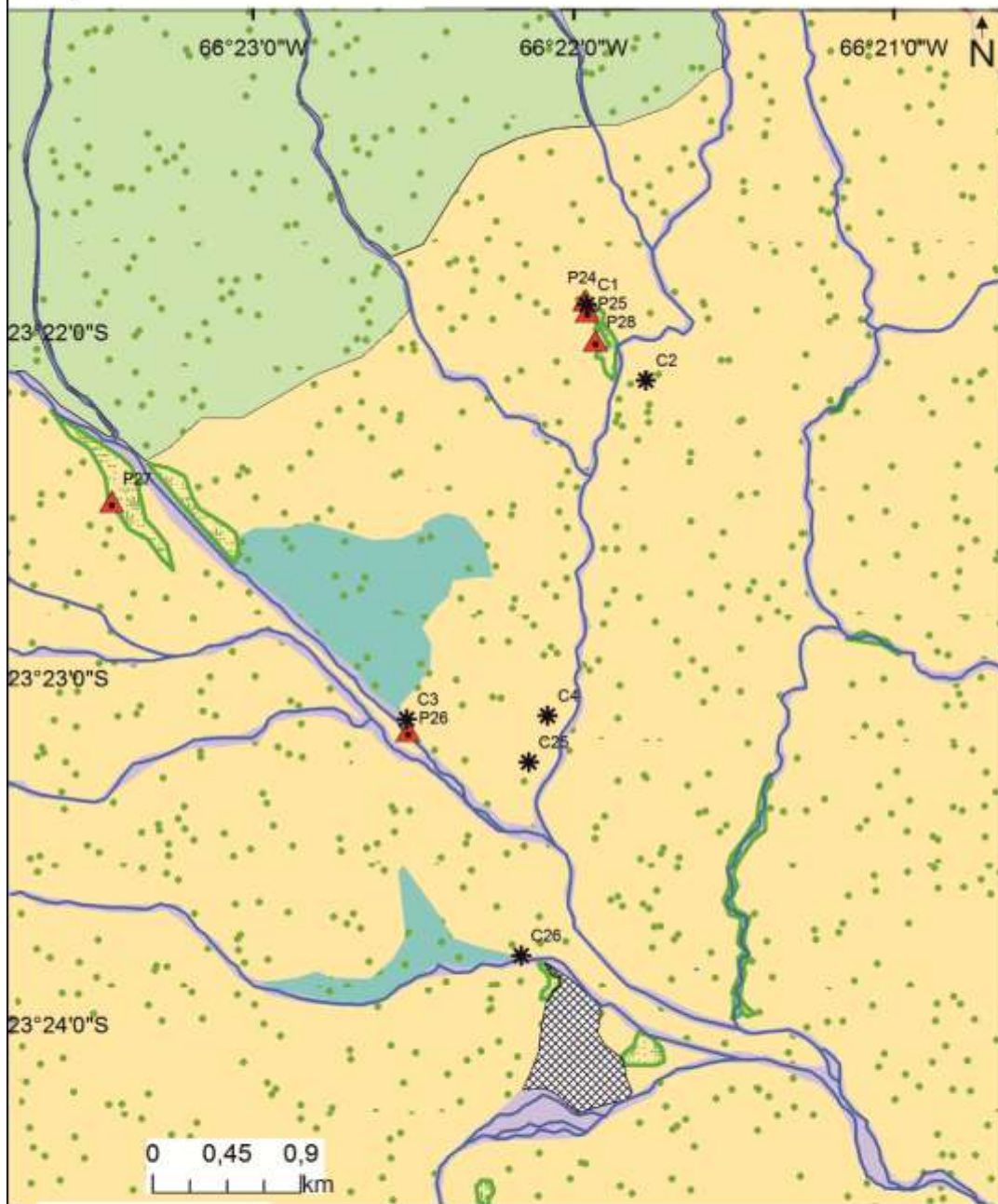
Como resultado de la confección de los mapas de vegetación para las tres localidades de estudio, se discriminaron las siguientes unidades geomórficas: basamento rocoso, bloque elevado tectónicamente (de basamento rocoso), *plateau* ignimbrítico, afloramiento ignimbrítico, afloramiento tobáceo, bajada pedemontana, abanico aluvial, terraza aluvial, sedimentos aluviales, y relleno sedimentario reciente. En cuanto a la vegetación, se discriminaron, en función de las recorridas de prospección en campo, relevamientos florísticos y censos de vegetación, formaciones de estepa herbácea, arbustiva, pastizal y vegas. En el mapa se pueden observar las vegas marcadas con un símbolo rojo, los censos en que dominan las herbáceas con un círculo verde; con un cuadrado violeta, en los que dominan las arbustivas; y con un triángulo rojo el único censo realizado sobre una duna.

Lapao



Figura 36. Imagen satélital de la localidad de Lapao en el Departamento de Susques. Los triángulos rojos señalan los puntos de muestreo de polen de superficie y los asteriscos negros, los censos de vegetación-polen relevados.

Lapao



Referencias

- | | |
|------------------|-------------------------------|
| cursos agua | bajada pedemontana |
| Pueblo | Sedimentos aluviales |
| estepa arbustiva | plateau ignimbrítico |
| vega | relleno sedimentario reciente |

Figura 37. Mapa de vegetación y geomorfología de la localidad de Lapao, Depto. Susques.

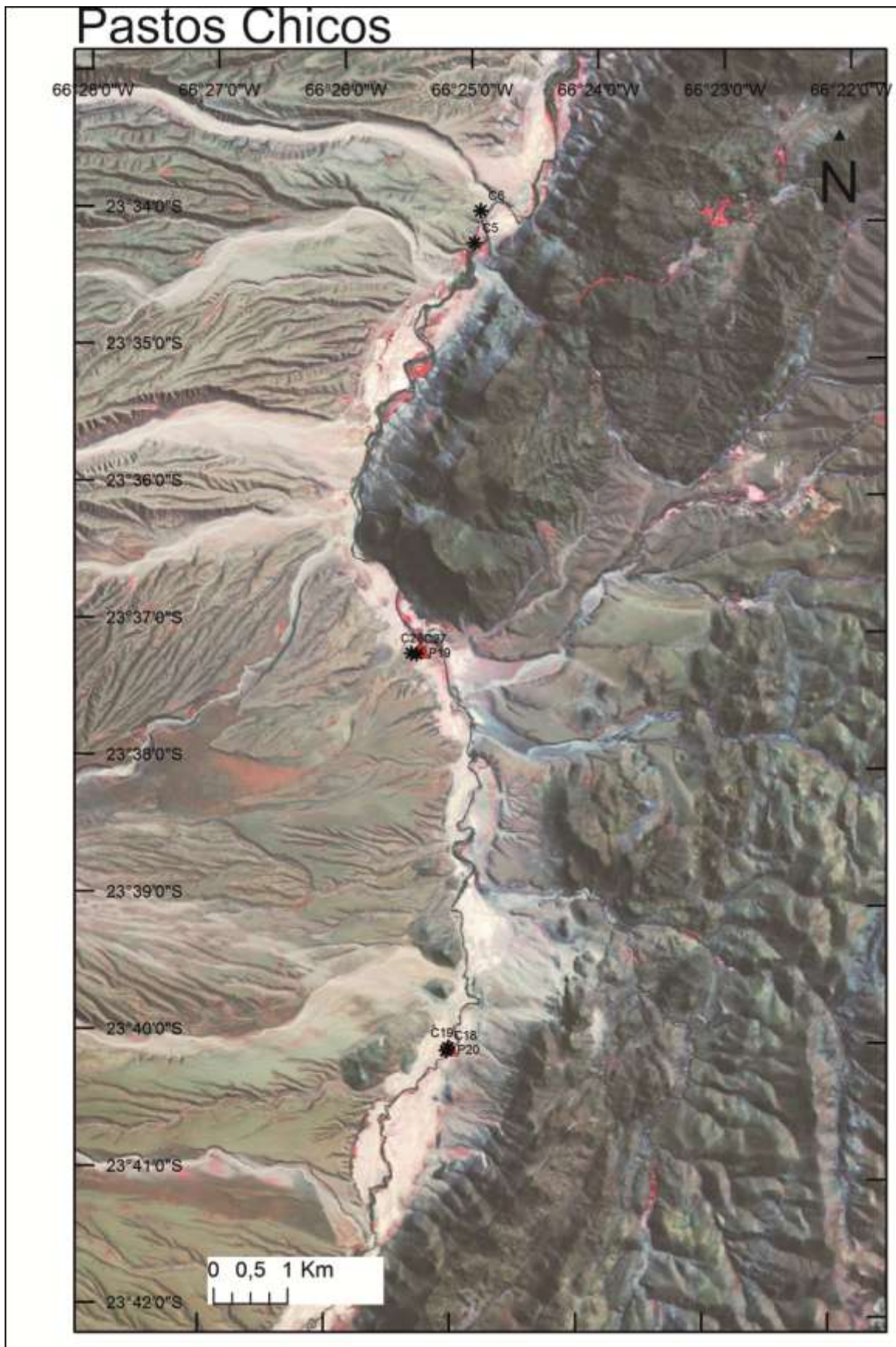
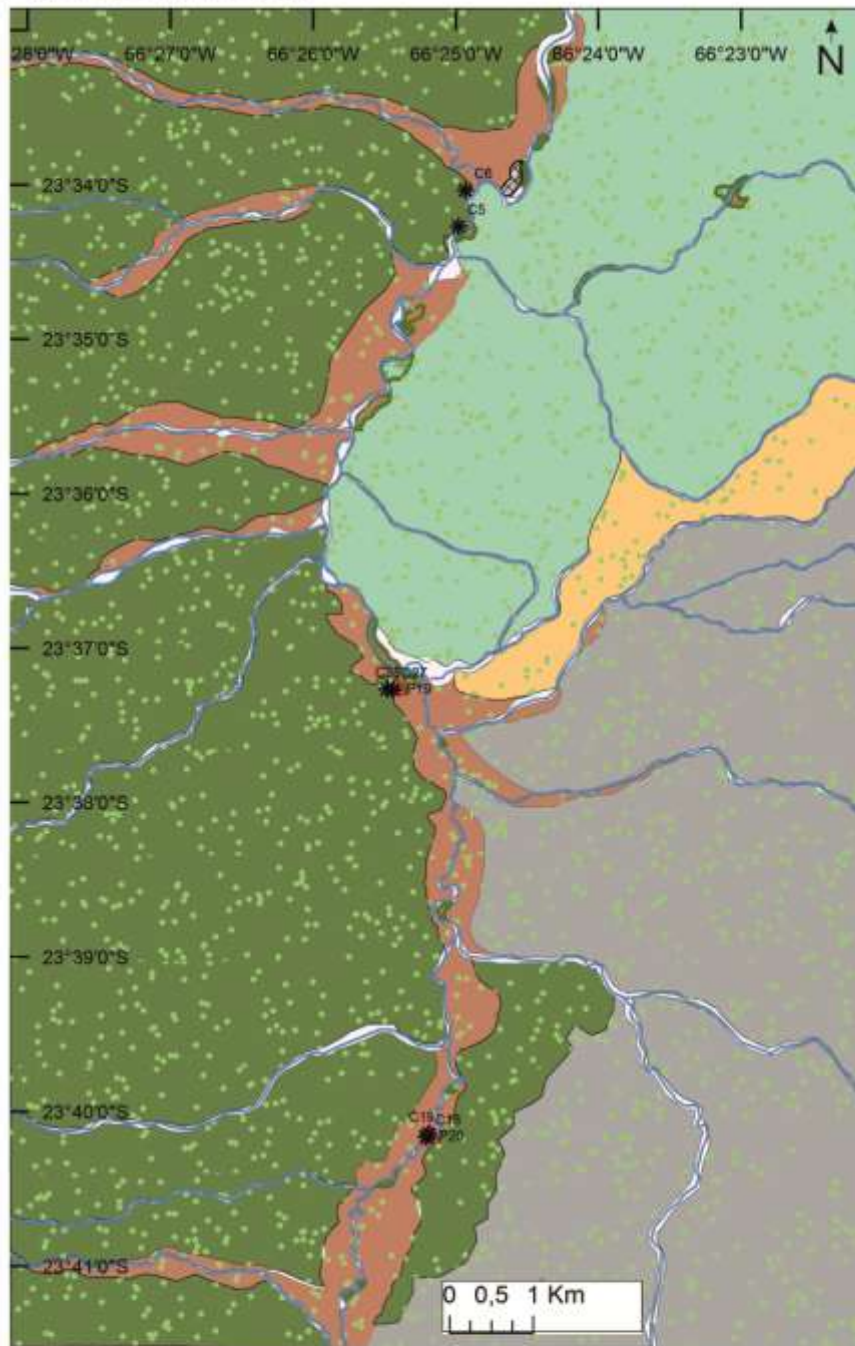


Figura 38. Imagen satelital de la localidad de Pastos Chicos, Depto. Susques. Los triángulos rojos señalan los puntos de muestreo de polen de superficie y los asteriscos negros, los censos de vegetación-polen relevados.

Pastos chicos



Referencias

- | | |
|--|---|
|  estepa arbustiva |  abanico aluvial |
|  pastizal |  bajada pedemontana |
|  pueblo |  basamento rocoso |
|  vega |  bloque elevado tectonicamente |
|  terraza aluvial |  Sedimentos aluviales |
|  cursos de agua | |

Figura 39. Mapa de vegetación y geomorfología de la localidad de Pastos Chicos, Depto. Susques.



Figura 40. Imagen satélital de la localidad de Barrancas, Depto. de Cochinocha. Los triángulos rojos señalan los puntos de muestreo de polen de superficie y los asteriscos negros, los censos de vegetación-polen relevados.

Barrancas



Referencias

-  estepa arbustiva
-  pastizal
-  vega
-  árboles
-  Afloramiento tobaceo
-  Pueblo
-  Sedimentos aluviales
-  abanico aluvial
-  afloramiento ignimbrítico
-  bajada pedemontana
-  basamento rocoso
-  material bajada e ignimbritas
-  terraza aluvial

Figura 41. Mapa de vegetación y geomorfología de la localidad de Barrancas, Depto. Cochino.

POLEN ACTUAL A ESCALA REGIONAL

Se realizó el análisis de agrupamiento restringido (*Cluster Analysis*) con las 28 muestras de polen actual de superficie, aplicando distancias euclidianas (ver Fig. 41).

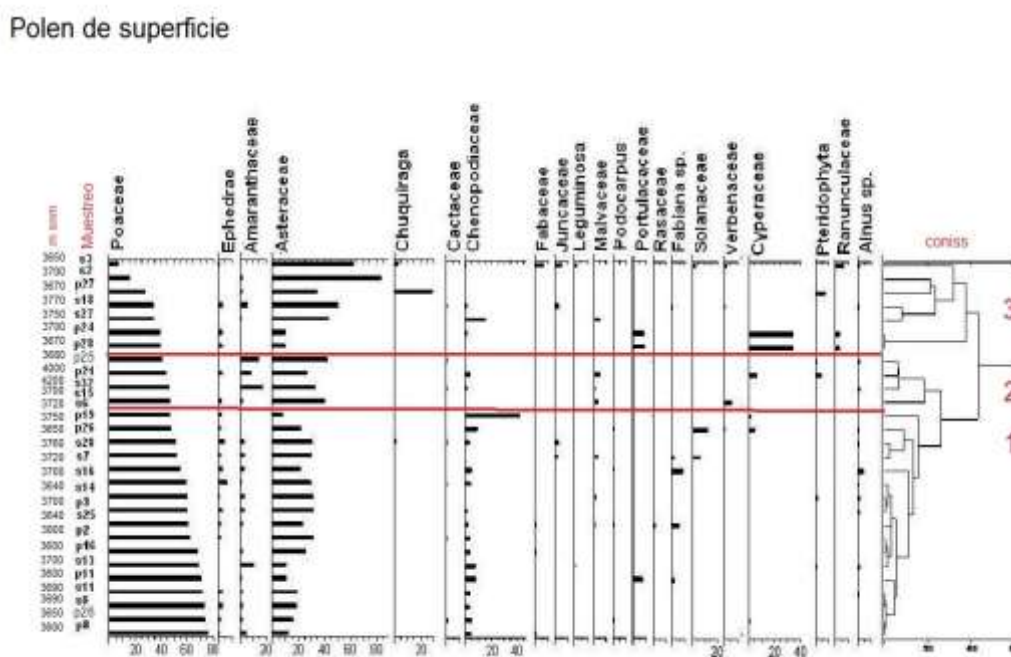


Figura 42. Diagrama polínico de las muestras de polen de superficie.

Los conjuntos polínicos de las muestras de superficie regionales evidencian que los principales tipos polínicos que caracterizan el gradiente altitudinal están representados (estepa herbácea y estepa arbustiva). El análisis CONISS ha permitido discriminar tres grandes grupos. El grupo 1 se caracteriza por una alta proporción de Poaceae, el grupo 2 se diferencia por valores similares de Poaceas y Asteraceas, seguido de Cyperaceas y acompañado de elementos – dependiendo el caso y las asociaciones polínicas observadas– relacionados a actividades de impacto como Chenopodiaceas y Amaranthaceas. El grupo 3 se diferencia por el dominio de las Asteraceas.

El grupo 1 está conformado por muestras tomadas de Pastos Chicos y Lapao (situados en la misma cota altitudinal aunque el área de captación de cada una de las cuencas es distinta) con altos valores de Asteraceas, bajos de Poaceas. Las muestras P24 y 28, correspondientes a vegas, se separan en un subgrupo debido a sus altos valores de Cyperaceas. Debido a su proximidad al grupo 2, se incluyen estas muestras en este segundo grupo, que en su totalidad corresponde a muestras de vegas (vega Rulo, vega Tuzgle y dos vegas cercanas al pueblo de

Barrancas). Por la presencia de especies de Chenopodiaceas y Amaranthaceas (> 5%) (Lupo 1998), se puede decir que son vegas impactadas (pastoreo de animales en las vegas y presencia humana) (Lupo 1998). Dentro del grupo 3, también se distinguen dos muestras de vegas (P19-Vega Pastos Chicos y P26-Vega Quebrada Lateral Lapao, Susques) con altos valores de Poaceas y Chenopodiaceas que, al igual que en el caso anterior, fueron incorporadas al grupo 2. El grupo 3 engloba la mayor parte de las muestras de estepa arbustiva de diferentes localidades de estudio.

A grandes rasgos, los tres grupos representan las principales formaciones vegetacionales del área: estepa arbustiva, estepa herbácea y vegas.

DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS POLÍNICO DE SECUENCIAS FÓSILES

LAPAO 2

En total se identificaron 20 taxa.

La secuencia sedimentaria está dominada por las Poaceas, salvo en el caso de las muestras datadas entre 1696-1744 cal. DC, en donde dominan las Cyperaceas.

El análisis cluster distingue dos zonas principales, que a su vez se dividen en sub zonas que se detallan a continuación.

Zona 1 (1538-1744 cal. DC)

Zona 1A (1538-1665 cal. DC)

Esta sección muestra valores altos de la familia Poaceae (30-80%), seguido de Asteraceae (menor al 20%), Chenopodiaceae (menor al 20%) y Cyperaceae (menor al 10%)

Zona 1B (1681-1744 cal. DC)

Se evidencia un decrecimiento de los valores de Poaceae (5-50%) y aumento de Cyperaceae (50-60%). También se destaca la única muestra de la secuencia que detecta un pico de altos valores de Fabaceae (70%) hacia 1639 DC cal.

Zona 2 (1760-1966 cal. DC)

Está representada por Poaceae 40-80%, Asteraceae 5-30%, Pteridophytas y Cyperaceas menor al 10%. Chenopodiaceae y Malvaceae en bajas proporciones.

Zona 2 A (1760-1919 cal. DC): nuevamente dominan las especies de la estepa herbácea, seguida de las arbustivas y bajos valores de indicadores de humedad local.

Zona 2 B (1966 cal. DC): se diferencia por el descenso de especies de la estepa herbácea y aumento de los indicadores de humedad local.

El cálculo de concentración polínica evidencia un aumento entre 1760-1966 cal. DC, y más acentuado entre 1887 y 1919 cal. DC. Este periodo se corresponde con la zona 1, dominada por Poaceae. Esto es consistente con la alta producción polínica de esta familia. Se destaca el decrecimiento nuevamente de los valores de concentración polínica hacia ca. 1966 cal. DC.

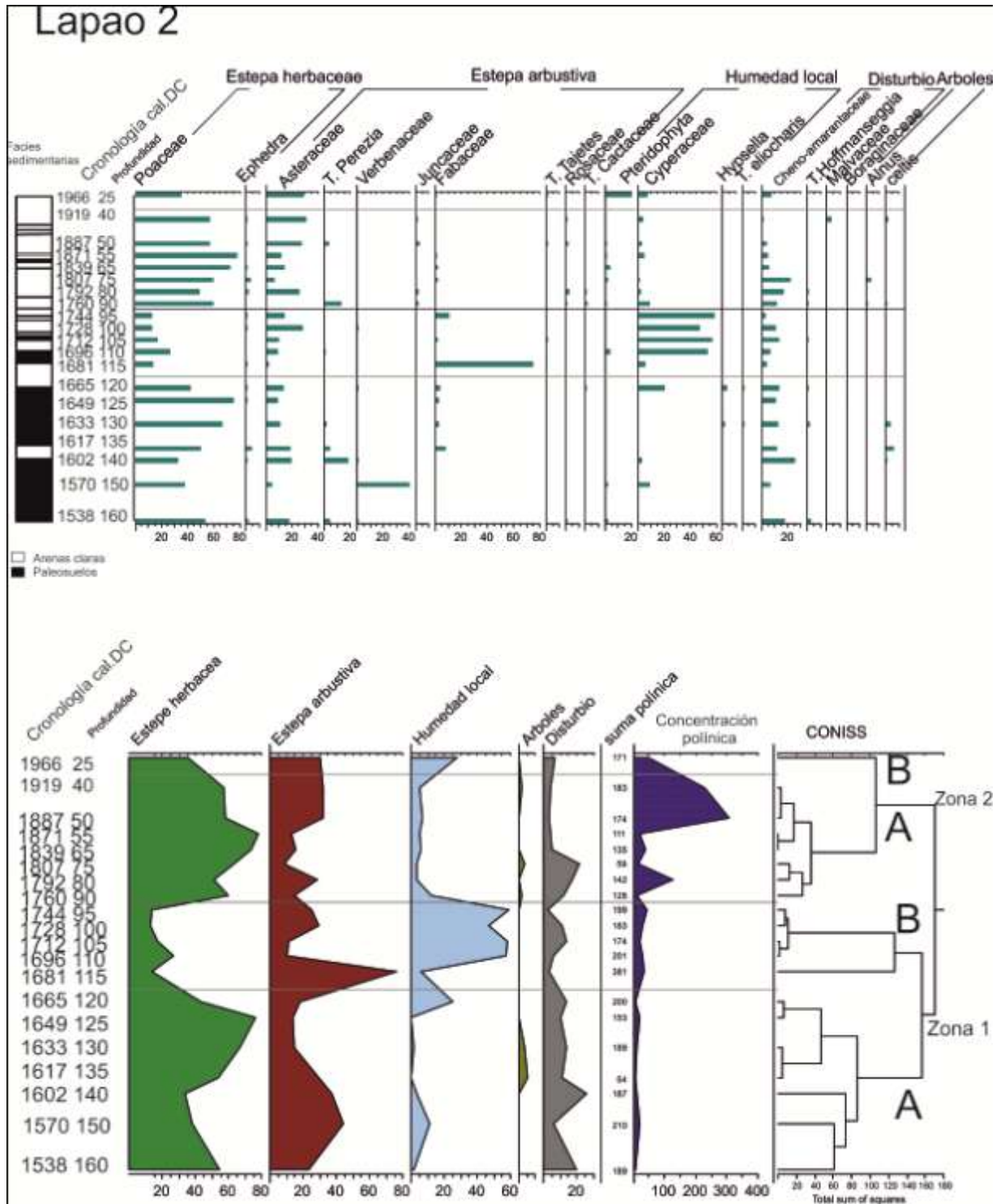


Figura 43. Gráfico polínico de Lapao 2.

A partir del cálculo del logaritmo de la relación Herbáceas/Arbustivas (H/A), se detectaron en total tres eventos de sequía entre 1697 - 1681 cal. DC, bajo condiciones de aumento de la aridez regional.

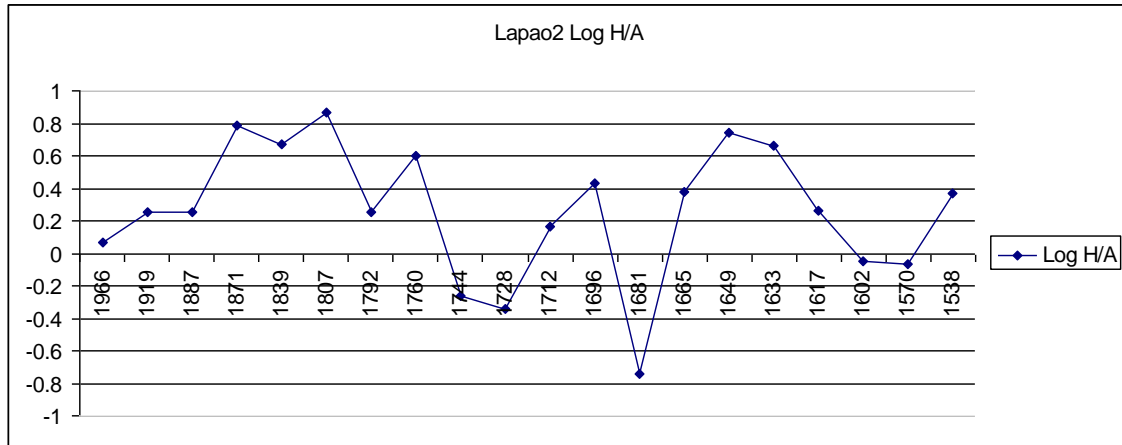


Figura 44. Gráfico del logaritmo P/A de la secuencia sedimentaria de Lapao 2.

LAPAO 5

En total se identificaron 15 taxa.

En líneas generales, domina la familia Poaceae, seguido de *Myriophyllum quitense* y, en menores porcentajes, de Asteraceae.

Dos zonas principales se han distinguido a partir del análisis cluster, que a su vez se dividen en las sub-zonas que se detallan a continuación.

Zona 1 (9280-8380 años AP)

Zona 1A (9280-8500 años AP)

Se caracteriza por altos valores de la estepa herbácea hacia 9280 años AP, cuando Poaceae llega a su máxima expresión (85%) en la muestra. En 8800 años AP, Poaceae baja a su mínima representación. Mientras que la estepa arbustiva presenta valores bajos, salvo en las muestras de 9080 y 8840 años AP, que presentan picos de 50-60% de la muestra.

También aparece la especie *Alnus acuminata*, un árbol que se encuentra en la Yunga. Indicadores de humedad (*Myriophyllum quitense*, Cyperaceae y Pteridophytas) en muy bajas proporciones. Se destaca *Miryophyllum quitense*, que presenta valores 20-95%.

Zona 1B (8380 años AP)

Se diferencia dentro de Zona 1 por un aumento del impacto antrópico (Chenopodiaceae-Amaranthaceae y Malvaceae). También se observa un aumento de las Cyperaceas (40%).

Zona 2 (8236-7129 años AP)

Zona 2A (8380-8236 años AP)

Salvo en la muestra de 9280 años AP, que la familia Poaceae domina con un porcentaje de 80%, el resto de las muestras presentan valores de 40%. Mientras que las Asteraceas poseen valores de entre 40 y 60% hacia 9080 - 8840 años AP, en el resto de las muestras es menor al 10%. Se destacan en esta sección los altos valores de Myriophyllum –entre 20 y 95%–, acompañado de Cyperaceas, aunque en menos del 10%. Cabe señalar también la presencia de Alnus.

Zona 2B (8236-7483 años AP)

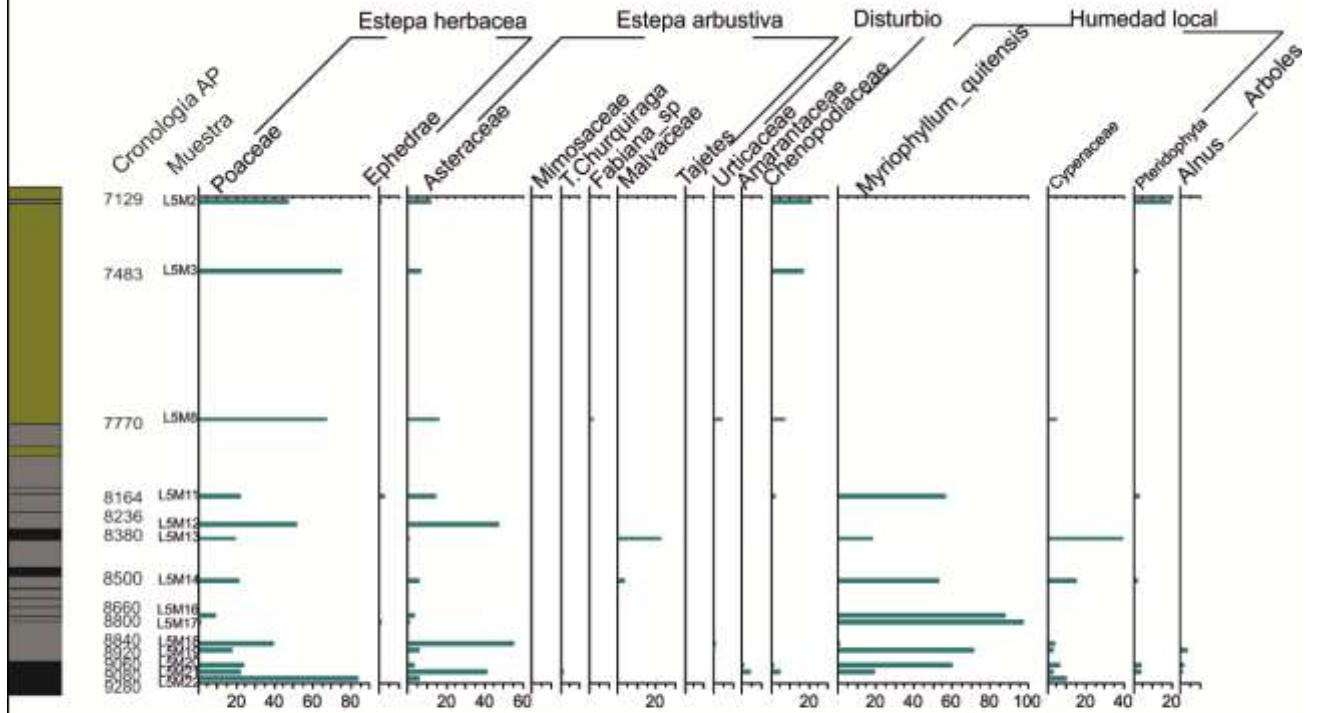
Evidencia un aumento de Poaceae 60-80%, un descenso de Asteraceae (20%) y pocas Cyperaceas (menor al 10%). También se detecta un aumento de Chenopodiaceae (< 20%). De gran relevancia es la desaparición de Myriophyllum desde 7770 años AP.

Zona 2C (7129 años AP)

Está representada solo por una muestra, que se caracteriza por un aumento de Pteridophytas (20%). Las Chenopodiaceas se mantienen relativamente estables, al igual que las Asteraceas, y decrecen las Poaceas (menor al 50%).

Por otra parte, se calcularon los valores de concentración polínica por muestra y se observaron altos valores entre 9280-8660 años AP (zona 1A), interrumpidos por una baja de estos valores entre 8380-8236 años AP (zona 1B). Posteriormente, los valores descienden desde 7770 años AP y hasta el final de la secuencia (7129 años AP).

Lapao 5



- Paleosuelo orgánico
- Arenas medias y gruesas bioturbadas
- Arcillas y arenas finas laminadas

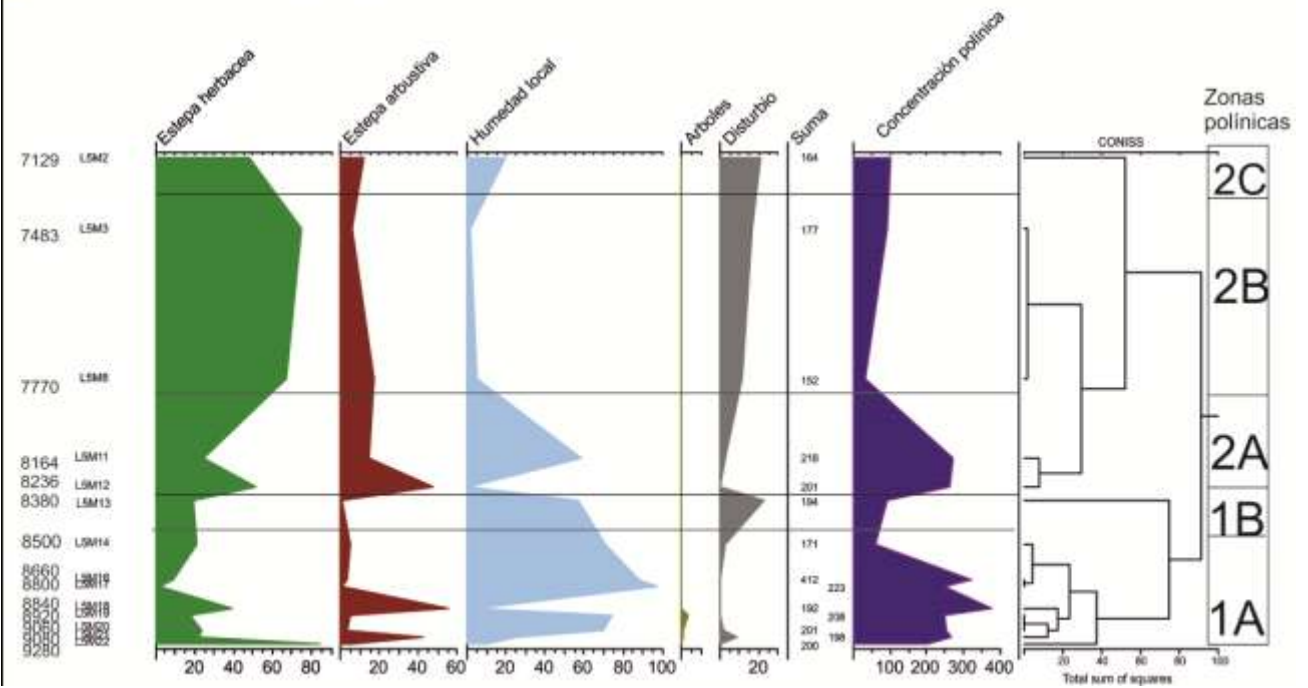


Figura 45. Diagrama polínico del perfil Lapao 5.

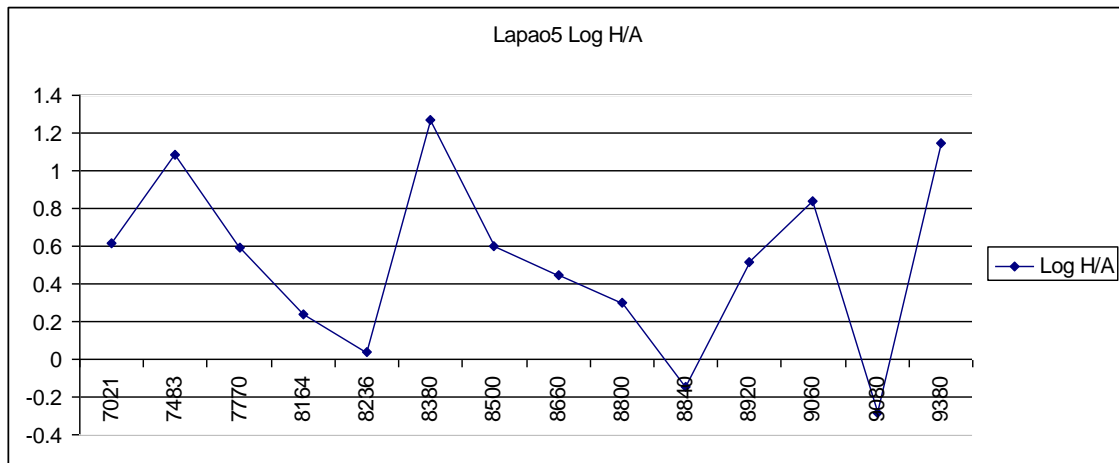


Figura 46. Gráfico del logaritmo P/A de la secuencia sedimentaria de Lapao 5.

PASTOS CHICOS

En total se identificaron 15 taxa.

En líneas generales, dominan las Poaceas (60-95%).

Dos zonas principales fueron detectadas a partir del análisis cluster, que a su vez se dividen en sub-zonas que se detallan a continuación.

Zona 1 (9256 - post 4200 años AP)

Zona 1A (9256-6998 años AP)

Marca altos porcentajes de las especies representantes de la estepa herbácea (70-95%), bajos valores de la estepa arbustiva (0-20%). Cabe señalar la alta diversidad de la estepa arbustiva durante este periodo.

Zona 1B (6694 años AP)

Se observa un descenso de las herbáceas (70%) y un ascenso de las arbustivas (20%), acompañados de un aumento de especies indicadoras de humedad local (15%) y la presencia de elementos de disturbio (5%). Posteriormente Poaceae se recupera llegando a valores de 95%.

Zona 2 (post 4200 años AP)

Se diferencia por un pico de altos valores de Asteraceae (60%) y un decrecimiento de Poaceae, destacándose la ausencia de indicadores de humedad en PCh2M18 (post 4200 años AP).

También en este caso se calculó la concentración polínica por muestra. En términos generales se distingue un primer momento entre 9256-7443 años AP de altos valores, seguido de un

posterior descenso entre 7252 - post 4200 años AP. El pico de máxima concentración polínica es hacia 9026 años AP.

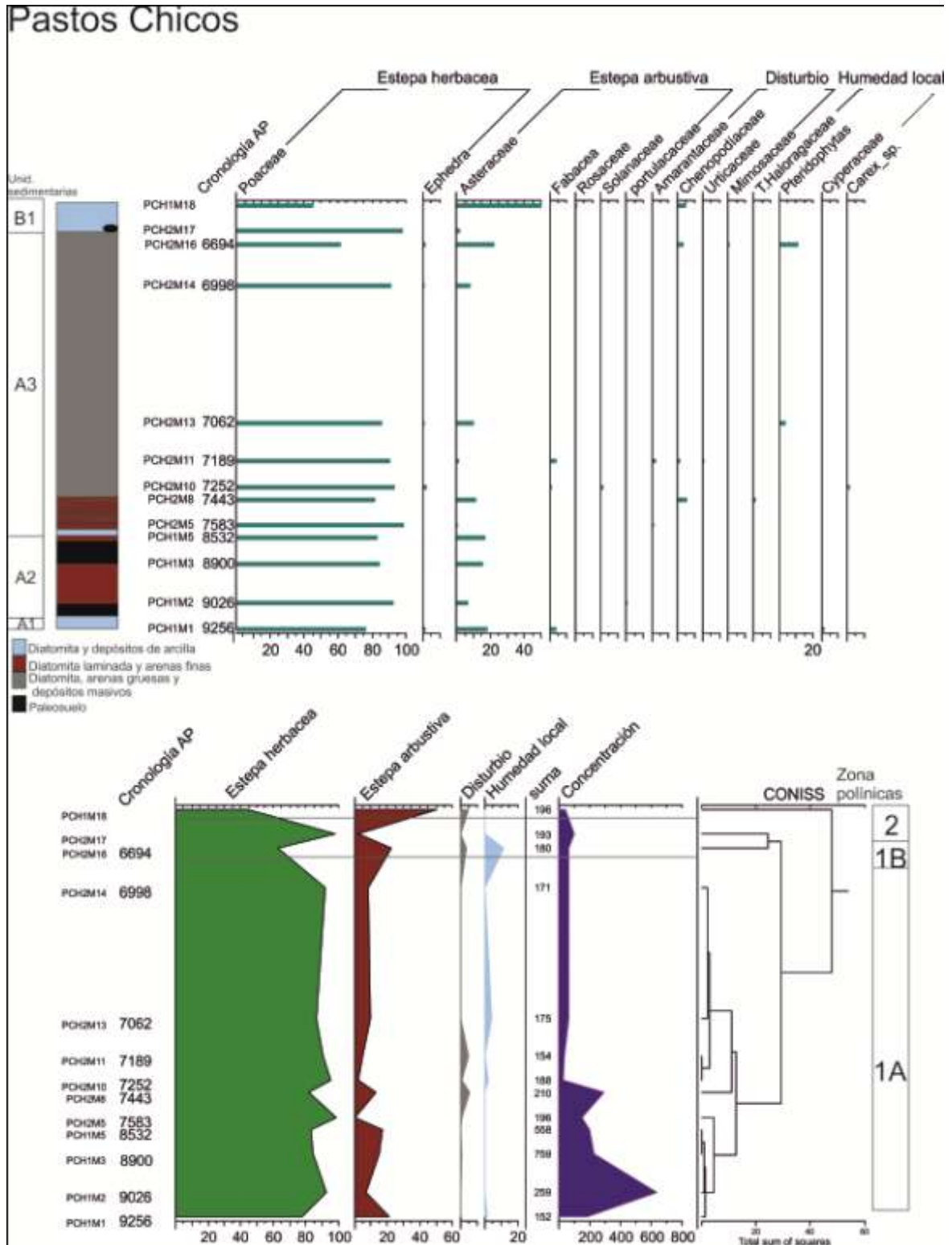


Figura 47. Diagrama polínico del perfil Pastos Chicos.

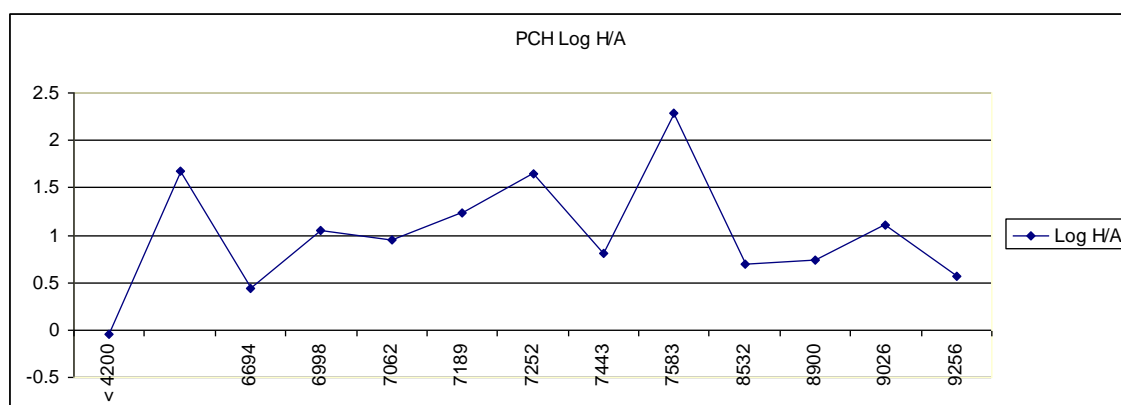


Figura 48. Gráfico del logaritmo de P/A de la secuencia sedimentaria de Pastos Chicos.

PERFIL CRUCES 2

En total se identificaron 15 taxa.

En líneas generales, domina Poaceae con valores entre 40 y 90%.

A partir del análisis cluster, se distinguieron dos principales zonas polínicas y, a su vez, la zona 2 fue subdividida en cinco sub-zonas que se describen a continuación.

Zona 1 (pre 4510-4364 años AP)

Compuesta por 60-70% herbáceas y 20-40% arbustivas. En la parte inferior del perfil (pre 4510 AP) se observan altos valores de Asteraceae (40%), aunque Poaceae sigue dominando la muestra. También hay presencia de elementos de vega (Pteridophytas) en bajas proporciones y taxa que señalan impacto antrópico (Amaranthaceae, Chenopodiaceae y Malvaceae) (<10%).

Zona 2 (4000 - post 2764 años AP)

Zona 2A (4000 años AP)

Compuesta exclusivamente por la muestra 8, que se caracteriza por un importante descenso de la estepa herbácea y aumento de la arbustiva. Bajos valores de humedad local.

Zona 2B (3928-3491 años AP)

Caracterizada por una recuperación de la estepa arbustiva y presencia de elementos de disturbio en bajas proporciones. Bajos valores de humedad local.

Zona 2C (3418 años AP)

Compuesta por una sola muestra que se diferencia por los altos valores de especies de la estepa arbustiva en detrimento de la estepa herbácea, que llega a su valor máximo de toda la secuencia (60%). Este cambio también va acompañado de un aumento de los valores de

concentración polínica. También se observa un leve aumento de los elementos de impacto antrópico.

Zona 2D (3346 años AP-M58)

Muestra un aumento de la estepa herbácea y decrecimiento de la arbustiva, acompañado de un paulatino aumento de los indicadores de humedad local.

También, entre M42 y M51 se destaca un aumento de las especies de humedad local (Pteridophytas).

Zona 2E (edad estimada M62-M72)

Marca una recuperación de la estepa arbustiva, decrecimiento de la estepa herbácea y descenso de los indicadores de humedad local.

En M62 se observa la presencia de *Alnus acuminata*.

También hay un aumento de Chenopodiaceae.

Los valores de concentración polínica por muestra señalan una alta inestabilidad entre 4510-2764 años AP. Se observan valores muy altos en 4000 y 3418 años AP. Con posterioridad a este periodo (post 2764 años AP), bajan notablemente los valores de concentración polínica y se mantienen estables hasta el final de la secuencia.

Perfil Cruces 2 _ Barrancas

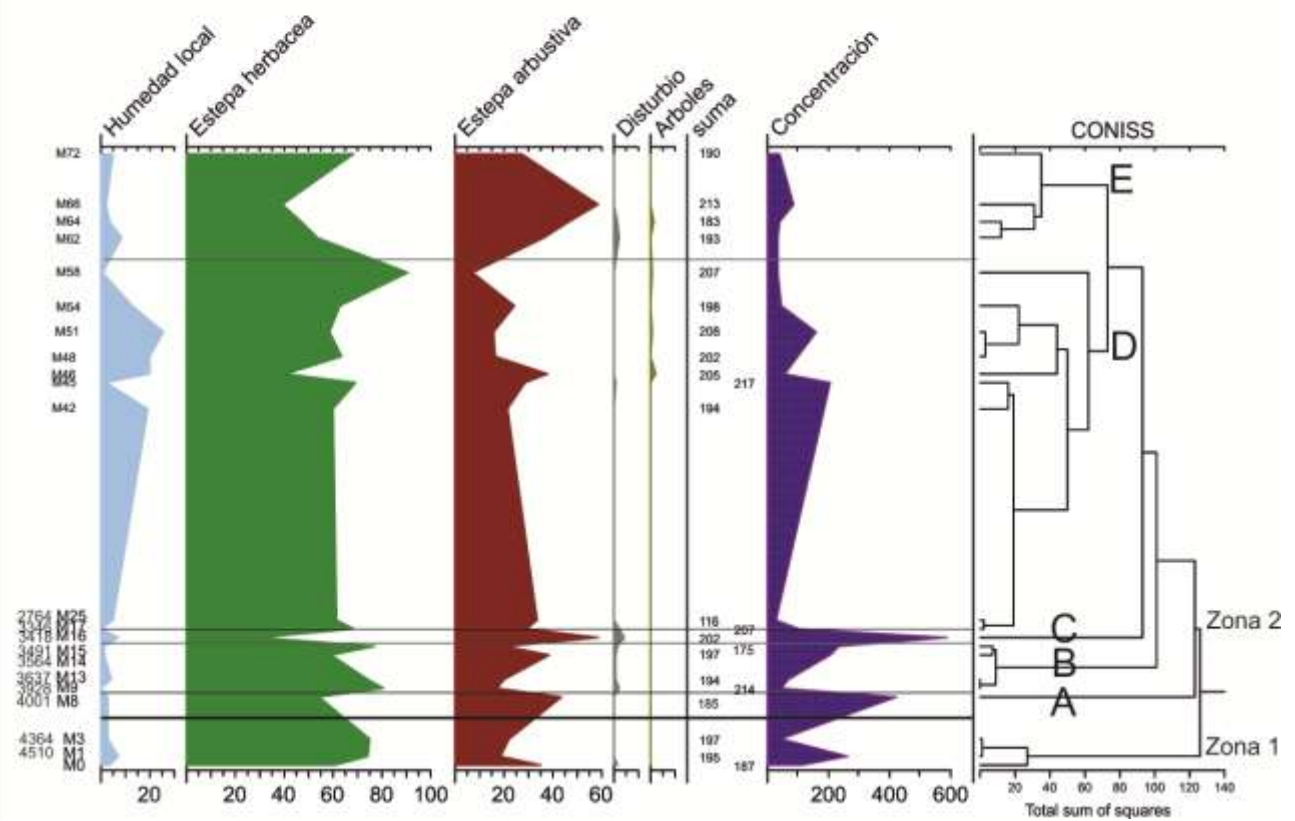
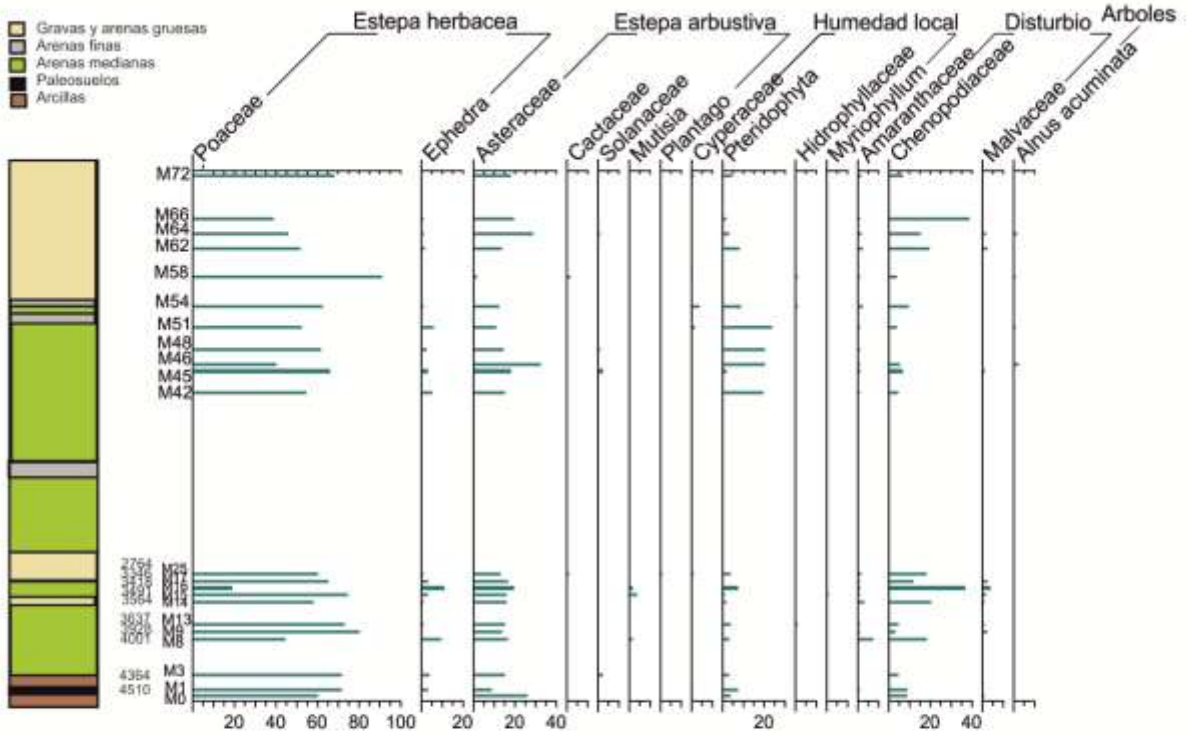


Figura 49. Diagrama polínico del perfil Cruces 2, Barrancas.

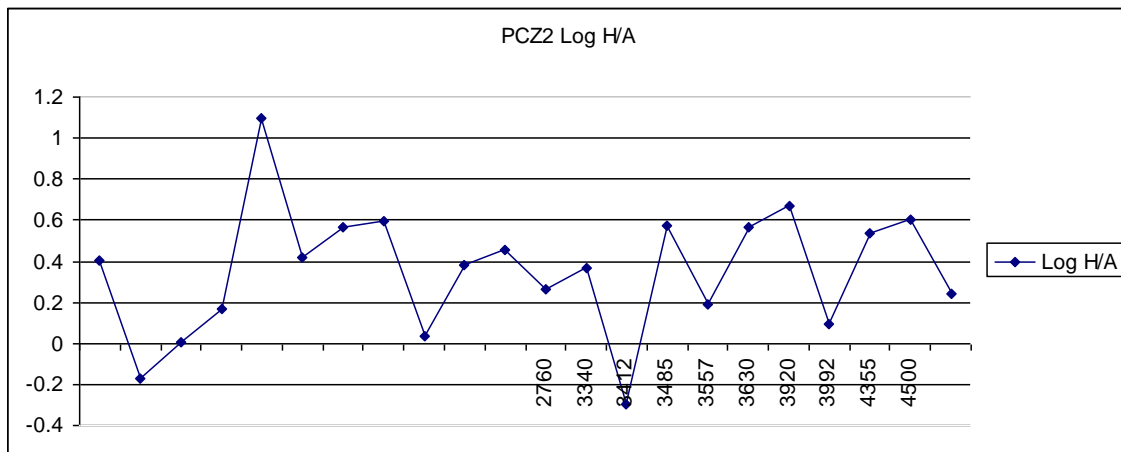


Figura 50. Gráfico del logaritmo de P/A de la secuencia sedimentaria del perfil Cruces 2.

TESTIGO CRUCES 1

En líneas generales, se han identificado 16 taxa a nivel familia y especie.

La vegetación está compuesta por una estepa mixta herbácea/arbustiva con presencia de indicadores de disturbio y humedad local. La estepa herbácea presenta valores entre 20-90%, la estepa arbustiva entre 10-40%, indicadores de humedad local entre 0-20% e indicadores de disturbio 0-5%.

El análisis cluster distinguió dos zonas polínicas principales. A su vez, estas se dividen en sub-zonas que se describen a continuación.

Zona 1 (11.650 - 6333 años AP)

Comprende el periodo pre 11.650 años AP, interrumpido por un hiato erosivo (arenas finas) hasta 6333 años AP. Se destaca que en 11.650 años AP se presentan los máximos valores de Asteraceae de toda la secuencia (50%). En promedio, presenta los valores más altos de herbáceas (50-90%) y bajos porcentajes de las especies de la estepa arbustiva. Mientras que las herbáceas aumentan hacia 6398 años AP, las arbustivas decrecen. A su vez, se observa la presencia de Pteridophytas (indicadores de humedad local) (<5%), Chenopodiaceae-Amaranthaceae y Malvaceae (indicadoras de disturbio) (<5-20%).

Una muestra (estimada en 6333 años AP por el modelo de edad-profundidad) se diferencia del resto por la presencia de Cariophyllaceae, otra especie indicadora de humedad local.

Zona 2 (6139 - 4071 años AP)

Zona 2A (6139 - 5850 años AP)

Se muestra recuperación de los elementos de la estepa arbustiva (10-30%) hacia 6139 años AP, que luego van decreciendo hacia 5850 años AP, mientras que la estepa herbácea va en aumento y presenta mayores porcentajes de Ephedrae en relación a la Zona 1. Los valores de las especies indicadoras de humedad local se mantienen en < 5%-15% aunque, a diferencia de las otras sub-zonas, se observa la presencia de Cyperaceae. Cabe mencionar la presencia de *Alnus acuminata* (< 5%), un árbol originario de la Yunga.

Zona 2B (5738 - 4071 años AP)

Marca un decrecimiento de las taxa representantes de la estepa herbácea (30-60%), acompañado de un leve aumento y relativa estabilidad de la estepa arbustiva (20-40%). También hay una mayor diversidad en las especies de la estepa arbustiva (Rosaceae, Solanaceae y Portulacaceae). Los valores de las especies indicadoras de humedad local (Pteridophytas y Cyperaceae) se mantienen relativamente estables (5-20%).

En cuanto a la concentración polínica, los valores más bajos se observan en la zona de la discordancia erosiva, aumentando levemente hacia 6333 años AP cuando comienzan las arcillas y se incrementan considerablemente hacia 5071 años AP, coincidiendo con la sección rica en materia orgánica.

Testigo Cruces 1_ Barrancas

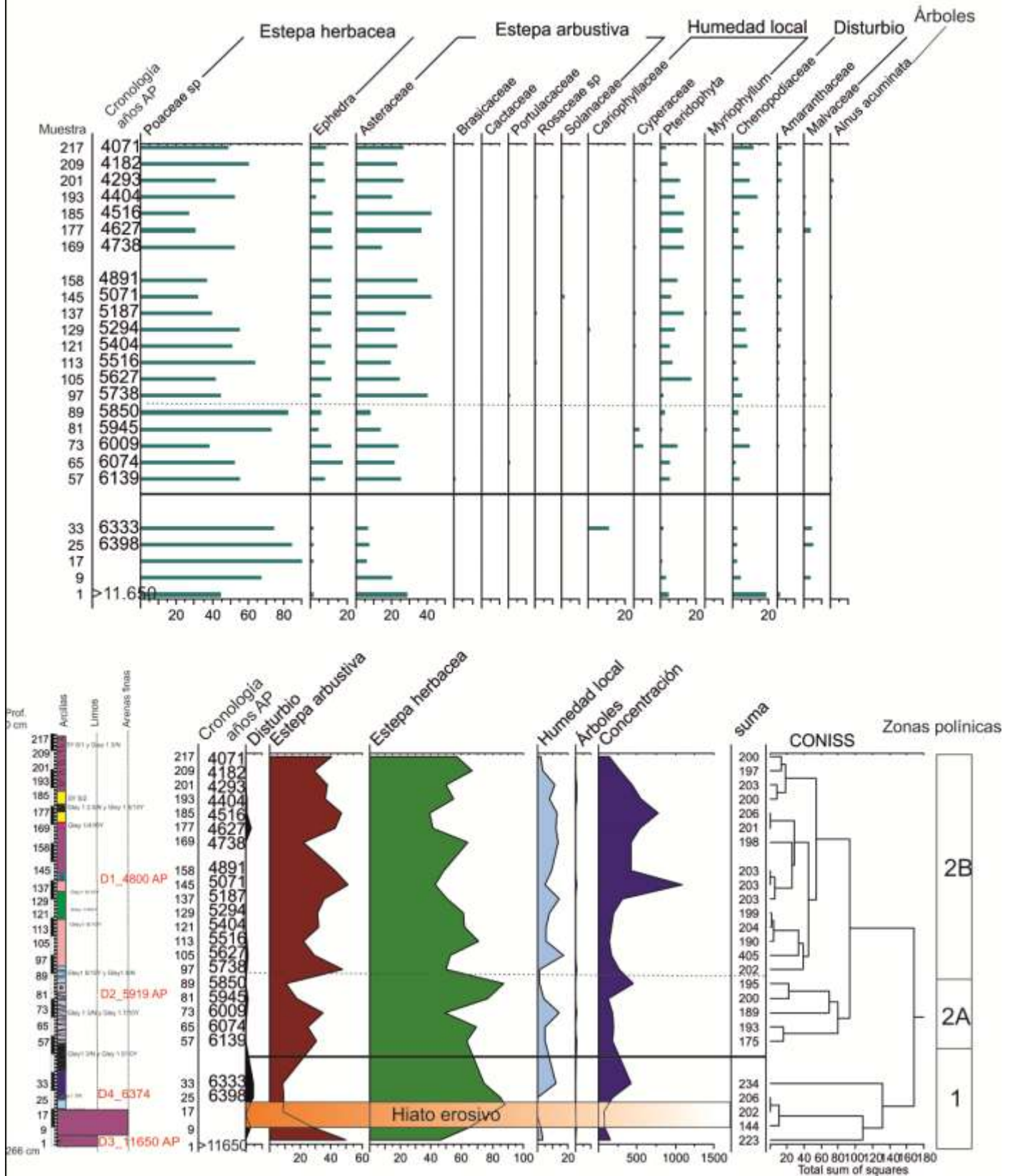


Figura 51. Gráfico polínico del Testigo Cruces 1.

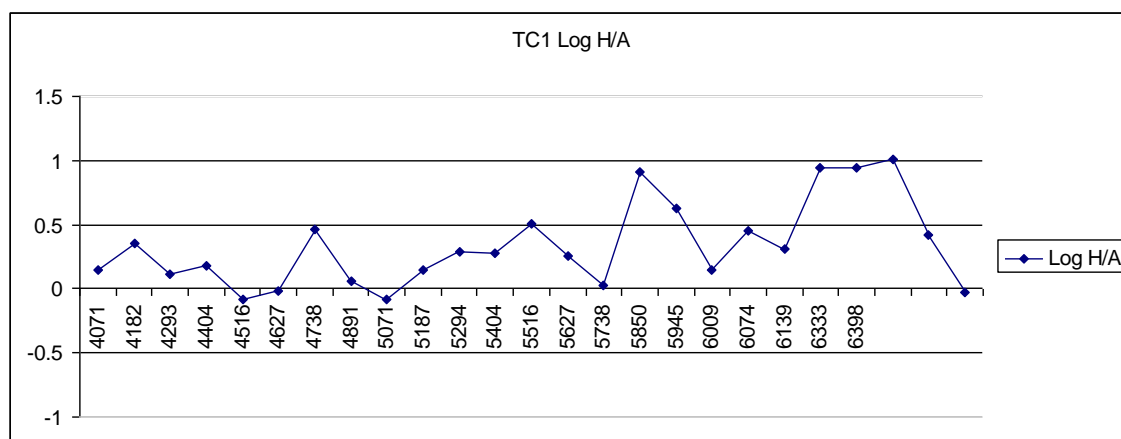


Figura 52. Gráfico del logaritmo de P/A de la secuencia sedimentaria del perfil Cruces 2.

CONCENTRACIÓN POLÍNICA E ÍNDICE DE ESTABILIDAD

Se desarrolló un índice de estabilidad ambiental a partir del cálculo de las modificaciones registradas en la relación P/A, considerando los momentos de cambio a partir de la detección de sequías (valores negativos), dividido el lapso cronológico que comprende la secuencia sedimentaria (ver Tabla 32). Como resultado, se obtuvo que el registro más estable es el de Pastos Chicos, seguido del de Testigo Cruces, Lapao 5 y Lapao 2.

Registro	Cambios (C)	Lapso cronológico (L)	C/L
Lapao 2	6	500	0.012
Lapao 5	3	2000	0.0007
Pastos Chicos	2	5000	0.0015
Perfil Cruces 2	3	-	-
Testigo Cruces 1	5	7000	0.0004

Tabla 32. Resultados del índice de estabilidad aplicado a las diferentes secuencias de estudio.

Por otra parte, los valores concentración polínica señalan que Lapao 2 tiene valores relativamente bajos, de igual manera Lapao 5, que solo incrementa sus valores considerablemente durante el periodo de expansión de la vega (8236 - 8134 años AP). Pastos Chicos tiene valores relativamente altos durante 9380 años AP, que descienden hacia 7252-post 4200 años AP. Cruces 2 es muy variable entre 4510 - 3348 años AP y posteriormente a esta fecha descienden y se mantienen más bajos. Mientras que el Testigo Cruces 1 tiene valores bajos, salvo por el aumento de la concentración durante el periodo ca. 4400 - 4000 y un pico hacia 4891 años AP.

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Se realizó un análisis de componentes principales (PCA) entre las muestras polínicas de cada una de las muestras de las secuencias fósiles y de superficie actual, con el objetivo de encontrar semejanzas y diferencias entre ambas asociaciones, así como también análogos actuales para esas asociaciones fósiles. Se debe aclarar que la intensidad de los vectores está dada por un valor en el eje X y otro en el eje Y, que figuran en este orden y entre paréntesis cuando se describen los resultados. En cuanto a los gráficos, las muestras fósiles aparecerán en color negro, mientras que las actuales serán de color verde y aquellas que no se agrupan con ninguna otra muestra estarán marcadas en rojo.

ACTUAL-LAPAO 2

Los dos primeros ejes comprenden al 84,1% de la varianza acumulada.

La fuerza de las agrupaciones en los cuadrantes está dada por los siguientes valores en los ejes (X; Y): Chenopodiaceae (0,007; 0,05), Cyperaceae (0,31; 0,58), Asteraceae (0,35; -0,81) y Poaceae (-0,87; -0,12). En total se discriminaron 6 grupos.

Se detectan dos muestras actuales y una fósil sin análogos: s2, s3 y M95. M95 se caracteriza por tener la menor representación de Poaceae de toda la secuencia, bajos porcentajes de Fabaceae y Chenopodiaceae, y altos valores de Cyperaceae.

En el cuadrante 1, se hallan las muestras que presentan altos valores de Cyperaceae, donde se agrupan las muestras fósiles 95, 105 y 110 (1712-1744 cal. DC) con altos valores de Cyperaceae. Este conjunto se corresponde con la zona 1B de aumento de humedad local. También hay otro conjunto que engloba las muestras fósiles compuestas mayormente por Verbenaceae y, en menores proporciones, por Cyperaceae (50, 80, 115, 120, 135, 140 y 150) con p24 y p28 (vega y corral Demetria).

En el cuadrante 2, predominan las especies con mayor representación de Chenopodiaceae. Aquí se agrupan las muestras fósiles 55, 65, 90, 125 y 130 con s6 de ladera cerca de Huancar. En esta localidad se ha detectado un alto impacto antrópico por la instalación de un puesto de pastores.

El cuadrante 3 está dominado por Poaceae y Ephedrae. En este caso, no se asocia con ninguna muestra fósil por presentar porcentajes elevados de Ephedrae que no se hallan en las muestras fósiles.

El cuadrante 4 está dominado por Asteraceae, que asocia las muestras actuales de censo Puesto Rulo y Perfil Planicie, Perfil Pastos Chicos, Planicie Pastos Chicos Lejana, dos censos de estepa en la localidad de Lapao, p21 (vega Rulo) y p28 (corral Demetria) con las muestras fósiles M80 (1792 cal. DC) y M40 (1919 cal. DC) que se caracterizan por altos valores de Poaceae, seguido de Asteraceae y Chenopodiaceae.

En el primer cuadrante se hallan las muestras dominadas por Asteraceae; son censos de Lapao, Puesto rulo Barrancas, planicie perfil Pastos Chicos, Tuzgle y corral Lapao quebrada lateral, y las muestras fósiles de Lapao 5 M18 (8840 años AP), que presentan altos porcentajes de la estepa arbustiva (60%). En el segundo cuadrante, las muestras dominadas por Poaceae son censos Barrancas, censos El Tío, Tuzgle, Taire, cementerio Barrancas, vega quebrada lateral, lecho vega pueblo Barrancas, y Prepueblo; con la muestra fósil L5M8 (7770 años AP), que presenta máximos valores de las especies de la estepa herbácea (75%). En el cuadrante 4, las dominadas por Chenopodiaceae corresponden a las muestras de Quebrada lateral Barrancas, censo Pastos Chicos, p11 lecho del río Barrancas y las muestras fósiles L5M22 y 3 (9380 y 7483 años AP). Las muestras dominadas por Pteridophytas y Cyperaceae, asocian la mayor parte de las muestras fósiles como L5M11, 13, 14, 16, 17, 19 y 20 (entre 8160 y 9060 años AP) con las muestras actuales de corral y vega Demetria. Estas muestras fósiles coinciden con el aumento de los indicadores de humedad local, acompañado de bajos valores de Chenopodiaceae y presencia de *Alnus* del registro Lapao 5 (ver Fig. 53). Esto estaría indicando una composición de una vega impactada.

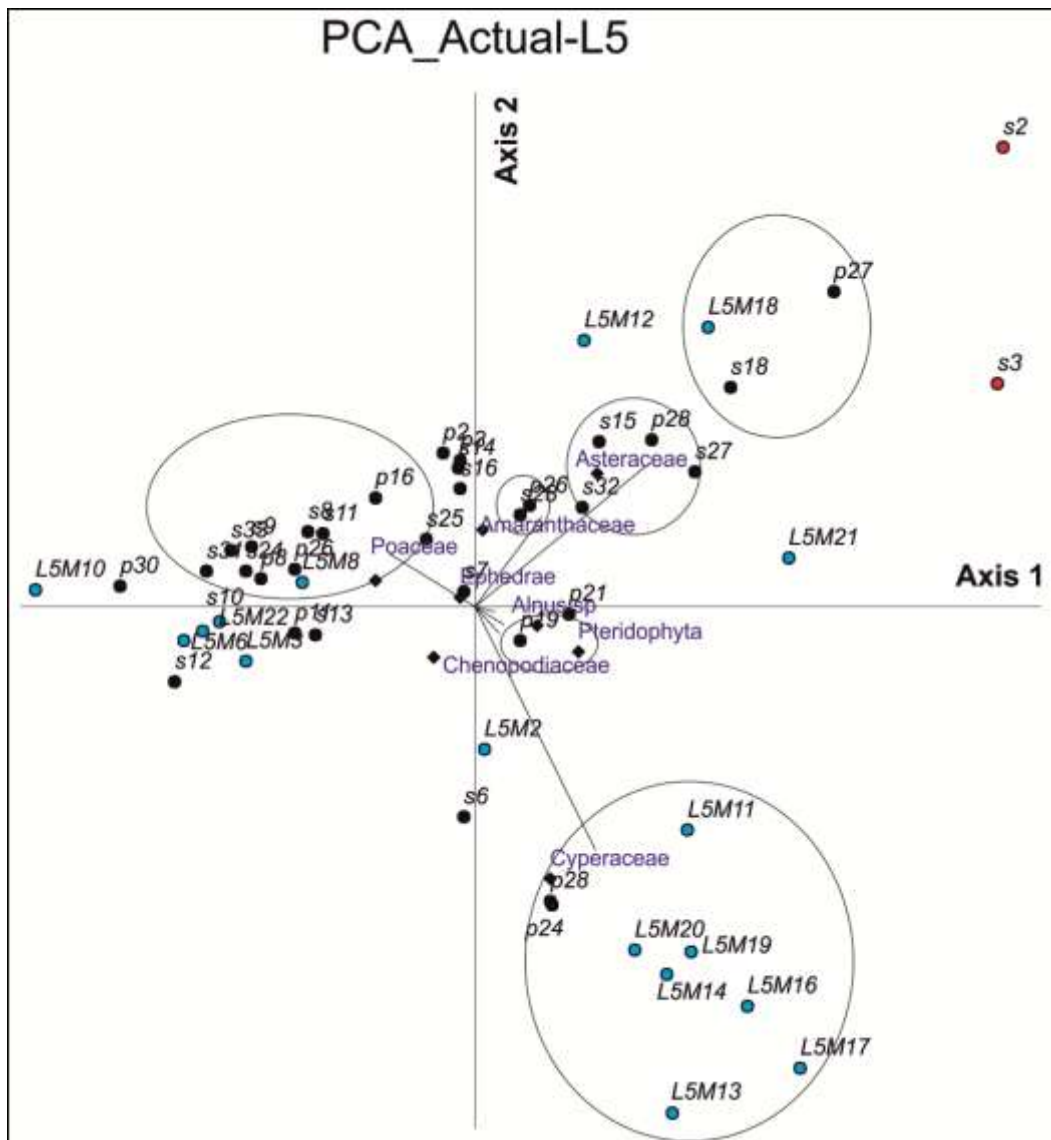


Figura 54. Análisis de componentes principales de las muestras actuales y Lapao 5. Los puntos negros corresponden a las muestras actuales, los celestes a las fósiles y los rojos a las que no tienen análogo.

ACTUAL-PASTOS CHICOS

Los dos primeros ejes comprenden el 96,1% de la varianza acumulada.

Las agrupaciones se organizan en tres de los cuadrantes y están determinadas principalmente por las magnitudes de Chenopodiaceae (0,02; 0,50), Asteraceae (0,58; -0,70) y Poaceae (-0,81; -0,49), Ephedrae (0,01; 0,04) y Pteridophyta (0,01; 0,02).

En total se discriminaron 5 grupos.

Las muestras que no encuentran análogos son s2, s3 y s6.

En el cuadrante 1, se discriminan tres grupos dominados por Chenopodiaceae, Ephedrae y Pteridophyta, aunque sin asociación con muestras fósiles. Por un lado vega y corral Demetria,

por otro planicie lejano Pastos Chicos con corral quebrada lateral y, por último, vega pastos chicos lejano, vega rulo Barrancas y cerca antigal Barrancas.

En el cuadrante 3 se agrupa la mayor cantidad de muestras fósiles, las cuales se caracterizan por estar dominadas por Poaceae, que se asocia con las muestras actuales de Tuzgle (>4000 m snm) y muestras de Barrancas tomadas en la época estival (s8 y s11), con las muestras fósiles con alta proporción de Poaceae. Aquí tenemos dos escenarios con dominancia de Poaceae, uno típico del pastizal de altura y otro que corresponde con sectores discretos de pastizal en zonas más bajas (3600-3700 m snm).

El cuadrante 4 está dominado por Asteraceae, donde se encuentran las muestras de Puesto Demetria con censos y puntos Barrancas y Planicie perfil Pastos Chicos con una única muestra fósil: PCH2M18 (post 4200 AP). Esta muestra se caracteriza por un cambio en la composición de la vegetación por aumento de la estepa arbustiva y decrecimiento más marcado de la estepa herbácea.

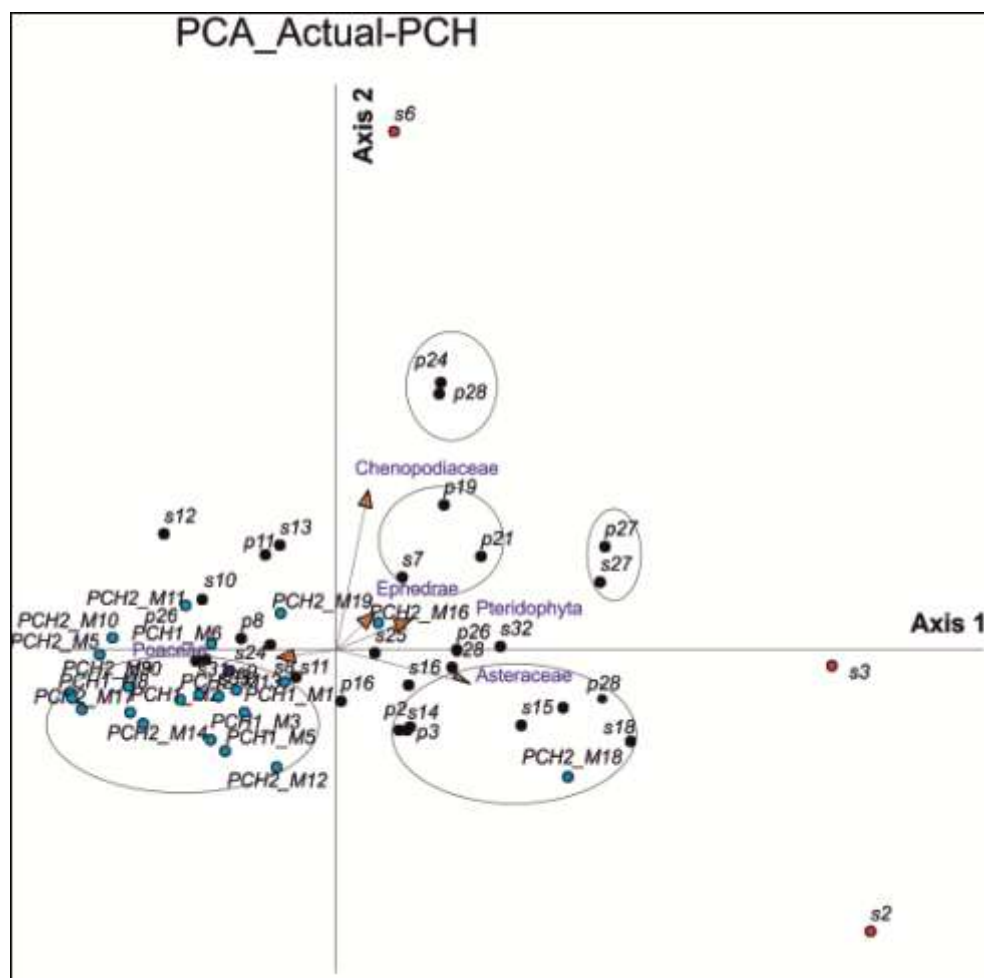


Figura 55. Análisis de componentes principales de las muestras actuales y Pastos Chicos. Los puntos negros corresponden a las muestras actuales, los celestes a las fósiles y los rojos a las que no tienen análogo.

ACTUAL-PERFIL CRUCES 2

Los dos primeros ejes comprenden el 78% de la varianza acumulada

Las agrupaciones en los cuadrantes están dadas por Poaceae (0,99; -0,01), Asteraceae (0,01; 0,88), Chenopodiaceae (0,005; 0,45), Amaranthaceae (0,01; 0,01), Cyperaceae (-0,01; -0,05), Ephedrae (0,01; 0,03), Malvaceae (-0,0004; 0,01), Pteridophyta (0,008; 0,08), Solanaceae (0,006; 0,005).

En total se distinguen 4 grupos.

El cuadrante 1 está dominado por Chenopodiaceae, Asteraceae, Pteridophyta, Ephedrae, Solanaceae y Amaranthaceae. En este sector se incluyen las muestras fósiles 14, 17, 42, 45, 62, 72, sin asociación con muestras actuales. Este escenario podría corresponderse al de una vega impactada, sin Cyperaceae, en el marco de una estepa mixta de alta diversidad.

El cuadrante 2 está dominado por Malvaceae, Chenopodiaceae y Asteraceae, agrupa las muestras M16, 46, 64, 66 (todas post 3600 años AP) con s2, s3 y p27 (corral quebrada lateral). S2 y s3 en general han sido señalados como sin análogo fósil. Ambas muestras se caracterizan por ubicarse en una estepa arbustiva, en pendiente, en sedimentos arenosos y con una alta exposición solar.

El cuadrante 3 está fuertemente influenciado por Cyperaceae y presenta las muestras p28 y p24 (vega y corral Demetria, Lapao), sin asociación con muestras fósiles. No es sorprendente que la muestra del corral tenga altos valores de Cyperaceae porque está llena de fecas de camélidos que se alimentan de estas plantas.

En el cuadrante 4 prevalece la familia Poaceae y comprende las muestras del pastizal altoandino de Taire y Tuzgle, gran parte de los censos de Barrancas, vega pueblo Barrancas y los censos de Lapao: El Tío y Quebrada Lateral Barrancas; con M1 (4510 años AP) y M25 (2764 años AP) con altos valores de Poaceae (80%).

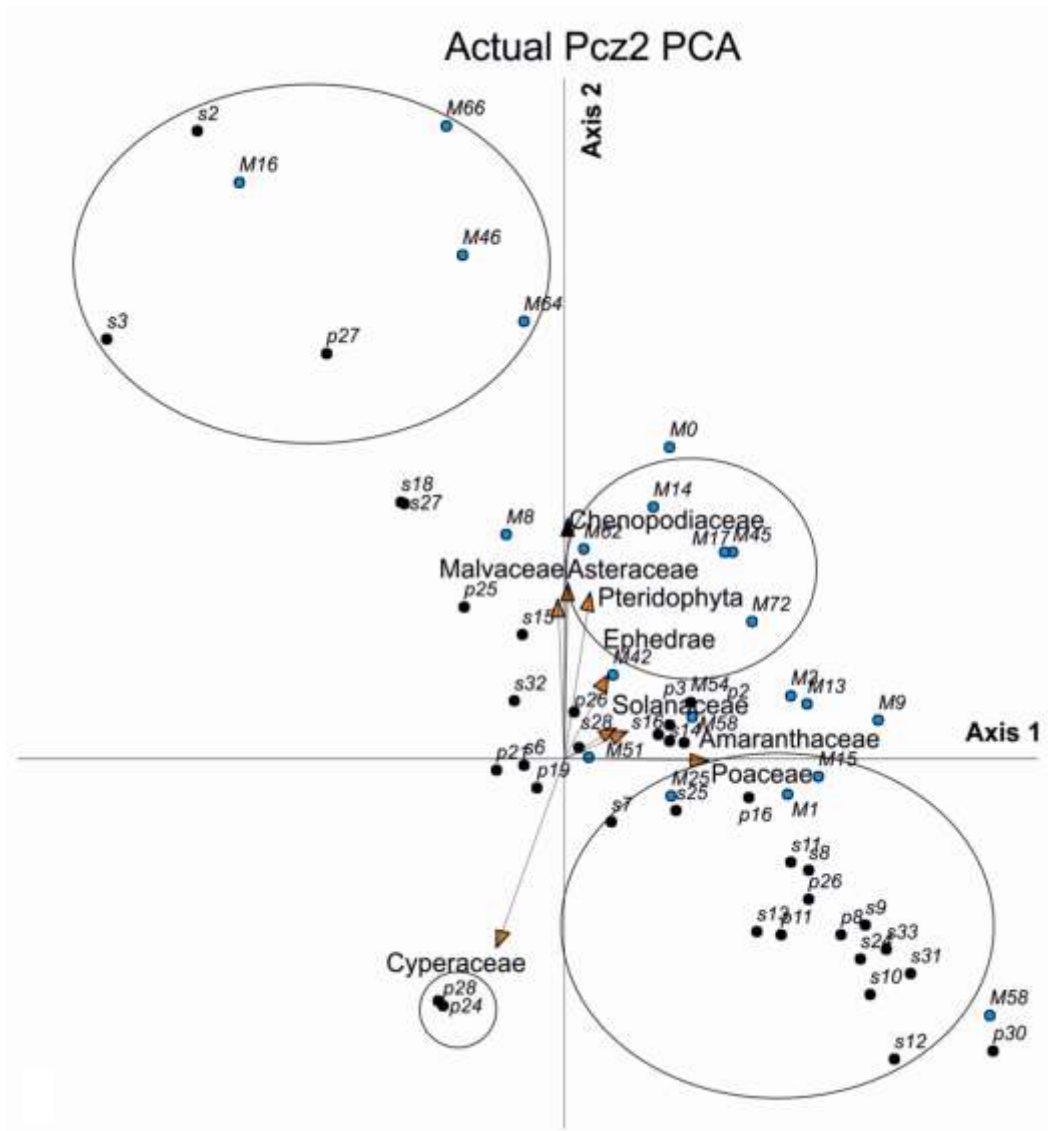


Figura 56. Análisis de componentes principales de las muestras actuales y Cruces 2. Los puntos negros corresponden a las muestras actuales, los celestes a las fósiles y los rojos a las que no tienen análogo.

ACTUAL-TESTIGO CRUCES 1

Los dos primeros ejes comprenden el 85,5% de la varianza acumulada

Las agrupaciones comprenden tres cuadrantes y están dadas por Cyperaceae (0,007; 0,17), Asteraceae (0,61; -0,52), Poaceae (-0,78; -0,34), Pteridophyta (0,06; 0,18), Malvaceae (0,001; -0,009), Ephedrae (0,04; 0,17), Chenopodiaceae (0,03; 0,71) y Amaranthaceae (0,01; -0,07).

En total se discriminaron 5 grupos.

Se observan tres muestras actuales sin homólogos fósiles: s2, s3 y s6.

En el cuadrante 1 se distinguen dos grupos, uno dominado por Cyperaceae y Chenopodiaceae, y el otro por Ephedrae y Pteridophyta. El primero agrupa las muestras fósiles 73, 105, 169, 193, 201 y 217 con las muestras actuales p24 y p28 (vega y corral Demetria). Probablemente marcando la presencia de una vega con impacto antrópico. El segundo comprende las muestras 137, 145, 158, 177 y 185 (todas correspondientes a la zona polínica 2, post 6200 años AP) con mayor porcentaje de Asteraceae, presencia de indicadores de humedad local y Chenopodiaceae; con una sola muestra actual s27 (planicie lejano Pastos Chicos). Un escenario de vega impactada en el marco de una estepa arbustiva.

En el cuadrante 3 todas las muestras están dominadas por Poaceae, donde se encuentran las muestras de Tuzgle, Taire y censos Barrancas con las muestras fósiles 17, 25, 33, 81 y 89 (de la zona polínica 1, pre 6333 años AP).

El cuadrante 4 está dominado por Pteridophytas y Asteraceas. Este conjunto engloba las muestras vega Tuzgle, vega Demetria, vega quebrada lateral y puesto rulo, sin asociación fósil. También hay otro grupo que abarca las muestras actuales de p27 (corral quebrada lateral), s2 (pendiente pedregosa Demetria) y s3 (quebrada lateral Lapao), sin asociación con muestras fósiles.

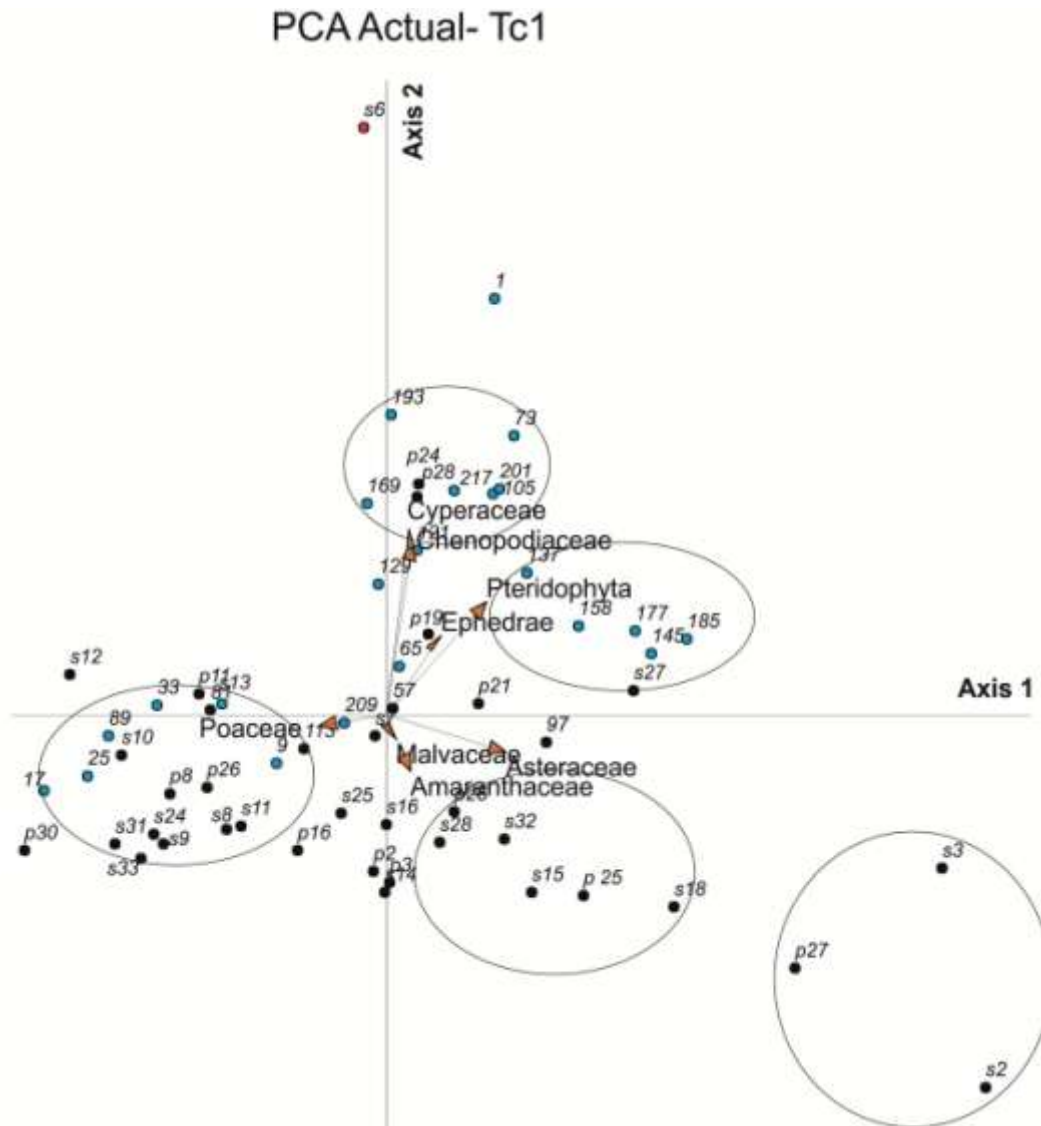


Figura 57. Análisis de componentes principales de las muestras actuales y Testigo Cruces 1. Los puntos negros corresponden a las muestras actuales, los celestes a las fósiles y los rojos a las que no tienen análogo.

A MODO DE CONCLUSIÓN

Hasta aquí se han presentado las características generales de la vegetación y su representación en los espectros polínicos, así como también se ha indagado en la incidencia de la geomorfología en la estructura y composición de la flora en las diferentes localidades de estudio. De esta manera, se han podido delinear ciertos criterios para la interpretación de las secuencias polínicas a partir del Análisis de Componentes Principales. En líneas generales, se han podido asociar muestras fósiles a ambientes de vega, vega con impacto antrópico, vega en el marco de una estepa herbácea y/o arbustiva, la dominancia de la estepa herbácea, el desarrollo de una estepa arbustiva de alta diversidad y escenarios que recurrentemente no encuentran asociación fósil. Los resultados de las secuencias de polen fósil fueron descriptos y

representados de forma gráfica, donde se han podido discriminar los cambios producidos en la vegetación a través del tiempo. También se han incorporado índices de humedad, que han colaborado en la detección de anomalías en el registro. Por último, el Análisis de Componentes Principales permitió asociar grupos de muestras a determinados ambientes actuales, lo que ha sido de utilidad para la incorporación de otras variables ecológicas, como puede ser el impacto antrópico. De esta manera, la información generada servirá de base para avanzar en la interpretación y discusión de los resultados en términos paleambientales en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO 11

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El presente capítulo tiene dos objetivos. Por un lado, resumir y discutir los resultados obtenidos a lo largo de esta tesis. Por el otro, presentar las conclusiones realizadas en relación a los objetivos y las hipótesis planteadas en los primeros capítulos.

De esta manera, se discuten los resultados del análisis de análogos modernos, mapas de vegetación, diagramas polínicos y análisis de componentes principales, expuestos en el capítulo anterior.

Para la discusión de los resultados, se comparan las secuencias sedimentarias de cronologías similares, como Lapo 5 y Pastos Chicos, y Testigo Cruces 1 y perfil Cruces 2. Así también, la nueva información se integra con la reseñada en los antecedentes paleoambientales (sintetizados en el capítulo 6), atendiendo a las consideraciones delineadas en el capítulo 3 sobre el estudio del paleoambiente, con el objetivo de comprender el funcionamiento del sistema climático en escalas más amplias y su incidencia en las localidades de estudio. Sobre la información generada, se busca esgrimir el contexto ambiental bajo el cual se desarrollaron determinados tipos de estrategia de subsistencia, en el marco de discusión acerca de la hipótesis del cambio ambiental como posible factor de incidencia en determinados procesos económicos y socio-culturales. En este último punto, al igual que se hizo con los antecedentes (arqueológicos y paleoambientales), la información se divide y debate en torno a los segmentos cronológicos definidos en los capítulos anteriores.

SÍNTESIS DE LOS ESTUDIOS DE POLEN ACTUAL Y SU RELACIÓN CON LOS REGISTROS FÓSILES

ANÁLISIS DE GRÁFICOS DE TORTA

El análisis de gráficos de torta ha sido un primer acercamiento al estudio de la relación entre la vegetación y el polen de superficie actual. Esto ha permitido detectar la sobre, sub y nula representación de los taxa en el espectro polínico, aunque sin la posibilidad de cuantificar esta relación. Sin embargo, se ha podido observar que no existe una vinculación directa entre el polen y la vegetación actual, por lo que esta debe ser estudiada. Por esta razón, en segunda instancia, se procedió a realizar el análisis de Análogos Modernos para así cuantificar esta relación.

MAPAS DE VEGETACIÓN

A partir de la confección de mapas de vegetación y geomorfología, se buscó indagar en las posibles causas de la sobre, sub o nula representación de las diferentes especies vegetales en el espectro polínico, detectada a partir del análisis de gráficos de torta. En esta primera etapa de la investigación, no se ha podido detectar la incidencia de las variaciones geomorfológicas en la representación de las diferentes especies. Las principales variaciones en la composición de la vegetación están dada por su ubicación altitudinal, la disponibilidad de agua y su relación con la actividad antrópica sobre el paisaje. De todas maneras, este punto deberá continuar siendo examinado.

ANÁLISIS DE ANÁLOGOS MODERNOS

A partir del análisis de análogos modernos, se ha podido observar y cuantificar la representación de los porcentajes polínicos en términos de la vegetación. En líneas generales, se advierte:

- una débil asociación de Solanaceae y Verbenaceae.
- una sobrerrepresentación de Poaceae, Ephedrae, *Alnus acuminata*, Chenopodiaceae y Amaranthaceae.
- una máxima asociación de Asteraceae.
- la no asociación de Cactaceae y Portulacaceae.

Al ahondar en las características de la morfología polínica y las particularidades de los procesos de transporte y sedimentación de los diferentes tipos polínicos, se han podido delinear algunos aspectos que colaboran con la interpretación de los espectros polínicos fósiles. Se ha podido concluir que la familia Poaceae está sobre-representada en relación al resto de las taxa; que las Asteraceas tienen una fuerte asociación con la vegetación observada; y que hay una ausencia de algunos tipos polínicos como Cataceae y Portulacaceae. Sin embargo, debe señalarse que la presencia de ciertos tipos polínicos sobre-representados como *Alnus* (presente en el espectro polínico y ausente en la vegetación) brinda información relevante con respecto a otros factores climáticos de importancia, como la intensificación de vientos del este.

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

El análisis de componentes principales ha sido clave para asignar similitud entre algunas de las muestras fósiles y ambientes actuales, colaborando de esta manera con la tarea de precisar la interpretación paleoambiental.

Los resultados marcan recurrentemente que las muestras s2, s3 y s6 no tienen un análogo en el espectro polínico fósil. Las tres muestras corresponden a censos realizados en zonas de pendiente pedregosa en la estepa arbustiva (Demetria, Q. lateral/ Lapao y Huancar/ Pastos Chicos).

En términos generales, las asociaciones obtenidas han mostrado que las muestras fósiles con altos porcentajes de indicadores de humedad local (como Cyperaceas y Pteridophytas) se han agrupado con las muestras de vegas actuales. También se han relacionado por su ubicación geográfica, agrupándose las muestras de, por ejemplo, Puesto y Vega Demetria con las de las secuencias sedimentarias ubicadas en esa misma quebrada (L5 y L2). Otro punto a destacar es la existencia de dos escenarios posibles en los que dominan las Poaceas. Por un lado, están las muestras actuales tomadas en sectores discretos de pastizal puneño (dominado por *Stipa sp.*) entre 3600 - 3800 m snm y, por el otro, las tomadas del pastizal andino por arriba de los 4000 m snm. Asimismo, es importante destacar la asociación entre muestras que presentan una composición de especies indicadoras de impacto antrópico (Chenopodiaceae, Amaranthaceae y Malvaceae), que han sido registradas en muestras tomadas en zonas de pastoreo, corrales, puestos y/o cercanía de caminos o rutas de paso. De esta manera se ha distinguido la presencia de vegas impactadas. También se diferencian vegas en el marco de una estepa arbustiva y/o herbaceae.

SÍNTESIS DE LA INTERPRETACIÓN DE LOS DIAGRAMAS POLÍNICOS DE LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS ESTUDIADAS

Lapao 2

Se observa un primer momento, entre 1538 - 1665 cal. DC, de una vegetación dominada por Poaceae, seguido de Asteraceae y bajos porcentajes de Cyperaceae y Chenopodiaceae. Estos valores estarían indicando la presencia de una vega impactada, moderadamente vegetada, en el marco de una estepa mixta herbácea-arbustiva. La interpretación se apoya en los resultados obtenidos a partir del Análisis de Componentes Principales. Estos resultados también se apoyan en los análisis de sedimentos que muestran un primer momento de arenas oscuras bioturbadas. Luego, entre 1681 - 1744 cal. DC, se destaca un importante aumento de Cyperaceae, con menores porcentajes de Poaceae. Estos resultados estarían marcando la expansión de la vega. Dentro de este último bloque, se discrimina una muestra que se caracteriza por altos valores de Fabaceae hacia 1681 cal. DC. Hasta el momento, este tipo polínico ha sido atribuido a habas (cultivo de origen europeo), sin embargo esta apreciación debe ser corroborada en futuras investigaciones. Para este momento, los sedimentos se

caracterizan por la presencia de arenas laminadas con escasos limos y algo de materia orgánica. Por último, entre 1760 - 1919 cal. DC, se evidencia una recuperación de la estepa mixta herbácea-arbustiva con presencia de Pteridophytas, Cyperaceas y bajos valores de Chenopodiaceae y Malvaceae. También el cálculo de concentración polínica evidencia un claro aumento para este periodo, que es consistente con la alta productividad de la familia Poaceae. En 1966 cal. DC, el cambio se evidencia en una disminución de las especies de la estepa herbácea, un aumento de los indicadores de humedad local y un descenso de los valores de concentración polínica. La sedimentología muestra para este momento una composición de arenas rosadas con pequeñas lentes de gravas.

A partir del índice de humedad calculado (Log H/A), se detectaron en total tres eventos de sequía entre 1681 - 1697 cal. DC, bajo condiciones de aumento de la aridez regional.

Lapao 5

A partir de los análisis polínicos de la secuencia sedimentaria Lapao 5, se han detectado dos momentos distintos en la vegetación. El primero entre 9280 - 8380 años AP, representado por los altos valores de Poaceas y menores de Asteraceas, acompañados por la presencia de *Alnus acuminata* e indicadores de humedad local (<10%). El segundo entre 8236 - 7021 años AP, marcado por un aumento de las especies de la estepa arbustiva y escasos o nulos valores de los indicadores de humedad local. Sin duda, los cambios más importantes en la vegetación están dados por las modificaciones en los indicadores de humedad local entre 9280 - 8164 años AP, que coinciden con altos valores de concentración polínica. Para este periodo, los análisis de sedimentos también muestran un primer momento con mayor presencia de paleosuelos con macrorestos y laminación de diatomitas. Estos resultados han sido interpretados como un primer momento de una vega, en un ambiente más húmedo con una estepa con mayores porcentajes de herbáceas que la actual, que luego se fue retrayendo. Esta interpretación se basa también en lo señalado en el Análisis de Componentes Principales.

A partir del índice de humedad (Log H/A), se detectaron dos anomalías secas en 9080 y 8840 años AP. Al igual que en el caso de Lapao 2, el aumento de la humedad local se corresponde con eventos de sequía regional.

Pastos Chicos

A partir de los análisis polínicos de la secuencia de Pastos Chicos, se evidencia un primer momento estable de predominio de la estepa herbácea seguido de la estepa arbustiva entre 9256 - 6694 años AP. Dentro de este periodo, se presenta una fase con niveles de mayor concentración polínica entre 9256 - 7189 años AP. Así también se destacan episodios de

aumento de las condiciones de aridez, representados por un incremento de las especies de la estepa arbustiva en 7583 años AP y 7252 años AP. Para el periodo entre 6994 - post 4200 años AP se detecta una disminución de las especies de la estepa herbácea, aumento de los porcentajes y diversidad de las arbustivas, acompañado de un incremento de los indicadores de humedad local. Este escenario se asemeja al de una vega en el marco de una estepa arbustiva diversa, según los análisis de PCA. La muestra posterior a 4200 años AP marca un cambio importante en la composición de la vegetación, representado por el aumento de las arbustivas. Este momento es considerablemente más inestable que el periodo anterior. Precisamente, el único evento de sequía registrado por el índice de humedad coincide con esta cronología (post 4200 años AP).

Los resultados obtenidos son coherentes con los de los sedimentos, que muestran un primer momento con mayor presencia de paleosuelos orgánicos, con laminación de diatomitas. Posteriormente se observa un aumento considerable en el tamaño de grano, con presencia de arenas finas y gravas en la parte superior del perfil.

Perfil Cruces 2

El espectro polínico del perfil Cruces 2 se divide en dos momentos distintos en la composición de la vegetación. Entre pre 4510 - 4437 años AP, la muestra está dominada por las especies de la estepa herbácea y bajos valores de las taxa indicadoras de humedad local. Luego aumenta la humedad local, junto a la estepa arbustiva, en detrimento de la estepa herbácea entre M42 y M58. Durante este periodo, se detecta una anomalía seca hacia 3412 años AP, según el índice de humedad calculado. Post 3419 años AP, los valores de concentración polínica caen considerablemente y se mantienen relativamente estables hasta el final de la secuencia. Luego, en M66 llegan a su máximo porcentaje los valores de la estepa arbustiva. Este momento se corresponde con otra anomalía seca.

Los sedimentos avalan esta interpretación, ya que presentan depósitos de arcillas a arenas y luego gravas.

Testigo Cruces 1

El diagrama polínico del testigo Cruces 1 se divide en tres momentos.

Hacia 11.650 años AP, la vegetación se encuentra representada por similares porcentajes de la estepa herbácea y arbustiva, bajos valores de los indicadores de humedad local y de concentración polínica. Sin embargo, esta muestra se diferencia de las del periodo siguiente por un mayor porcentaje de estepa arbustiva y menor de herbácea. Cabe señalar que el periodo que incluye la discordancia erosiva (entre post 11.650 y pre 6431 años AP) está

indicando otra situación climática, probablemente de mayor aridez (Lupo 1998, Kulemeyer 2005). Según el análisis de análogos modernos, esta muestra no se asocia a ninguno de los ambientes actuales muestreados.

Posteriormente, hacia *ca.* 6333 años AP, se registran mayores porcentajes de la estepa herbácea, al igual que durante 6139 - 5850 años AP. Esto podría indicar un ambiente levemente más húmedo que el anterior. Algo similar se observa en el PCA donde se diferencian conjuntos de mayores porcentajes de Poaceae con presencia de indicadores de humedad local. Entre 5738 - 4071 años AP se observa una disminución de las especies de la estepa herbácea, un aumento y diversidad de las arbustivas, y un leve incremento de los indicadores de humedad local. En cuanto a las características de los sedimentos, se observa una composición de grano un poco más gruesa hacia 11.650 años AP, dominada en este tramo por limos, en tanto en el resto de la secuencia dominan las arcillas. Los estudios sedimentológicos, junto a los análisis polínicos, permiten interpretar la secuencia como un primer momento *ca.* 11.650 años AP, donde la dinámica es fluvial (limos y arenas finas), rodeada de vegetación de cauce (pastizales dominados por Poaceae).

Luego, entre 5738 - 4071 años AP, se evidencian mayores porcentajes de la estepa arbustiva puneña (y aumento de la diversidad polínica) y se mantienen los elementos de humedad local, en tanto aumentan las concentraciones (acentuándose desde 4738 años AP). Estos valores de humedad local (propios del desarrollo de una vega) se incrementan levemente en la zona 1b y después se mantienen relativamente estables. Esta aparición de elementos de humedad local con aportes de elementos puneños se debe a que probablemente la turbera haya funcionado como una trampa polínica de la vegetación regional. Esto es coherente con la expansión y el aumento en la diversidad de la estepa arbustiva entre 5738 - 4071 años AP.

También se detecta mayor presencia de *Alnus sp.* para este momento, señalando una intensificación de vientos cálidos del este. Precisamente para este periodo se instala un ambiente léntico con sedimentos más finos y laminación de materia orgánica.

Hay anomalías secas en la discordancia erosiva, 5071, 4627 y 4516 años AP. En 5738 años AP, el valor es cero. Post 5738 años AP, presentan valores aun más bajo el índice (5738 - 4071 años AP).

La presencia permanente de la estepa arbustiva permite inferir que el clima regional fue seco durante todo el periodo 6000 - 4000 años AP, con fases alternantes de humedad/sequías representadas por la relación estepas herbáceas/arbustivas.

Sobre los indicadores de disturbio es importante considerar que por los porcentajes podrían ser parte de la vegetación natural de la estepa arbustiva puneña (no más del 20%), como se ha podido observar en los estudios realizados sobre la vegetación y la lluvia polínica de superficie

en esta misma localidad.

DISCUSIÓN DE LA HISTORIA PALEOAMBIENTAL Y EVOLUCIÓN DE LA VEGETACIÓN EN LA PUNA SECA DE JUJUY

La secuencia del testigo Cruces 1, cuya muestra más temprana está datada en 11.650 años AP, presenta los máximos valores de estepa arbustiva de todo el espectro polínico, acompañado también de altos valores de estepa herbácea, bajos valores de humedad local y de concentración polínica. En conjunto, estas observaciones podrían indicar que, durante finales del Pleistoceno, el ambiente fue más árido que durante el Holoceno temprano. La relevancia de este registro radica en que son escasas las secuencias sedimentarias que registren este periodo en el área. Los antecedentes obtenidos en otras regiones como los análisis isotópicos y partículas de polvo en diferentes núcleos de hielo en los Andes (Thompson *et al.* 1995, Thompson *et al.* 1998, Ramírez *et al.* 2003), marcan un periodo más húmedo y frío. Por otra parte, los estudios realizados sobre columnas sedimentarias extraídas de diferentes cuencas lacustres señalan un primer momento más húmedo (13.000 – 11.500 años AP) seguido de otro más árido (Sylvestre *et al.* 1999, Baker *et al.* 2001, Bobst *et al.* 2001, Paduano *et al.* 2003).

Durante el Holoceno temprano, tanto en Lapao 5 como en Pastos Chicos, los análisis polínicos marcan la dominancia de la estepa herbácea, estable y con altos valores de concentración polínica. Precisamente, los análisis de diatomeas y materia orgánica en Pastos Chicos evidencian este cambio entre *ca.* 9300 - 7500 años AP (Morales 2011, Pirola 2014), mientras que el polen lo registra *ca.* 9300 - 7000 años AP. Esta información se interpreta como un periodo estable de aumento de la humedad con amplias zonas litorales vegetadas. Las diferencias cronológicas detectadas por los diferentes *proxies* analizados obedecen al tiempo y la sensibilidad de respuesta de cada uno de ellos (Tchilinguirian *et al.* 2014). En el caso de Lapao 5, entre *ca.* 9300 - 8100 años AP, se observa un claro aumento de las taxa indicadoras de humedad local y altos valores de concentración polínica, con valores máximos de expansión de la vega entre 8800 - 8600 años AP. Estos resultados se apoyan en los análisis de sedimentos, que también muestran la presencia de paleosuelos orgánicos con diatomita. También los estudios de diatomeas muestran la dominancia de especies de vida litoral entre 9000 - 8850 años AP, aumentando aun más entre 8800 - 8100 años AP. Posteriormente, entre 8100 – 7317 años AP hay un cambio hacia condiciones de mayor aridez, representado por la dominancia de especies bentónicas (Morales 2011). Para explicar la presencia de una vega en la quebrada de Lapao durante el Holoceno temprano y comienzos del Holoceno medio, se han planteado dos hipótesis climáticas. Estas señalan que este proceso pudo haber sido producto

de condiciones de aumento de la humedad (Nester *et al.* 2007, Rech *et al.* 2002, 2003) o de periodos de precipitaciones de baja intensidad pero distribuidas regularmente a lo largo del año (Servant y Servant-Vildary 2003).

Asimismo, es importante destacar que la metodología del análisis polínico permite en algunos casos discernir entre la vegetación regional y la local. En este caso, el desarrollo de una vega en el marco de una estepa con mayores porcentajes de Poaceas podría ser un indicador de aumento de la humedad regional. Esta idea apoyaría la hipótesis de aumento de las precipitaciones, ya que es solo bajo esas condiciones que una extensión del pastizal andino a cotas más bajas que las actuales podría desarrollarse.

La superposición cronológica de las secuencias de Lapao 5 y Pastos Chicos ha permitido su comparación. En ambos casos se han observado condiciones generales de humedad durante el Holoceno temprano: entre 9300 - 8100 años AP en Lapao, y entre 9300 - 7000 años AP en Pastos Chicos. Sin embargo, en ambas secuencias se han detectado breves eventos de aumento de la aridez, en 9026, 8877 y 8015 años AP en Pastos Chicos, y en 9000 y 8840 años AP en Lapao. También se ha podido mostrar una mayor estabilidad de Pastos Chicos en relación al resto de las secuencias. Estas diferencias en la finalización del periodo de aumento de la humedad entre los registros de Lapao 5 y Pastos Chicos han sido explicadas como producto de las diferencias en el área de captación de la cuenca hídrica en la que se encuentra cada uno de ellos (Lapao 110 Km² y Pastos Chicos 1000 Km²) (Tchilinguirian *et al.* 2014).

Sobre la formación de estos depósitos de materia orgánica que señalan condiciones de mayor humedad, Tchilinguirian *et al.* (2014) explican que se relacionan con un desequilibrio positivo entre la productividad primaria y la vegetación litoral. Al mismo tiempo, este desequilibrio debe ser mayor que la acumulación sedimentaria de la llanura de inundación y la tasa de incisión del lecho fluvial. Ambos procesos, la formación de depósitos de materia orgánica y paleosuelos orgánicos, están controlados por diversos factores, como: 1) la presencia de agua constantemente disponible con variaciones de flujo menores, que genera una estabilidad geomorfológica en el entorno de la llanura de inundación; 2) la cercanía de la superficie o surgente del nivel de agua subterránea; 3) pequeñas variaciones en la profundidad de la capa freática; y 4) bajos valores de salinidad y alcalinidad.

Los antecedentes paleoambientales de los análisis realizados en los núcleos de hielo conocidos para el área andina (ca. 6000 m snm) evidencian para este periodo un clima más cálido y seco (Thompson *et al.* 1995, Ramírez *et al.* 2003, Reese *et al.* 2013). Interpretaciones similares han sido obtenidas a partir del estudio de otros registros en Laguna Seca (Baied y Wheeler 1993) y Puna de Atacama en Chile (Ochsenius 1976). Sin embargo, los resultados obtenidos también en el norte de Chile (Latorre *et al.* 2003), los cuales señalan que entre 13.500 - 9600 años AP

hubo una fase húmeda entre los 3100 - 3300 m snm, representada por altos valores de herbáceas en el registro polínico de los *packrat middens*. Así también los estudios realizados en la Puna Argentina han detectado el corrimiento descendente de las fajas de vegetación del pastizal andino en el área de la Puna, como se observa en Barro Negro, entre 12.500 - 10.200 años AP, y El Aguilar entre 10.000 - 7500 años AP (Markgraf 1985, Fernández *et al.* 1991).

Sobre las posibles causas de estos cambios ambientales detectados a partir de diferentes líneas de evidencia en diversas localidades, se sostiene que un aumento de las temperaturas podría haber producido el aporte de agua de deshielo en cotas más bajas, dando como resultado un aumento del nivel de lagos puneños. También Rech *et al.* (2002, 2003) lo explica como un fenómeno de alcance regional, impulsado por un clima más húmedo. En esta misma dirección, Servant y Servant-Vildary (2003) sugirieron que los humedales de ambientes fluviales se han desarrollado en condiciones de precipitaciones no tormentosas, que favorecieron la infiltración de agua de deshielo y, consecuentemente, mejoraron la recarga de aguas subterráneas. En contraste, sobre la presencia de depósitos de turba –como los observados– Grosjean *et al.* (2001), manifiesta que estos pueden considerarse fenómenos locales y procesos geomorfológicos asociados a los altos niveles del agua subterránea local.

Sobre esta base de datos, Morales (2011) presenta un modelo que sostiene que, para este periodo, los recursos se presentan abundantes en todos los sectores de la Puna Seca, a excepción de: 1) las “tierras altas” (> 4000 m snm) al oeste de la cuenca del río Pastos Chicos, 2) las tierras ubicadas al oeste de la cuenca Olaroz-Cauchari, 3) la cuenca superior del río Rosario de Susques y 4) en torno al Complejo Lagunar Vilama. Por el contrario, las “tierras bajas” ubicadas al norte de la laguna de Guayatayoc, entre la serranía de Rinconada y la de Zenta-Santa Victoria, concentran la mayor abundancia de recursos de la Puna Seca. Esto es coherente con lo observado en los casos de Lapao y Patos Chicos.

El periodo del Holoceno medio se ha podido estudiar a partir de la secuencia sedimentaria de testigo Cruces 1, Lapao 5 y Pastos Chicos. En Barrancas (TC1), se detecta un aumento paulatino de las especies de la estepa arbustiva, que indican condiciones más áridas que las anteriores, durante el lapso cronológico 6139 - 4071 años AP. A su vez, aparecen elementos indicadores de humedad local que señalan la presencia de una vega. La presencia de *Alnus acuminata*, un árbol proveniente del bosque superior de las yungas, que durante el periodo estival es transportado por la acción de los vientos del este. Este taxa apuntala la idea de un ambiente más cálido durante este periodo.

En el caso de Lapao 5, hacia *ca.* 7700 - 7500 años AP los análisis de polen, diatomeas y sedimentos coinciden en la presencia de una vega menos estable y en proceso de retracción que el periodo anterior (Tchilinguirian *et al.* 2014).

Actualmente en la quebrada de Lapao, se han observado procesos erosivos de la llanura de inundación (incisión), niveles freáticos profundos, efímeros e inestables. Así también se ha señalado que la presencia de dunas en varios lugares del sistema de Lapao que impiden el desarrollo de los suelos orgánicos. Las características de las vegas modernas estudiadas evidencian un pobre contenido de materia orgánica y muestran claramente las diferencias entre las condiciones de formación ambiental de principios y mediados del Holoceno y las de los tiempos modernos (Tchilinguirian *et al.* 2014).

En el caso de Pastos Chicos, el pasaje a condiciones más áridas ocurre *ca.* 7000 años AP según el polen, y *ca.* 7500 años AP según los análisis de diatomeas y materia orgánica (Morales 2011, Pirola 2014). No obstante, los valores de abundancia de polen coinciden al señalar una reducción marcada en sus valores y un aumento en la diversidad taxonómica de las especies de la estepa arbustiva *ca.* 7000 años AP.

Como se puede observar, los cambios hacia condiciones de mayor aridez en Pastos Chicos y Lapao se dan entre 8000 - 7000 años AP. Sin embargo esta cronología no está representada en el caso de Barrancas sino que se halla un hiato erosivo que pasa de 11.650 años AP a 6333 años AP. Por lo tanto, es de suma importancia avanzar en el estudio de las causas de estas características en esta última localidad.

La ventaja de estudiar los cambios de la vegetación en diferentes escalas espaciales es el enriquecimiento de la discusión acerca del carácter ambiental del Holoceno medio, ya que permite en este caso evaluar bajo qué condiciones se desarrolló la vega. La presencia de un cuerpo de agua vegetado y de alta productividad, en contraste con un ambiente regionalmente más árido, cobra relevancia para la supervivencia de los seres vivos.

Para este periodo, los antecedentes de los núcleos de hielo concuerdan con la interpretación de un ambiente considerablemente más seco entre 9000 - 6000 años AP (Thompson *et al.* 1995, 1998, Ybert 1984, Reese *et al.* 2013). Aunque también se han hallado evidencias de presencia de humedad local en Humedal de Tiquimani (Ledru *et al.* 2013), Laguna Seca (Baied y Wheeler 1993) y Miscanti (Grosjean *et al.* 2001).

Particularmente en la Puna de Jujuy, Markgraf (1985) señala un ambiente más seco entre 7500 - 4000 años AP, Schäbitz *et al.* (2001) lo registra para el periodo 8500 - 2000 años AP, Lupo (1998) y Kulemeyer (2005) entre 8000 - 6000 años AP y Schitteck *et al.* (2012) en Chorcan entre 4700 - 2800 años AP. Sin embargo, Grana y Morales (2005) también detectan la presencia de un paleosuelo *ca.* 5880 años AP y Tchilinguirian (2008) detecta lo mismo entre 7900 - 4500 años AP, estos últimos en Catamarca. También en cotas altitudinales más altas, como Alto Tocomar (> 4300 m snm) se evidencian condiciones más húmedas entre 8200 - 5700 años AP (Morales y Schitteck 2008).

Las tendencias generales muestran un proceso de aridización durante el Holoceno medio en los Andes Tropicales y en la Puna Argentina. Aunque algunas localidades parecen haber retenido condiciones de humedad local (Tchilinguirian y Morales 2013).

Las posibles causas de estas diferencias se deben, al igual que en el caso del Holoceno temprano, a las características de la cuenca. Así como también se relacionan con la sensibilidad del *proxy* y a la capacidad de formación de paleosuelos, como ya ha sido mencionado en párrafos anteriores.

Para el Holoceno tardío, el perfil Cruces 2 evidencia un cambio desde condiciones más húmedas, aunque inestables, con altos valores de la estepa herbácea y concentración polínica entre 4510 - 3491 años AP, a condiciones más áridas pero estables post 3419 años AP. Cabe destacar también la presencia de elementos indicadores de impacto antrópico entre 3928 - 3491 años AP. Post 3491 años AP las condiciones se tornan aun más áridas pero son más estables (M62 y M72). Sobresale la presencia de elementos de humedad local entre 3346 - 2764 años AP. Estas observaciones se apoyan también en los estudios sedimentológicos, que marcan un cambio de depósitos de arcillas a arenas y luego gravas. Aunque, debe mencionarse que las condiciones de mayor humedad fueron al mismo tiempo momentos de inestabilidad.

Se ha observado que existe una superposición cronológica (de 500 años) entre el perfil Cruces 2 y el testigo Cruces 1 (4500 - 4000 años AP). Para este momento, ambos registros coinciden en altos valores de la estepa herbácea, en detrimento de la estepa arbustiva, de aumento de la concentración polínica y sedimentos compuestos por depósitos arcillosos con laminación de materia orgánica. Aunque la resolución cronológica es diferente, ya que en el testigo es centenaria y en el perfil Cruces 2 es de una muestra cada *ca.* 250 años.

Los antecedentes de los análisis de isótopos de δD_{180} , $15N$ y polvo atmosférico en los núcleos de hielo de Huscaran marcan un periodo cálido máximo entre 6500 - 5200 años AP, y un posterior descenso de los valores de δD_{180} hacia 5200 años AP (Liu *et al.* 2005).

También en Chile los análisis polínicos realizados en Laguna Seca señalan que entre 7000 - 6500 años AP se desarrollaron condiciones áridas y cálidas; entre 5000 - 4000 años AP húmedas; y desde 3000 años AP, áridas (Baied y Wheeler 1993).

Hasta el momento la información paleoambiental disponible para este periodo es escasa en la Puna Argentina. Los análisis realizados por Tchilinguirian (2008) señalan para la Puna de Catamarca un periodo húmedo entre 4500 - 1500 años AP y posteriormente a esta fecha se torna más árido. También en Catamarca, Rodríguez y Aschero (2005), a partir de estudios de arqueobotánica del sitio Quebrada Seca 3, destaca la presencia de un humedal entre 8000 - 4000 años AP. Kulemeyer *et al.* (2013) en Laguna de Coctaca, Valle del Bolsón, Catamarca,

evidencian condiciones de mayor humedad que la actual entre 6000 - 2700 años AP y más marcado entre 2700 - 1450 años AP.

Para los últimos 500 años los resultados obtenidos del perfil Lapao 2, que posee una resolución cronológica cuasi decadal (10 - 30 años), marcan una vegetación de estepa mixta (herbácea-arbustiva) entre 1646 - 1966 cal. DC, interrumpida por un periodo seco entre 1681 - 1760 cal. DC con el desarrollo de una vega. Esto es coincidente con lo observado en Cordillera Real, Bolivia, donde los análisis de geomorfología glacial realizados por Rabatell *et al.* (2008) señalan un ambiente seco, caracterizado por un aumento de la estepa arbustiva, entre 1600 - 1700 cal. DC. Asimismo, las condiciones de extrema aridez registradas en Lapao 2 comparten las tendencias similares detectadas a partir de otros análisis polínicos en los registros de Sajama y Quelccaya, aunque con leves discrepancias cronológicas ya que en estos casos ocurren hacia 1700 - 1875 DC (sin calibrar) (Thompson *et al.* 1995, 1998, Liu *et al.* 2005). A su vez, estos datos refuerzan también los generados en otras localidades de la Puna Argentina como laguna Pululos (Lupo *et al.* 2007).

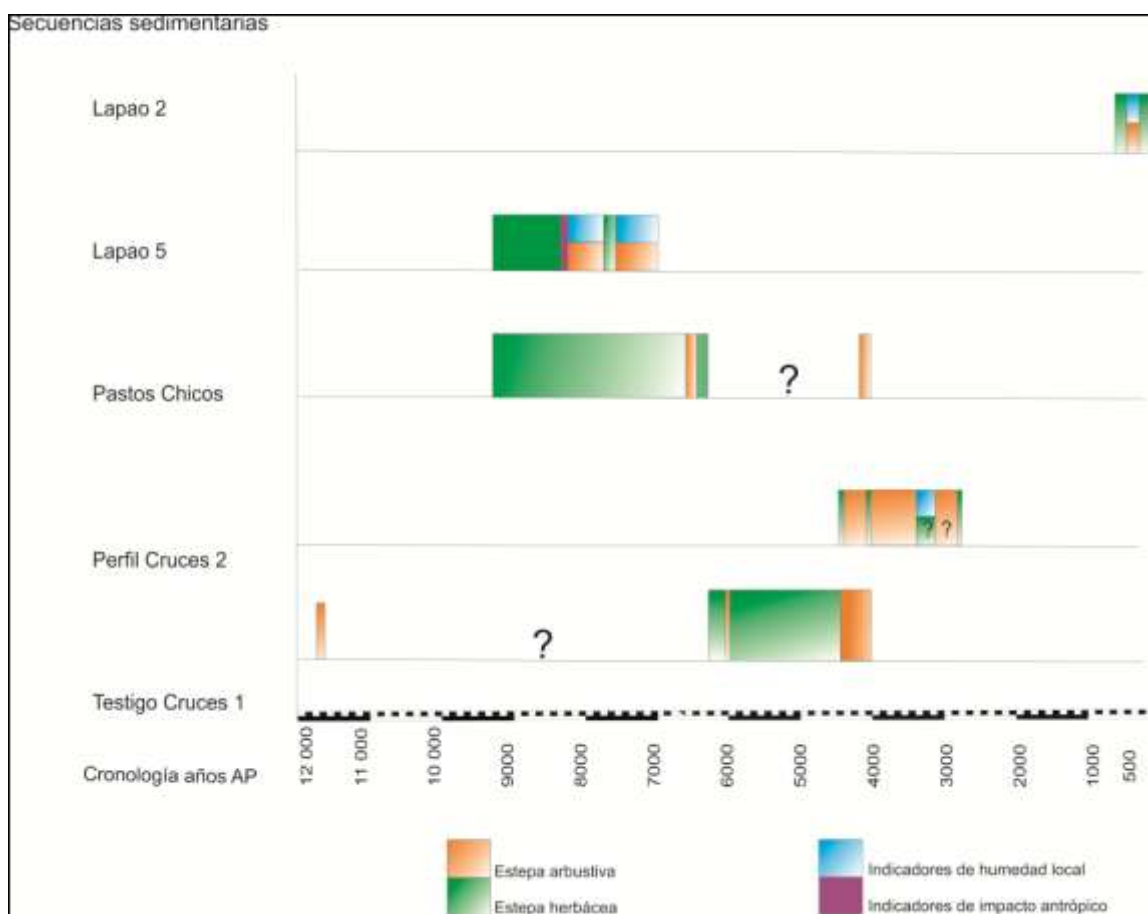


Figura 58. Esquema de síntesis de las secuencias polínicas.

DISCUSIÓN DEL REGISTRO ARQUEOLÓGICO EN SU CONTEXTO AMBIENTAL

PLEISTOCENO

Para este periodo no se registran ocupaciones humanas en el área. Esto podría deberse a condiciones más extremas que habrían mantenido esta área como marginal durante el periodo de dispersión inicial de las poblaciones humanas en el continente sudamericano.

El hallazgo de megafauna podría avalar la hipótesis de condiciones ambientales más frías en Barro Negro (3800 m snm) en Argentina y, posiblemente, en Tuina 5 (2800 m snm) en Chile. Si esto fue así por debajo de la cota altitudinal de 3600 m snm, más extremas aun deben haber sido las condiciones climáticas en cotas más altas.

HOLOCENO TEMPRANO

En una escala regional, se ha podido observar que las evidencias arqueológicas indican que hacia *ca.* 11.000 años AP se encuentran las ocupaciones más tempranas de la Puna argentina y hacia *ca.* 9000 años AP la colonización de este espacio ya se habría efectuado (Yacobaccio 2014). En líneas generales, el registro arqueológico de este periodo se caracteriza por unos pocos sitios ubicados en aleros y cuevas cercanos a las fuentes de recursos principales; la muestra arqueofaunística está dominada en algunos casos por chinchillidos y, en otros, por camélidos; los artefactos líticos están confeccionados con materias primas locales y con una baja inversión de energía. Asimismo, los vegetales hallados en el sitio, provenientes de áreas aledañas denotan un buen conocimiento de los recursos regionales. Esto también se observa en la complementación de los sitios con actividades diferenciadas, como Inca Cueva 4 y Huachichocana III. Tradicionalmente, y sobre la base de unos pocos trabajos paleoambientales, se ha propuesto que este proceso se habría dado bajo condiciones de un ambiente más estable y húmedo. Algunos de estos trabajos han señalado la extensión del pastizal altoandino (estepa herbácea) a elevaciones más bajas, como producto del aumento de las precipitaciones (Betancourt *et al.* 2000). Los resultados obtenidos en Pastos Chicos y Lapao han demostrado ser coherentes con las tendencias conocidas para el área.

Sobre esta base de datos, se puede sostener que el aumento de la producción primaria del medio ambiente habría permitido una mayor cantidad de biomasa animal. En relación con esto, la distancia entre parches habría disminuido, lo que a su vez habría proporcionado a los grupos de cazadores-recolectores una mayor oferta energética de recursos en distancias más cortas. Los resultados paleoambientales obtenidos avalan esta hipótesis (Oxman y Yacobaccio 2014).

Bajo estas condiciones, una estrategia de tipo *foragers*, pequeños grupos con una alta

movilidad residencial hacia la fuente de recursos alimenticios, sería lo esperable. A su vez, esta alta movilidad residencial generaría una baja intensidad de ocupación de los sitios. Estas características de la estrategia *forager* también han sido asociadas a las de una baja demografía.

Sin embargo, se ha observado que los cambios climáticos impactan sobre el medio ambiente en diferentes escalas espaciales y temporales. En este sentido, igualmente se espera cierta variabilidad en el manejo de los recursos animales y vegetales, cuya disponibilidad depende de factores ambientales y climáticos (patrones de lluvia, humedad y temperatura, entre otros). En este contexto, una estrategia de alta movilidad para la obtención de recursos de diferentes parches ecológicos apoyaría la hipótesis del consumo de pequeños mamíferos como una respuesta de corto plazo en una etapa de reconocimiento de la dinámica del medio ambiente, en la que mejores condiciones ambientales permiten el desarrollo de una estrategia oportunista de obtención de los recursos locales, lo que explica la gran variabilidad observada en la abundancia de los recursos animales en diferentes sitios (Yacobaccio 1990). Estas respuestas de corto plazo serían el principio del diseño de las respuestas de largo plazo, del circuito planificado y la complementación andina de los recursos a diferentes niveles altitudinales (Yacobaccio 2014, Oxman y Yacobaccio 2014).

HOLOCENO MEDIO

Como ya ha sido mencionado, el debate del Holoceno medio gira en torno al proceso de aridización regional (Hypsithermal). Para la Puna Seca Argentina, Morales (2011) señala que durante el periodo 8000 - 6000 años AP, la mayor parte de las zonas de concentración de recursos ubicadas por debajo de los 4000 m snm habrían desaparecido, siendo excepcionales las asociadas a las cuencas principales. Esto habría sido aun más marcado para el periodo 6000 - 4000 años AP. Este modelo es corroborado por los resultados obtenidos en Barrancas, donde –si bien se trata de un periodo regional de mayor aridez– se ha detectado la presencia de un ambiente fluvial. Al respecto, se calcula que la distribución general de los recursos de subsistencia para los grupos humanos (tanto vegetales como animales) durante el periodo 8000 - 6000 años AP habría sido mucho más dispersa debido al descenso regional en su abundancia, generado por la marcada reducción de las precipitaciones y el aumento de las temperaturas del área. Sin embargo, dicha dispersión parece haber sido mucho más importante durante el periodo 7000 - 6000 años AP que en el inmediatamente anterior entre 8000 - 7000 años AP (Morales 2011). Esto también implica un aumento de la distancia entre los parches de recursos. En términos de adaptación humana, una estrategia de tipo *collector*, con una movilidad logística en búsqueda de recursos específicos para luego retornar a su base

residencial, sería lo esperable. Esta hipótesis se apoya también en las evidencias arqueológicas que muestran sectores con ocupaciones escasamente representadas y otros con ocupaciones intensas, que probablemente representan las bases residenciales. En este sentido, y siguiendo los modelos de selección de parches y minimización del riesgo, es probable que se haya aumentado la diversificación en el uso de sectores del espacio que presentaban oferta diferencial de recursos (López 2008). Esta concentración de los recursos en zonas discretas del paisaje habría aumentado la predecibilidad del encuentro de las presas.

También es importante señalar que este periodo se caracteriza por un aumento en el registro arqueofaunístico de huesos de camélido, siendo dominantes las mediciones correspondientes a tamaños de vicuña, otras similares al estándar del guanaco actual y algunas más grandes, comparables a valores de llamas actuales (López y Restifo 2012). Ya a fines del Holoceno medio se observa un claro aumento de los tamaños similares a los de llama actual. En relación al cambio ambiental, esto podría deberse a presiones sobre los recursos y/o al proceso de domesticación de camélidos (Moore 1989, Wheeler 1998).

Incluso se han propuesto las innovaciones tecnológicas y estandarización en la tecnología de armas como una forma de mitigar las condiciones ambientales adversas. Entre ellas se destacan: el aumento de la frecuencia de módulos laminares, que aumenta el largo de los filos cortantes, a presencia de tecnología de hojas *ca.* 6000 años AP, y la diversificación observada en los cabezales líticos (Restifo 2013a, Restifo 2013b) relacionada a las técnicas de caza con arma arrojada y construcción de parapetos (Aschero y Martínez 2001) e instrumentos de mayor inversión técnica, grado de integración en las etapas productivas y complejidad de producción de los artefactos (Hoguín 2013, Hoguín y Oxman 2014).

Asimismo, se ha sostenido que estos cambios también podrían estar relacionados con una mayor residencia de la población en este entorno, un mejor conocimiento del paisaje y una mayor estabilidad de sus redes de transmisión. Las nuevas condiciones de aridez podrían haber tenido consecuencias sobre la organización de las poblaciones, en las estrategias de aprovisionamiento de recursos en general y de la caza en particular, como lo demuestra el aumento gradual de la representación en las muestras arqueofaunísticas de los camélidos hacia el final de la Holoceno temprano en varios sitios (Yacobaccio *et al.* 2013). Estos cambios pueden haber fomentado el aumento de las innovaciones observadas en el registro arqueológico y la diversificación de los artefactos, como se observa en el abrigo rocoso Hornillos 2 (Hoguín y Oxman 2014).

HOLOCENO TARDÍO

Para el periodo del Holoceno tardío se ha propuesto el desarrollo de nuevas estrategias económicas, de movilidad y “complejidad” en las adaptaciones humanas. Quizás el cambio más destacado de este periodo han sido las primeras evidencias de domesticación de camélidos (4000 - 3500 años AP). Al respecto, algunos autores han indagado las posibles causas de la domesticación y han propuesto la posibilidad de que los grupos humanos comenzaron a guardar rebaños de camélidos cuando los cambios en el clima provocaron dificultades en la caza de camélidos silvestres. En este sentido, se ha postulado que el clima se tornó más seco, generando una escasez de animales silvestres (Browman 1974, Hesse 1982, Kuznar 1990). El Holoceno medio no se ve representado en los sedimentos del perfil Cruces 2. Sin embargo la composición de la vegetación permite sostener que las condiciones continuaron siendo áridas durante el Holoceno tardío, aunque más benignas hacia 4500 años AP y nuevamente encruceciéndose post 4000 años AP. Estos resultados coinciden en líneas generales con los trabajos que señalan un aumento de las condiciones ambientales de humedad en diferentes localidades de los Andes centro meridionales hacia 4500 años AP. Esto se puede observar en las investigaciones realizadas en Titicaca a partir del análisis de ostrácodos, diatomeas, sedimentos e isótopos estables (Binford *et al.* 1997, Mourguriart *et al.* 1995, Baker *et al.* 2001), así como en los estudios en Laguna Seca, Chile (Baied y Wheeler 1993), estudios de polen fósil y sedimentos en Yavi y Piscuno en la Puna argentina (Kulemeyer y Lupo 1994), entre otros.

Asimismo, desde el modelo de minimización del riesgo, para el caso de la Puna también se propone el pastoralismo como estrategia de intensificación en los recursos de más alto ranking (los camélidos) a fin de hacer frente a condiciones ambientales adversas (López 2008). A partir de la estrategia pastoril, se modificó el nicho económico y los grupos humanos tendieron a estabilizarse cada vez más (López 2008).

En cuanto a la tecnología lítica, se ha observado que, si bien la tecnología laminar proliferó en el Holoceno medio, esta continuó hasta el Holoceno tardío *ca.* 3800 años AP (Fernández Distel 1986). Posteriormente, esta tecnología desaparece del registro y se encuentran unas puntas de proyectil apedunculadas o pedunculadas más pequeñas y mayormente confeccionadas en obsidiana (Muscio 2011a, Mercuri 2011). Este tipo de puntas han sido asociadas a una nueva tecnología de armas: el arco y la flecha. Esta tecnología implica una complejidad creciente en las tecnofacturas, que puede ser relacionada a la especialización en la obtención y procesamiento de los camélidos. Asimismo, los conjuntos arqueofaunísticos registran una alta proporción de camélidos y se han identificado animales más grandes, quizás por protección de segmentos poblacionales (Yacobaccio 2001). En el área de Susques, la evidencia del Alero

Unquillar, con fechados entre *ca.* 3500 - 3000 años AP, se relaciona con los indicadores generales de mayor reducción de la movilidad e intensificación en el consumo de los camélidos con un manejo de segmentos poblacionales (Yacobaccio *et al.* 2000).

A modo de síntesis, estos procesos podrían interpretarse a partir de las presiones ecológicas del Holoceno medio, que persistieron aunque aun más variablemente a lo largo del Holoceno tardío y hasta la actualidad en un ambiente segmentado en parches. En este marco, se habría reducido la movilidad residencial, la cual sería una condición importante para la promoción del proceso de domesticación, a través de mecanismos como el *protective herding* (Yacobaccio 2001). El riesgo ambiental, la reducción de la movilidad residencial, el agrupamiento en determinados sectores del espacio, mayores tamaños de grupo y presiones de competencia sobre recursos de caza, podrían haber desencadenado la relación coevolutiva que determinó la domesticación de los camélidos y el posterior asentamiento de una estrategia predominantemente pastoril (Aschero 1994, López 2005, Yacobaccio y Vilá 2002).

ANOMALÍAS

A partir de los estudios en Lapao 2, se detectó un periodo seco entre 1681 - 1744 cal. DC con el desarrollo de una vega. Para la discusión de estos resultados, puede ser de utilidad el trabajo de Lupo *et al.* (2007), donde a partir del análisis paleoambiental y siete sitios arqueológicos (1000 y 1500 cal. DC) se observa una relación prácticamente inversa entre los momentos de mayor humedad y la presencia de fusionados. Esto puede interpretarse como una mayor mortalidad por causas naturales y/o por sacrificio de machos adultos frente a periodos de sequía, como muestra el trabajo de Göbel (2002). Esto es interesante para profundizar en el estudio de la incidencia de estos eventos en escalas temporales más acotadas.

Estas características de restructuración del ambiente son interesantes para pensarlas en términos de disponibilidad de recursos (hídricos y vegetacionales) para los grupos humanos.

En este sentido, podría proponerse la Quebrada de Lapao como un espacio de refugio (aunque no sedentario) durante 1681 - 1744 cal. D.C.

SOBRE LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Los resultados obtenidos permitieron cumplir con el objetivo general de reconstruir las condiciones paleoambientales del lapso cronológico *ca.* 12.000 - 2500 años AP en la región de la Puna Seca Argentina. En una primera etapa, el análisis de la relación polen-vegetación/ clima en el gradiente altitudinal entre los 3600 - 4100 m snm permitió identificar distintos pisos de vegetación, determinar su estrecha relación con el gradiente de las precipitaciones y

temperatura, y evaluar la representatividad del registro polínico de superficie respecto de las comunidades vegetales y su potencialidad como *proxy* de variables climáticas. Este análisis previo fue indispensable para interpretar el registro fósil y reconstruir la historia de la vegetación, climática y paleoambiental de la región de estudio.

Dado que la vegetación puneña es bastante homogénea en su fisonomía, las proporciones y las asociaciones encontradas entre los taxa polínicos de las diferentes localidades de muestreo fueron los elementos claves que permitieron detectar cambios en la vegetación e inferir modificaciones ambientales durante el Holoceno. Sin embargo, también ha sido posible hallar algunos sesgos en los registros polínicos que pueden ser salvados a partir de la asociación entre el polen y la vegetación actual. Esto pudo observarse en, por ejemplo, la sobre-representación en el polen de la familia Poaceae y su asociación tanto con el pastizal altoandino como con zonas de pastizal acotadas por debajo de los 4000 m snm.

Los análisis sedimentológicos y de otros *proxies* analizados, como diatomeas y materia orgánica, han complementado la reconstrucción paleoambiental presentada. Esta información ha reforzado en algunos casos, y precisado en otros, la información polínica obtenida. Así ha colaborado a entender las limitaciones en el tiempo respuesta de la vegetación en relación a otras líneas de evidencia.

La secuencia de Pastos Chicos permitió el abordaje de áreas de captación de *catchment* más amplio (1000 Km²), mientras que Lapao 2 , 5 y Barrancas PCZ2 y TC1 reflejaron señales más locales (110 Km²), como la expansión y retracción de una vega. Asimismo, el perfil Lapao 2 permitió una mayor resolución temporal y la detección de fenómenos de escala centenaria, como la Pequeña Edad de Hielo.

SOBRE LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Hasta el momento se ha comprobado que las condiciones ambientales del Holoceno temprano habrían sido las más húmedas registradas desde fines del Pleistoceno hasta nuestros días, generando una extensión del pastizal andino a cotas más bajas que las de su ubicación actual.

También se ha podido validar que el Holoceno medio presentaría condiciones de mayor aridez que el periodo anterior, ocasionando un retroceso del pastizal andino y produciendo condiciones de humedad en áreas particulares que permitieron el sustento de poblaciones humanas.

Sin embargo, se ha refutado que durante el pasaje del Holoceno medio al tardío habría ocurrido una modificación de la composición de la vegetación del área, debido al corrimiento descendente de los pisos altitudinales de vegetación del pajonal andino, como consecuencia del aumento de la humedad. También se ha detectado cierta variabilidad, aunque no se ha

podido establecer si estas características podrían deberse a los efectos del fenómeno del ENSO en el área. Esta hipótesis deberá continuar siendo investigada.

Según lo observado en los estudios palinológicos del perfil Cruces 2, el Holoceno tardío en este sector de la Puna se caracterizó por ser una fase árida. Tampoco se ha observado un cambio importante en los indicadores de impacto antrópico.

PERSPECTIVAS FUTURAS

A partir de la investigación desarrollada y presentada en la presente tesis, algunas cuestiones han quedado resueltas y nuevos interrogantes han surgido para continuar siendo investigados. Los mismos se detallan a continuación.

- Indagar las causas del hiato sedimentario cuyo lapso cronológico es de 5000 años (post 11.650 - pre 6431 años AP) en el registro del Testigo Cruces 1.
- Corroborar que no exista efecto reservorio en las muestras del área.
- Mejorar la cronología del perfil Cruces 2, a partir de la incorporación de nuevos fechados
- Investigar la posible incidencia del fenómeno del ENSO durante el Holoceno tardío en los archivos ambientales disponibles.
- Ampliar los estudios de los censos de vegetación y polen de superficie.
- Precisar los mapas de vegetación que preliminarmente fueron confeccionados.
- Incorporar nuevos registros paleoambientales de cronologías más tardías (post 2500 años AP) para continuar estudiando las ocupaciones humanas registradas en el área, respecto de las que la información disponible es escasa.






A partir de los resultados obtenidos en esta investigación sobre la evolución de la vegetación y el ambiente bajo el cual se desarrollaron los grupos humanos durante el periodo comprendido entre 12.500 - 2000 años AP en la Puna de Jujuy, se considera importante continuar avanzando en estos estudios a partir de la incorporación de nuevos registros que precisen la información obtenida y de otros que permitan ampliar la cronología y discutir también ocupaciones humanas más tardías (post 2000 años AP). Esta perspectiva paleoambiental para abordar problemáticas arqueológicas sin duda puede aportar al debate de las adaptaciones humanas a través del tiempo en el área e incluso plantear un criterio para el manejo y la explotación de los recursos en la actualidad.

ANEXO 1

(CAPÍTULO 10)

Comparación de las frecuencias relativas polínicas
y de la vegetación de los principales taxa

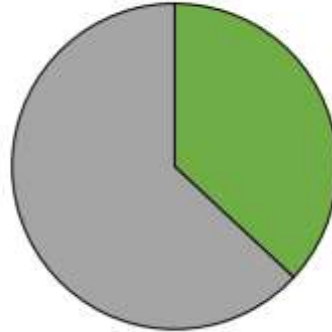
Los valores se expresan como porcentaje de cada censo de vegetación
y porcentajes polínicos de cada una de las muestras de polen de superficie
correspondientes a los censos de vegetación.

	Asteraceae		Ephedra
	Poaceae		Verbenaceae
	Solanacea		

Polen s1



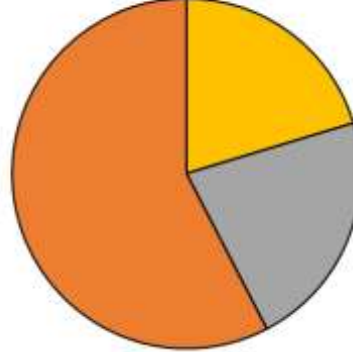
Vegetación c1



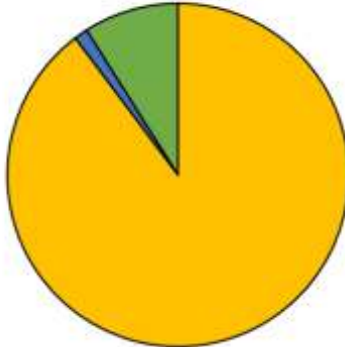
Polen s2



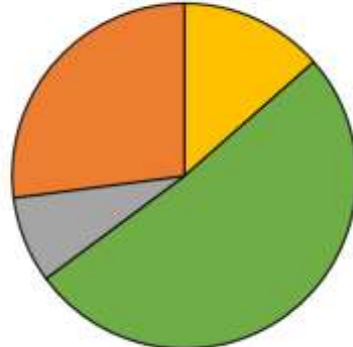
Vegetación c2



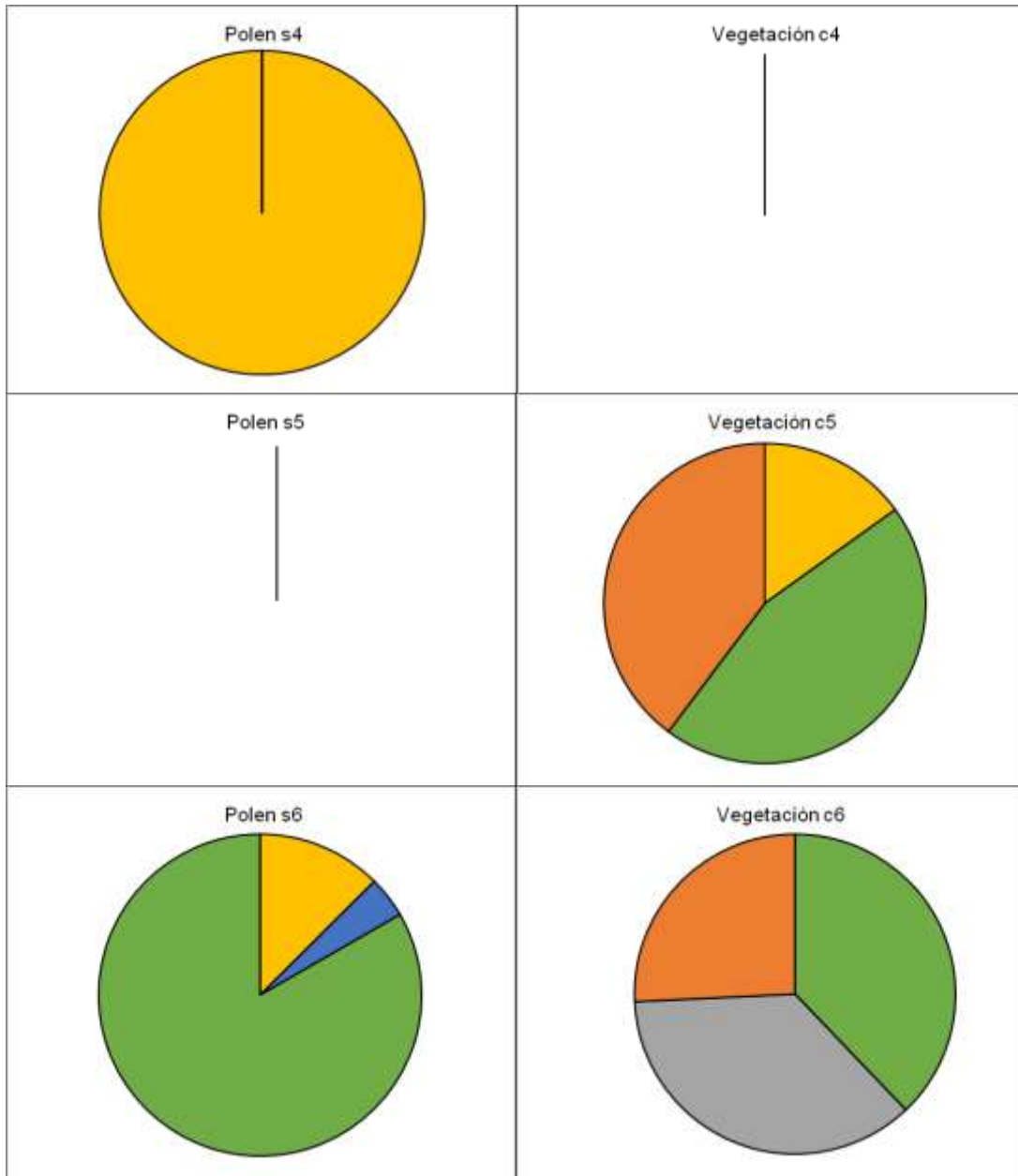
Polen s3








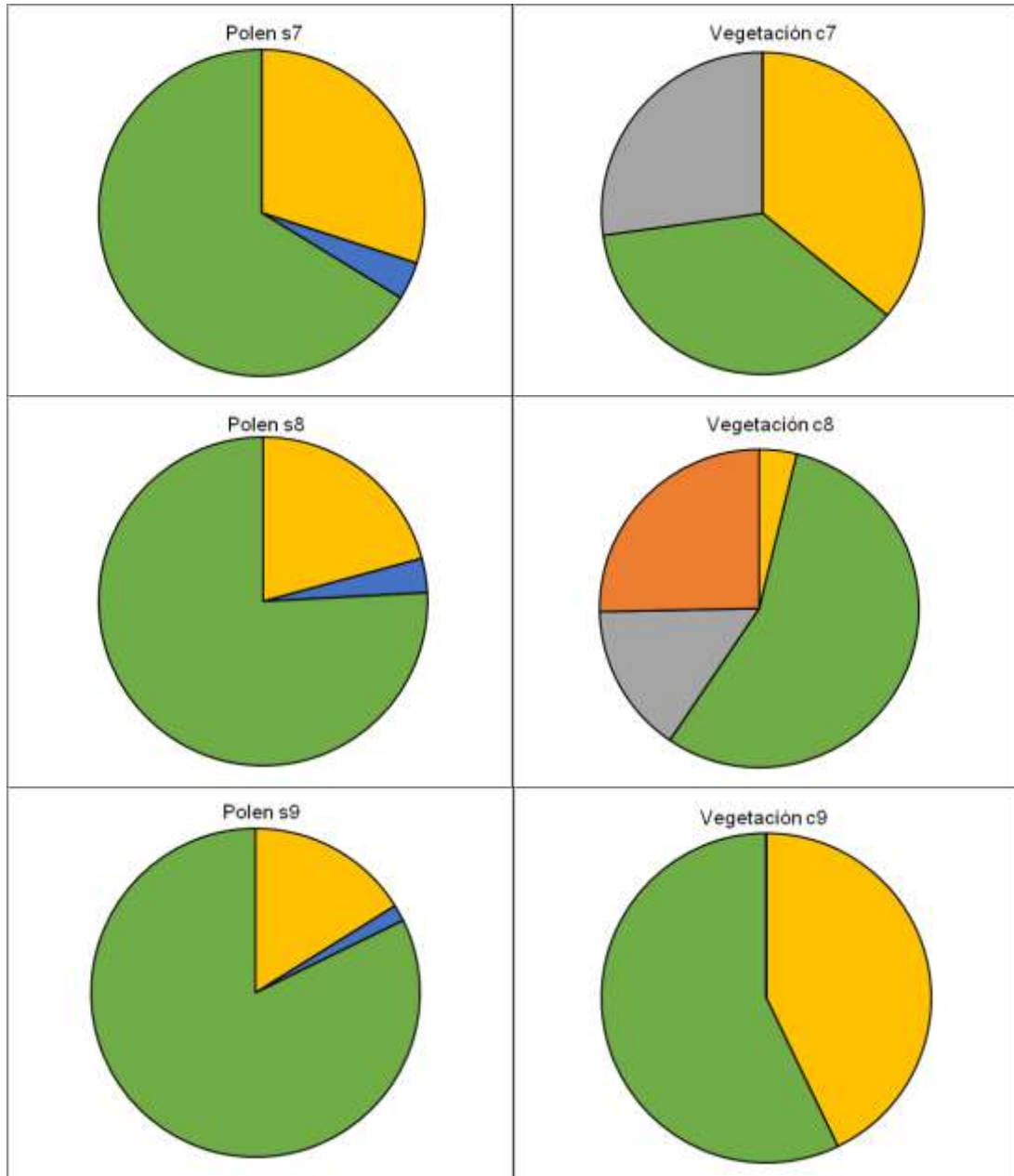
Vegetación c3








	Asteraceae		Ephedra
	Poaceae		Verbenaceae
	Solanacea		

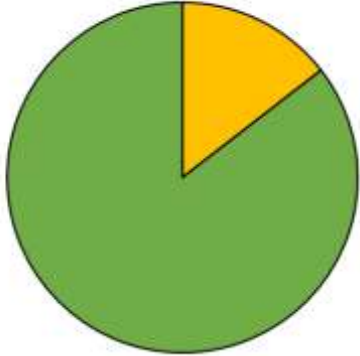


	Asteraceae		Ephedra
	Poaceae		Verbenaceae
	Solanacea		

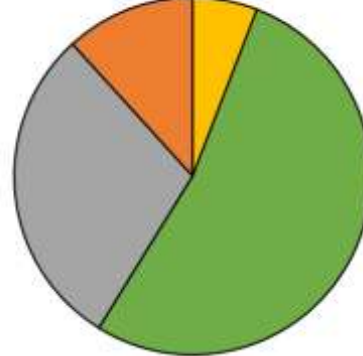


	Asteraceae		Ephedra
	Poaceae		Verbenaceae
	Solanacea		

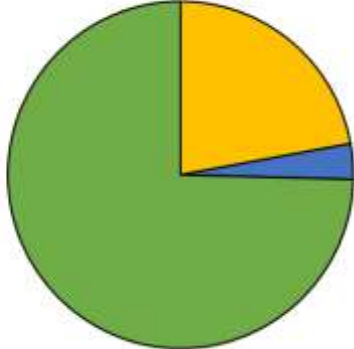
Polen s10



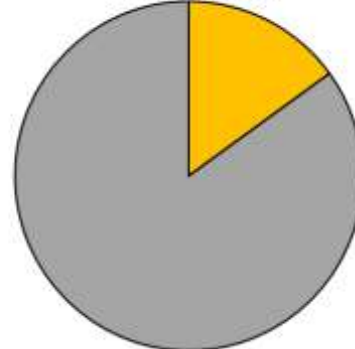
Vegetación c10



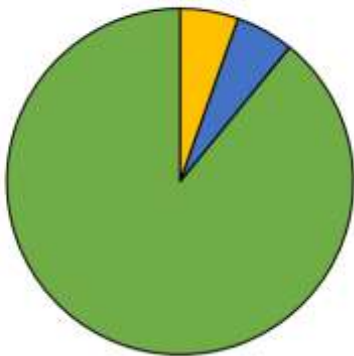
Polen s11



Vegetación c11








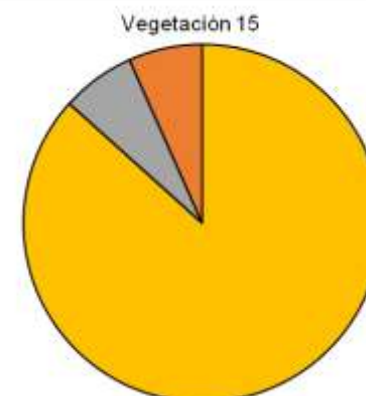
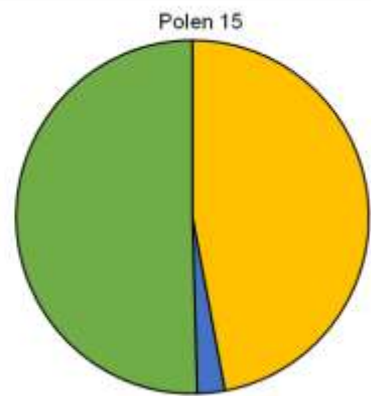
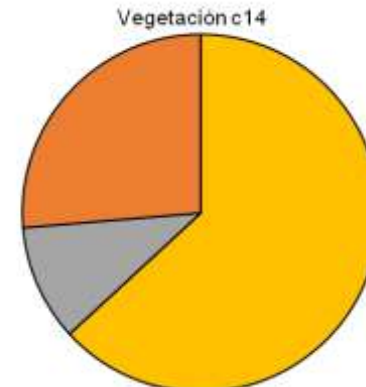
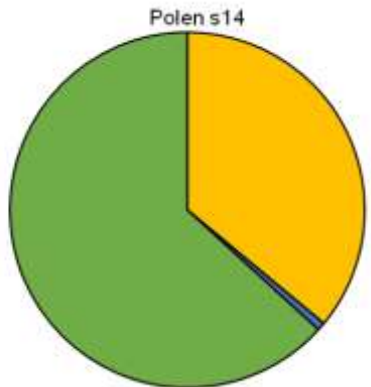
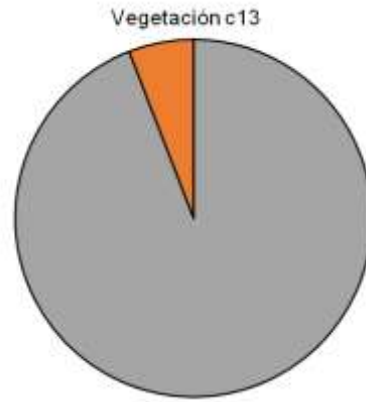
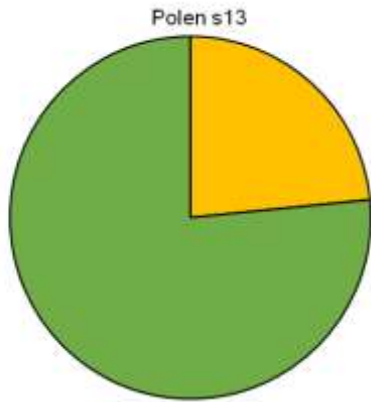
Polen s12








Vegetación c12

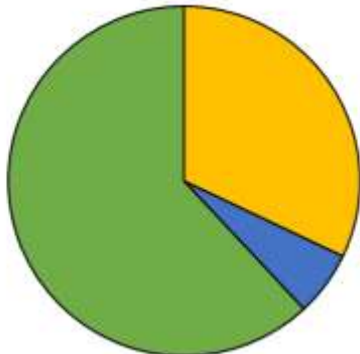


	Asteraceae		Ephedra
	Poaceae		Verbenaceae
	Solanacea		

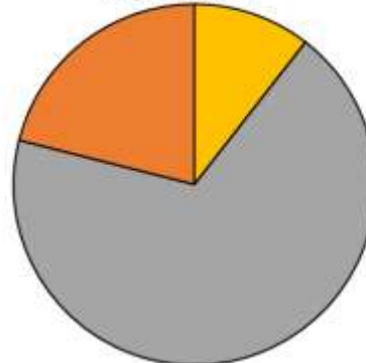


	Asteraceae		Ephedra
	Poaceae		Verbenaceae
	Solanacea		

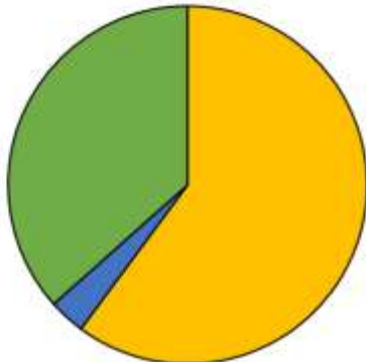
Polen s16



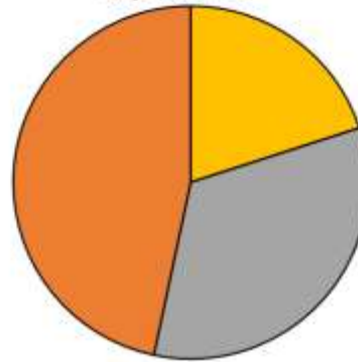
Vegetación c16



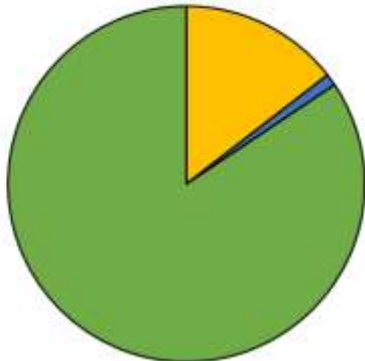
Polen s18



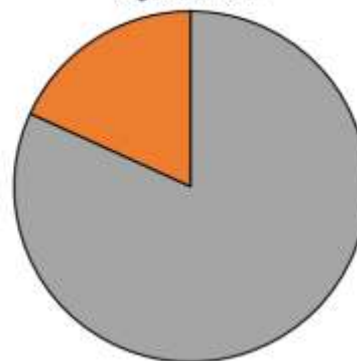
Vegetación c18



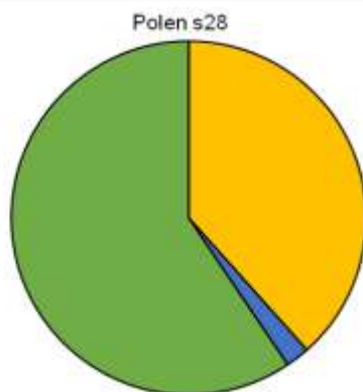
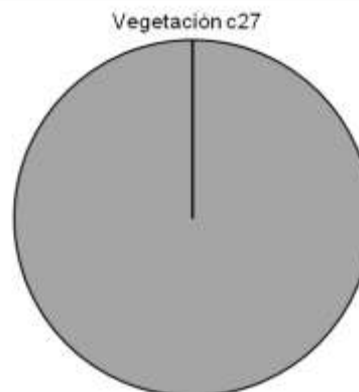
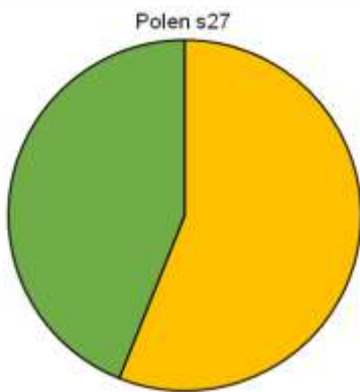
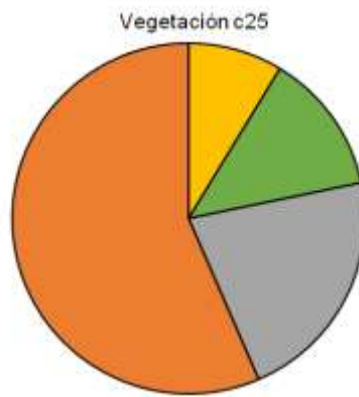
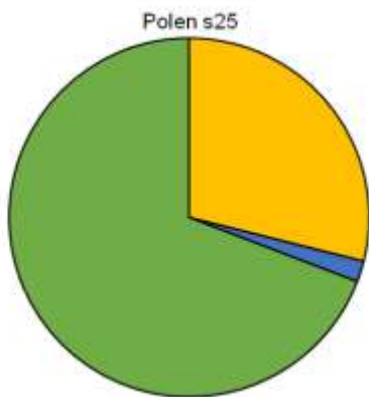
Polen s24



Vegetación c24

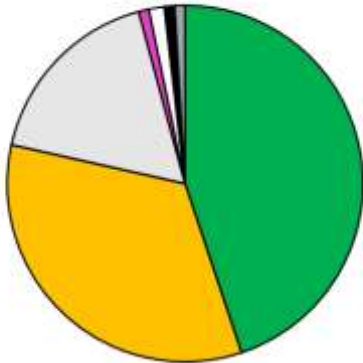


	Asteraceae		Ephedra
	Poaceae		Verbenaceae
	Solanacea		

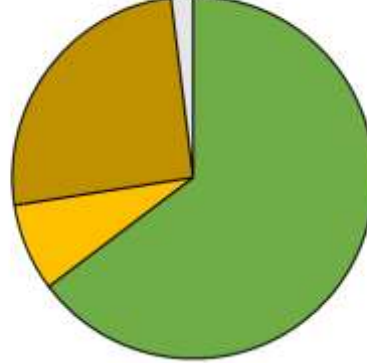


	Asteraceae		Ephedra
	Poaceae		Verbenaceae
	Solanacea		Amaranthaceae
	Cactaceae		Chenopodiaceae
	Alnus		Portulacaceae
	Malvaceae		

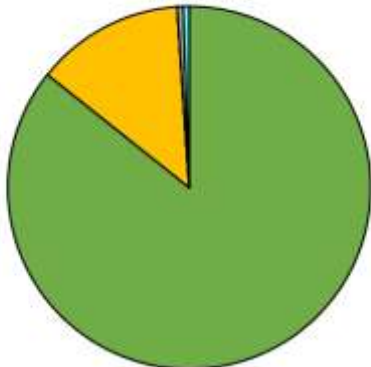
Polen s32



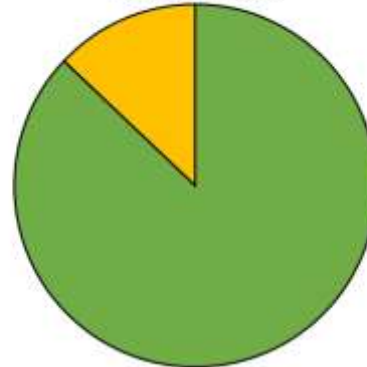
Vegetación c32



Polen s33



Vegetación c33



ANEXO 2

(CAPÍTULO 10)

Láminas con los diferentes taxa polínicos identificados
en cada una de las secuencias fósiles y las muestras de superficie

Superficie



Superficie: A, B, C, D, E, G, I, J, K, L, M: Poaceae / F: Espora de Fungi

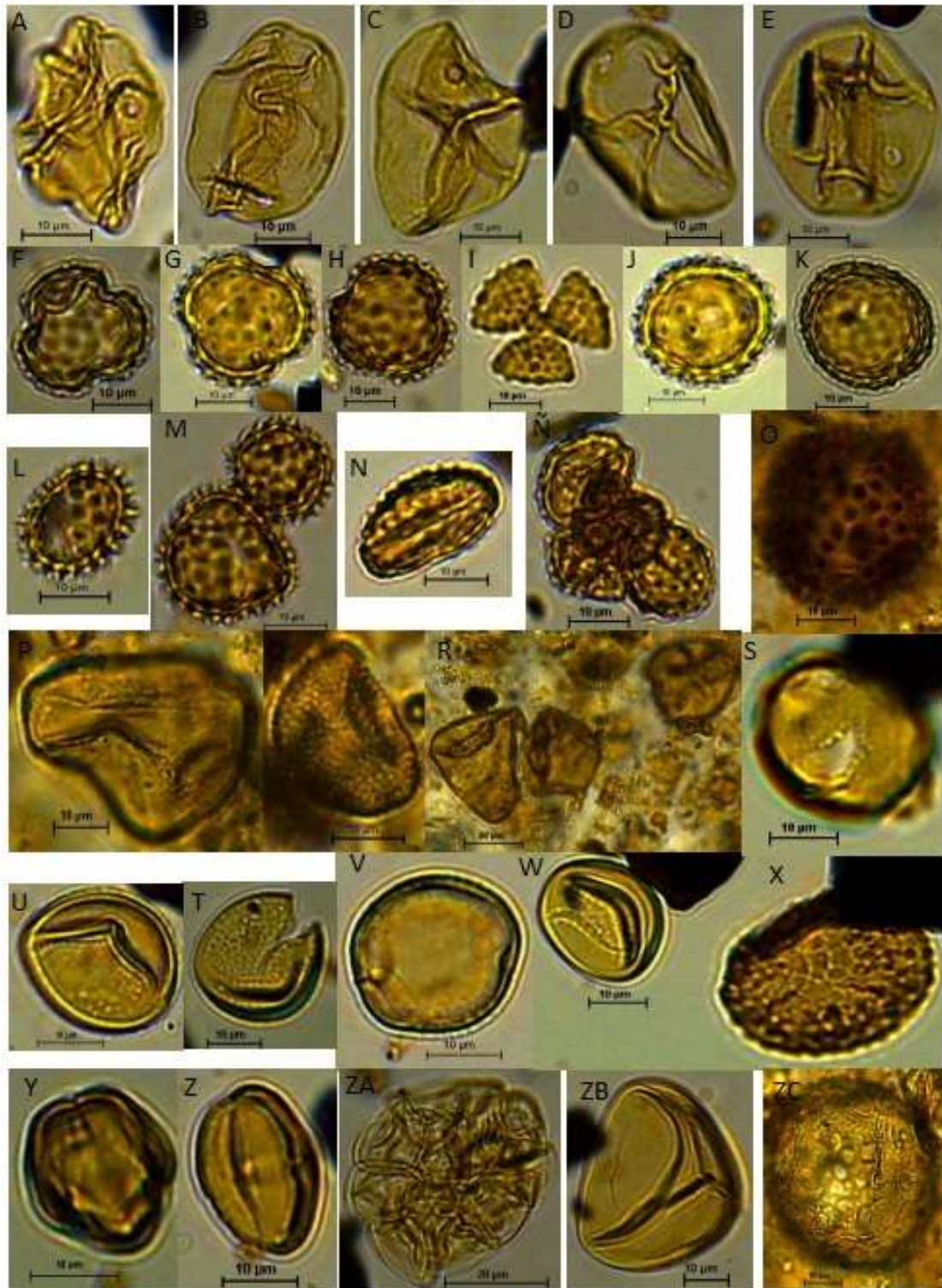
N, Ñ, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y: Asteraceae / Z, ZA, ZB, ZC, ZD, ZE: Cyperaceae.

ZF, ZG: Amaranthaceae / ZH: no identificada / ZI, ZJ, ZK, ZL: Trilete

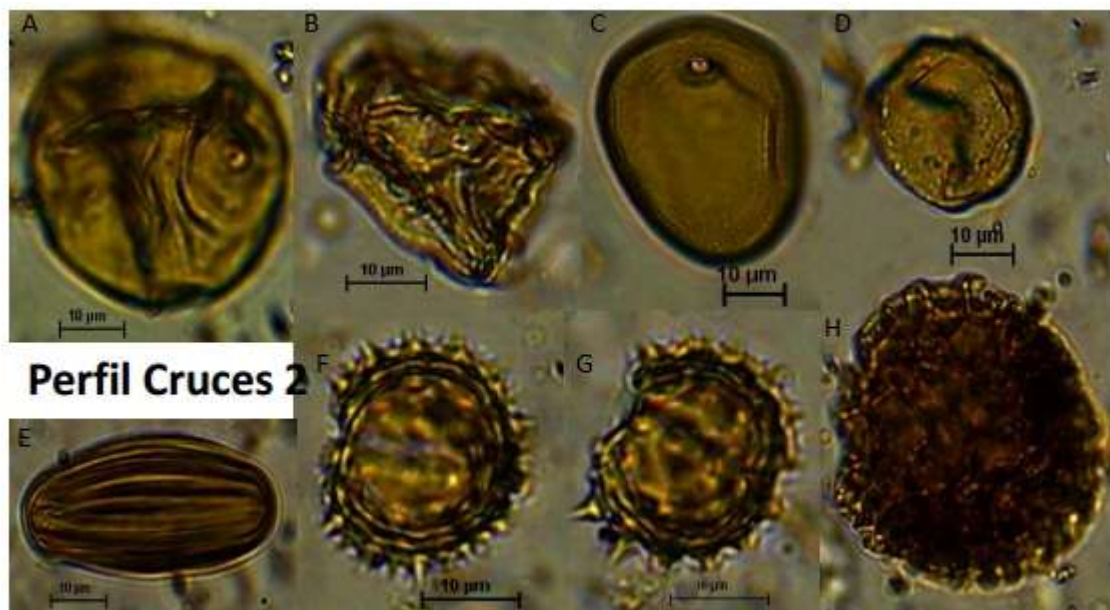
ZM, ZN, ZO: Chenopodiaceae / ZP: no identificada / ZQ: Eucalyptus-Myrtaceae

ZR: no identificada / ZS: Fungi / ZT: Podocarpus

Lapao

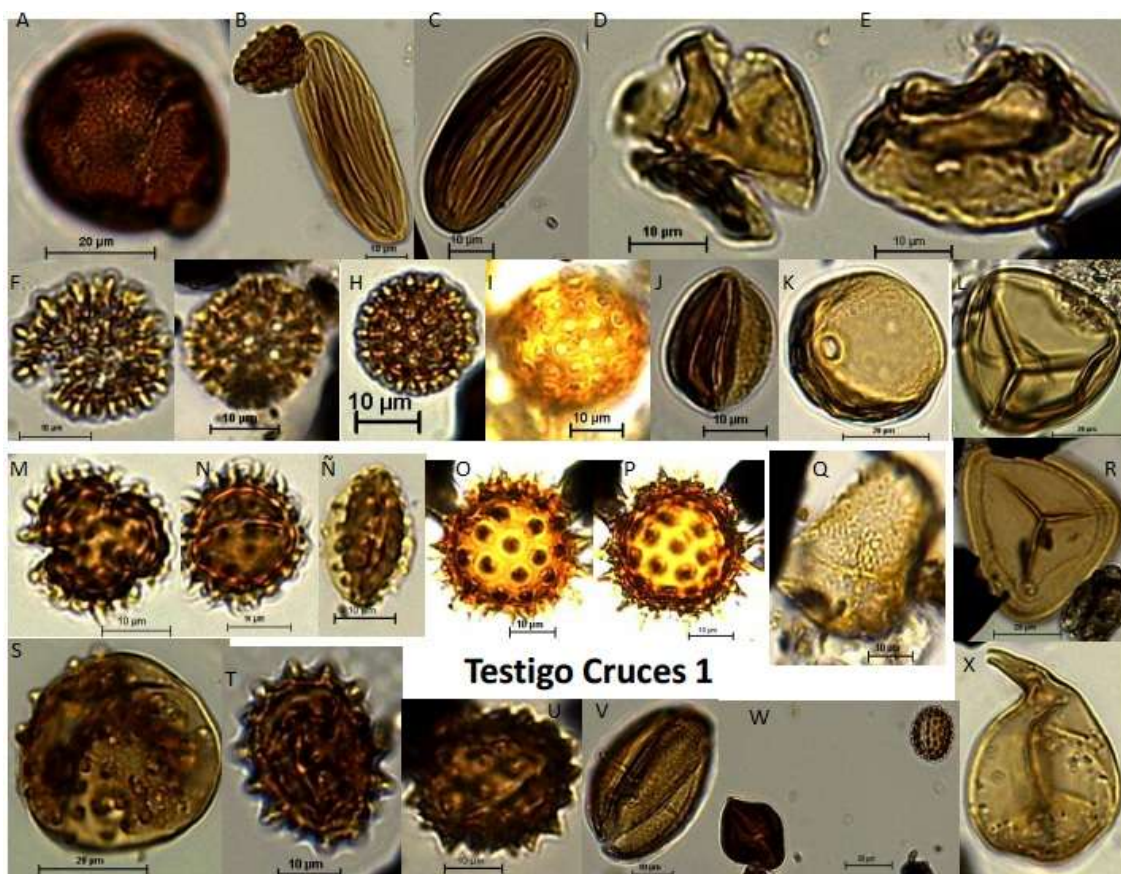


A-E Poaceae / F-O: Asteraceae / P-W: Cyperaceae / X: Euphorbiaceae
 Y-Z: Fabaceae / ZA: Espora de fungi / ZB: Trilete / ZC: Polygonaceae



Perfil Cruces 2

A,B,C: Poaceae. / D: no identificada / E: Ephedrae / F: Asteraceae / G: Asteraceae / H: no identificada



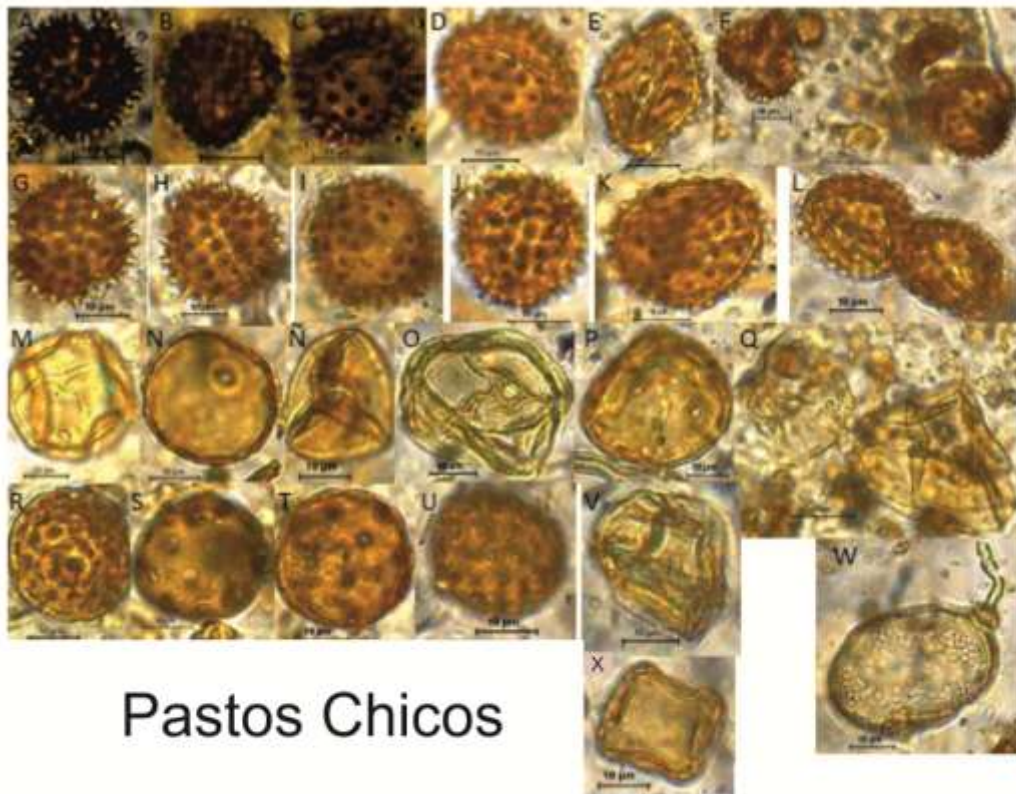
Testigo Cruces 1

A: Haloragaceae / B,C: Ephedrae. / D,E: no identificada

F,G,H: Amaranthaceae o Brassicaceae / I: Chen. / J: no identificada / K: Poaceae / L,R: Trilete

M,N,Ñ,O,P: Asteraceae. / S: Malvaceae / T,U: Asteraceae

V: no identificada / W: Asteraceae / X: no identificada



Pastos Chicos

A-L: Asteraceae. M-Q: Poaceae. R-U: Chenopodiaceae. V:?. X-Y: Solanaceae. ZB: *Alnus* sp. W: Mycorrisa.

BIBLIOGRAFÍA

A

- ABBOTT, M. B., M. W. Binford, M. Brenner y K.R. Kolts
1997. A 3500 14C High resolution record of water-level changes in lake Titicaca, Bolivia/Perú. *Quaternary Research* 47: 109-180.
- ABBOTT, M.B., B. Wolfe, R. Aravena, A. P. Wolfe y G. O. Seltzer
2000. Holocene hydrological reconstructions from stable lipopes and palaeolimnology, Cordillera Real, Bolivia. *Quat. Sci. Rev.* 19: 1801-1820.
- ABBOTT, M. B., B. B. Wolfe, A. P. Wolfe, G. O. Seltzer, R. Aravena, B. G. Mark, P. Polissar, D. T. Rodbell, H. D. Rowe y M. Vuille
2003. Holocene Paleohydrology and glacial history of the central Andes using multiproxy lake sediment studies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194: 123-138.
- ACEITUNO, P.
1988. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: Surface climate. *Mon. Weath. Rev.* 116: 505-524.
1996. Climate elements of the South American Altiplano (in Spanish). *Rev. Geofísica-IPGH* 44: 37-55.
- ADAM, D. P y P. J. Mehringer Jr.
1975. Modern pollen surface samples: analysis of subsamples. *Journal of research of U.S. Geological Survey* 3: 733-736.
- ADAMS, J.
2010. Vegetation-Climate Interaction. 1.2 Winds and currents. 2a ----
- ADRIANSEN, H.K.
2005. Pastoral mobility: A review. *Nomadic Peoples* 9 (1&2): 207-214.
- AGUERRE, A., A. Fernandez Distel y C. Aschero
1973. Hallazgo de un sitio acerámico en la quebrada de Inca Cueva (Provincia de Jujuy). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 7: 197-214.
1975. Comentarios sobre nuevas fechas en la cronología arqueológica precerámica de la provincia de Jujuy. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 9: 211-214.
- AHRENS, C. D.
2008. *Essentials of meteorology: an invitation to the atmosphere*. Belmont, Thomson Brooks/Cole.
- ALCALDE, J.A. y J. J. Kulemeyer
1999. The Holocene in the south-eastern region of the province Jujuy, north-west Argentina. *Quaternary International* 57-58: 113-116.
- ANDERSON, A.
1983. A critical review of literature on puma (*Felis concolor*). *Colorado Division of Wildlife* 54: 1-91.
- ANIYA, M.
1996. Holocene variations of Ameghino Glacier, southern Patagonia. *The Holocene* 6:247-252.

ARGOLLO, J. y P. Mourguiart

1995. Paleohidrología de los últimos 25 000 años en los Andes Bolivianos. *Bull Insti FR Étud Andines* 24: 551-562.

ARGOLLO, J.

2006. Aspectos Geológicos de los Andes. En M. Moraes (ed.), *Botánica Económica de los Andes Centrales*: 1-10. La Paz, Universidad Mayor de San Andrés.

ARIZTEGUI, D., P. Bösch y E. Davaud

2007. Dominant ENSO frequencies during the Little Ice Age in Northern Patagonia: The varved record of proglacial Lago Frías, Argentina. *Quaternary International* 161(1): 46-55.

ARZAMENDIA, Y.

2008. Estudios etoecológicos de vicuñas (*Vicugna vicugna*) en relación a su manejo sostenido en silvestría, en la Reserva de la Biosfera Laguna de Pozuelos (Jujuy, Argentina). Tesis Doctoral inédita, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.

ASCHERO, C. A.

1975. Ensayo para una clasificación morfológica de artefactos líticos aplicada a estudios tipológicos comparativos. Inédito. Manuscrito en posesión del autor.

1979a. Aportes al estudio del arte rupestre de Inca Cueva 1 (Departamento Humahuaca, Jujuy). ACTAS, Jornadas de Arqueología del Noroeste Argentino, 9 al 12 de septiembre de 1979. Universidad del Salvador. *Antiquitas*, 2. Bs.As.

1979b. Un asentamiento acerámico en la quebrada de Inca Cueva. Informe preliminar sobre el sitio Inca Cueva 4. *Actas de las Jornadas de Arqueología del Noroeste Argentino*. Buenos Aires, Universidad del Salvador.

1984. El sitio ICC4: un asentamiento precerámico en la quebrada de Inca Cueva (Jujuy, Argentina). *Estudios Atacameños* 7: 62-72.

1994. Reflexiones desde el Arcaico Tardío (6000-3000 AP). *Rumitacana. Revista de Antropología* 1:13-17.

2000. El poblamiento del territorio. En M. N. Tarragó (direc. del tomo), *Nueva Historia Argentina* 1. Los Pueblos Originarios y la Conquista: 17-59. Buenos Aires, Editorial Sudamericana.

2010. Arqueologías de Puna y Patagonia centro-meridional: Comentarios generales y aporte al estudio de los cazadores-recolectores puneños en los proyectos dirigidos desde el IAM (1991-2009). *Rastros en el camino. Trayectos e identidades de una institución. Homenaje a los 80 años del IAM-UNT*, edited by C. Aschero, P. Arenas, and C. Taboada, pp. 257–93. EDUNT Editorial, San Miguel de Tucumán.

2011. Holoceno medio en la Puna Argentina: Dos puntos de observación para la cultura material y una perspectiva regional. En *Poblaciones y Ambientes en el Noroeste Argentino durante el Holoceno Medio*, editado por M. Mondini, J. Martínez, H. Muscio y M. Marconetto, pp. 33-43. Universidad de Córdoba, Córdoba.

ASCHERO, C. A., A. R. Martel y S. M. L. López Campeny

2006. Tramas en la piedra. Rectángulos con diseños geométricos en Antofagasta de la Sierra (Puna meridional argentina). En D. Fiore y M. Podestá (eds.), *Tramas en la piedra. Producción y usos del arte rupestre*: 141-156. Buenos Aires, World Archaeological Congreso y Sociedad Argentina de Antropología.

ASCHERO, C. A. y J. G. Martínez

2001. Técnicas de caza en Antofagasta de la Sierra, Puna Meridional Argentina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* XXVI: 215-241.

ASCHERO, C. A. y H. D. Yacobaccio

1998-1999. 20 Años Después: Inca Cueva 7 Reinterpretado. *Cuadernos* 18: 7-18.

B

BABOT, M. del P.

2004. Tecnología y utilización de artefactos de molienda en el Noroeste Prehispánico. Tesis Doctoral inédita, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán.

2006. El papel de la molienda en la transición hacia la producción agropastoril: un análisis desde la puna meridional argentina. *Estudios Atacameños* 32: 75-92.

BAIED, C. y J. Wheeler

1993. Climate and culture change over the last 12,000 years. *Mountain research and development in the central Andes* 13 (2): 145-156.

BAKER, P. A., S. C. Fritz, J. Garland y E. Ekdahl

2005. Holocene hydrologic variation at Lake Titicaca, Bolivia/Peru, and its relationship to North Atlantic climate variation. *J. Quatern. Sci.* 20: 655-662.

BAKER, P., G. Seltzer, S. Fritz, R. Dunbar, M. Grove, P. Tapia, S. Cross, H. Rowe, J. Broda

2001. The history of South American tropical precipitation for the past 25,000 years. *Science* 291: 640-643.

BAMFORTH, D. y P. Bleed

1997. Technology, flaked stone technology and risk. *Archaeological papers of the American Anthropological Association* 7: 109-139.

BARBONI, D., S. P. Harrison, P. J. Bartlein, G. Jalut, M. New, I. C. Prentice, M. F. Sánchez-Goñi, A. Spessa, B. Davis y A. C. Stevenson

2004. Relationships between plant traits and climate in the Mediterranean region: A pollen data analysis. *J. Veg. Sci.* 15: 635 - 646.

BARTH, F.

1985. *Insects and Flowers. The Biology of a Partnership*. Princeton, Princeton University Press.

BATTARBEE, R.

2000. Palaeolimnological approaches to climate change, with special regard to the biological record. *Quaternary Science Reviews* 19: 107-124.

BATTERBURY, S. y A. Warren

2001. The African Sahel 25 years after the great drought: Assessing progress and moving towards new agendas and approaches, Global Environ. *Change* 11: 1-8.

BEHNKE, R., I. Scoones y C. Kerven

1993. *Range Ecology at Disequilibrium: New Models of Natural Variability and Pastoral Adaptation in African Savannas*. London, Overseas Development Institute.

BENÍTEZ, V., M. Borgnia y M. H. Cassini

2006. Ecología nutricional de la vicuña (*Vicugna vicugna*): Un caso de estudio en la Reserva Laguna Blanca, Catamarca. En B. Vilá (ed.), *Investigación, conservación y manejo de vicuñas*: 51-67. Buenos Aires, Proyecto MACS.

BENNETT, K. D.

1994. Confidence intervals for age estimates and deposition times in late-Quaternary sediment sequences. *The Holocene* 4: 337-348.

BENNETT, K. D. y S. Hicks

2005. Numerical analysis of surface and fossil pollen spectra from northern Fennoscandia. *Journal of Biogeography* 32: 407-423.

BERENGUER, J.

1999. El evanescente lenguaje del arte rupestre en los Andes atacameños. En J. Berenguer y F. Gallardo (eds.), *Arte rupestre en los Andes de Capricornio*: 9-56. Santiago, Museo Chileno de Arte Precolombino /Banco Santiago.

BERRÍO, J.C., M. V. Arbeláez, J. Duivenvoorden, A. M. Cleef y H. Hooghiemstra

2003. Pollen representation and successional vegetation change on the sandstone plateau of Araracuara, Colombian Amazonia. *Review of Paleobotany and Palynology* 126: 163-181.

BETANCOURT, J. L., C. L. Quade y K. A. Rylander

2000. 22 000 BP years record of monsoonal precipitation from northern Chile's Atacama desert. *Science* 289: 1542-1546.

BETANCOURT, J. L. y B. Saavedra

2002. Paleomadrigueras de roedores, un nuevo método para el estudio del Cuaternario en zonas áridas de Sudamérica / Rodent middens, a new method for Quaternary research in arid zones of South America. *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 527-546.

BETANCOURT, J. L., T. R. Van Devender y P. S. Martin

1990. Synthesis and prospectus. En: Betancourt J. L., T. R. Van Devender y P. Martin (eds), *Packrat middens: the last 40,000 years of biotic change*: 435-447. Tucson, Arizona University Press.

BETTINGER, R. L.

1991. *Hunter-gatherers: Archaeological and Evolutionary Theory*. New York – London, Plenum Press.

BETTS, M. W. y T. M. Friesen

2004. Quantifying hunter-gatherer intensification: a zooarchaeological case study from Arctic Canada. *Journal of Anthropological Archaeology* 23: 357-384.

BIANCHI, A. y S. Cravero.

2010. INTA. Programa Nacional Ecoregiones. República Argentina. Atlas Climático Digital.

BIANCHI, A. R., C. E. Yañez y L. R. Acuña

2005. *Bases de datos mensuales de las precipitaciones del Noroeste Argentino*. Informe del Proyecto Riesgo Agropecuario, convenio específico Nro. 3 al convenio Nro.141 NTASAGPYA. INTA.

BINFORD, L. R.

1978. *Nunamiut ethnoarchaeology*. New York, NY Academic Press.

1980. Willow Smoke and Dog's Tails: Hunter-Gatherer Settlement Systems and Archaeological Site Formation. *American Antiquity* 45 (1): 4-20.

1983. *In Pursuit of the Past: Decoding the Archaeological Record*. London, Thames and Hudson.

1992. Seeing the present and interpreting the past –and keeping things straight. En Rossignol, J. y L. Wandsnider (eds.) *Space, time and archaeological landscapes*: 43-59. New York-London, Plenum Press.

2001. *Constructing frames of reference. An analytical method for archaeological theory building using hunter-gatherer and environmental data sets*. Berkeley, University of California Press.

- BINFORD, M. W., A. L. Kolata, M. Brenner, J. Janusek, M. B. Abbott y J. Curtis
1997. Climate variation and the rise and fall of an Andean civilization. *Quat. Res.* 47: 171-186.
- BLEED, P.
1986. The optimal design of hunting weapons: maintainability or reliability. *American Antiquity* 51 (4): 737-747.
- BOBST, A. L., T. K. Lowenstein, T. E. Jordan, L. V. Godfrey, M. C. Hein, T. L. Ku y S. Luo
2001. A 106 ka paleoclimatic record from the Salar de Atacama, northern Chile. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 173: 21-42.
- BONAPARTE, J.
1978. El mesozoico de América del Sur y sus tetrápodos. *Opera Lilloana* 26: 5-596.
- BONAVIA, D.
1996. *Los camélidos sudamericanos. Una introducción a su estudio*. Lima, IFEAUPCH - Conservation International.
1999. The domestication of Andean camelids. En G. G. Politis y B. Alberti, *Archaeology in Latin America*: 130-147. London, Routledge.
- BOONE, J. L.
1992. Competition, conflict and development of social hierarchies. En E. Smith y B. Winterhalder, *Evolutionary Ecology and Human Behavior*: 301-337. Hawthorne, N. Y., Aldine de Gruyter.
BOONE, J. L. y E. A. Smith
1998. It is evolution yet? A critique of evolutionary archaeology. *Current Anthropologist* 39: 141-173.
- BORGNA M., A. Maggi, M. Arriaga, B. Aued, B. L. Vilá y M. H. Cassini
2006. Caracterización de la vegetación en la Reserva de Biosfera Laguna Blanca (Catamarca, Argentina). *Ecología Austral* 16: 29-45.
- BORRERO, L. A.
Arqueología de la Patagonia. *Palimpsesto. Revista de Arqueología* 4: 9-69.
- BORROMEI, A., A. Coronato, L. G. Franzén, J. A. López Saez, J. Rabassa, M. S. Candel, J. F. Ponce y N. Maidana
2008. Paleoaambientes del Holoceno en los Valles Andinos Subantárticos de altura (Turbera Las Cotorras), Tierra del Fuego, Argentina. Trabajo presentado en el 17º Congreso Geológico Argentino. Asociación Geológica Argentina, Jujuy, Argentina.
- BOUSMAN, B.
1993. Hunter-Gatherer adaptation, Economic risk and tool Design. *Lithic Technology* 18: 59-86.
2005. Copying with risk: Later stone age technological strategies at Blyde Fontain rock shelter, South Africa. *Journal of Anthropological Archaeology* 24:193-226.
- BOYD, R. y P. Richerson
1985. *Culture and the Evolutionary Process*. Chicago, University of Chicago Press.
- BRADLEY, R. S.
1999. Climatic variability in sixteenth-century Europe and its social dimension - Preface. *Clim. Change* 43(1): 1-2.
- BRAUN WILKE, R. H., L. P.E. Picchetti y B. S. Villafañe

1999. *Pasturas montanas de Jujuy*. Jujuy, Universidad Nacional de Jujuy.
- BRIDSON, D. y L. Forman (eds.).
1992. *The Herbarium Handbook*. London, The Board of Trustees of The Royal Botanic Gardens.
- BRIFFA, K. R.
2000. Annual climate variability in the Holocene: interpreting the message of ancient trees. *Quaternary Science Reviews* 19: 87-105.
- BRIGHT, J., A. Ugan y L. Hunsaker
2002. The effect of handling time in subsistence technology. *World Archaeology* 34 (1): 164-181.
- BROSTRÖM, A., M. J. Gaillard, M. Ihse y B. Odgaard
1998. Pollen-landscape relationships in modern analogues of ancient cultural landscapes in southern Sweden – a first step towards quantification of vegetation openness in the past. *Veget. Hist. Archaeobot.* 7: 189-201.
- BROSTRÖM, A., S. Sugita, M. J. Gaillard y P. Pilesjö
2005. Estimating the spatial scale of pollen dispersal in the cultural landscape of southern Sweden. *The Holocene* 15: 252-262.
- BROUGHTON, J.
1999. *Resource Depression and Intensification During the Late Holocene, San Francisco Bay*. Berkeley, University of California Press.
- BROWMAN, D.
1974. Pastoral nomadism in the Andes. *Current Anthropology* 15 (2): 188-196.
- [1977] 1980. Tiwanaku expansion and Altiplano Economic Patterns. *Estudios Arqueológicos* 5: 107-120.
1990. Camelid pastoralism in the Andes: llama caravan fleteros, and their importance in production and distribution. En P. C. Salzman y J. G. Galaty (eds.), *Nomads in a changing world*: 395-438. Naples, Istituto Universitario Orientale.
1994. Información y manejo de riesgo de los fleteros de llamas en los Andes Centro-Sur. *Zooarqueología de Camélidos* 1: 23-42.
- BUNTING, M. J.
2003. Pollen-based reconstruction of cultural landscapes: an investigation of pollen source area for non-arboreal taxa. *Rev Palaeobot Palynol* 125: 285-298.
1993. Hunter gatherer adaptations, economic risk and tool design. *Lithic Technology* 18: 59-86.
- BURGOS, J. J.
1963. *Las Heladas en la Argentina*. Colección Científica del INTA. Buenos Aires.
- BURJACHS, F.
1992. Paleobotánica y análisis polínicos. En Isabel Roda (coord.), *Ciencias, metodologías y técnicas aplicadas a la arqueología*: 31-46. Barcelona, Fundación La Caixa
- BUTZER, K.
1971. Recent History of an Ethiopian Delta. *University of Chicago, Dept. of Geography Research Paper* 136: 1-184.

1982. *Archaeology as Human Ecology: Method and theory for a contextual approach*. Cambridge, Cambridge University Press. [Versión en español: 1989. *Arqueología: una Ecología del Hombre*. Barcelona, Bellaterra]

1988. A "marginality" model to explain major spatial and temporal gaps in the Old and New World Pleistocene settlement records. *Geoarchaeology* 3: 193-203.

BUXO, R.

1997. *Arqueología de las plantas*. Barcelona, Crítica.

C

CABRERA, A. L.

1953. Esquema fitogeográfico de la República Argentina. *Revista del Museo Eva Perón, Botánica* 8: 87-168.

1957. La vegetación de la Puna Argentina. *Revista de Investigaciones Agrícolas* 11(4): 317-412.

1968. Vegetación de la Provincia de Buenos Aires. En *Flora de la Provincia de Buenos Aires*: 110-126. Buenos Aires, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

1976. Regiones fitogeográficas Argentinas. En *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*: 1-85. Buenos Aires, ACME.

CAJAL, J. L.

1985. Comportamiento. En J. L. Cajal y J. N. Amaya (eds.), *Estado actual de las investigaciones sobre camélidos en la República Argentina*: 87-100. Buenos Aires, Secretaría de Ciencia y Técnica (SECYT).

CAJAL, J. L., J. García Fernández y R. Tecchi. (eds)

1998. La conservación de los camélidos silvestres en la puna y cordillera frontal. *Bases para la conservación y manejo de la Puna y cordillera frontal*: 267 – 285. Montevideo, FUCEMA – UNESCO.

CAPRILES, J. M.

2011. The Economic Organization of Early Camelid Pastoralism in the Andean Highlands of Bolivia. Tesis Doctoral inédita. Department of Anthropology, Washington University.

CASAMIQUELA, R. M.

1969. Pruebas etnohistóricas de la filiación tehuelche septentrional de los querandíes. Un nuevo panorama etnológico del área pan-pampeana y patagónica adyacente. Santiago de Chile, Ministerio de Educación. Dirección de Bibliotecas y Museos.

CASHDAN, E.

1991. Cazadores y recolectores: el comportamiento económico en las bandas. En *Antropología Económica*: 43-81. México, Editorial Alianza.

1992. Spatial organization and habitat use. En E. A. Smith and B. Winterhalder (eds.), *Evolutionary Ecology and Human behavior*: 237-266. New York, Aldine de Gruyter.

CASTELLANOS, A.

1926. Contribuciones a la flora de San Luis. 1. Distribución de la palma *Trithrinax campestris*. *Anales del Museo Nacional de Historia Natural "Bernardino Rivadavia"* 34: 37-43.

CERVENY, R. S.

1998. Present Climates of South America. En J. E. Hobbs, J. A. Lindesay y H. A. Bridgman (eds.), *Climates of the Southern Continents: Present, Past and Future*: 107-135. New York, John Wiley.

CHANG, C. y H. A. Koster

1986. Beyond Bones: Toward an Archaeology of Pastoralism. *Advances in Archaeological Method and Theory* 9: 97-148.

CHARNOV, E. L.

1976. Optimal foraging: the marginal value theorem. *Theoretical Population Biology* 9: 129-136.

CHEPSTOW-LUSTY, A., M. R. Frogley, B. S. Bauer, M. B. Bush y A. T. Herrera

2003. A late Holocene record of arid events from the Cuzco region, Peru. *Journal of Quaternary Science* 18: 491-502.

CLAPPERTON, C.

1979. Glaciation in Bolivia before 3.27 Myr. *Nature* 277: 375-376.

1990. Quaternary Glaciations in the Southern Hemisphere. *An overview Quaternary Science Review* 9: 299-307.

CLAPPERTON, C. M., J. D. Clayton, D. I. Benn, C. J. Marden y J. Argollo

1997. Late Quaternary glacier advances and palaeolake highstands in the Bolivian Altiplano. *Quatern. Int.* 38-39: 49-59.

CLAPPERTON, C. M., M. Hall, P. Mothes, M. J. Hole, J. W. Still, K. F. Helmens, P. Kuhry y A. M. D. Gemmell

1997. A Younger Dryas Icecap in the Ecuadorian Andes. *Quaternary Research* 47: 13-28.

CLAPPERTON, C. M. y D. E. Sugden

1988. Holocene glacier fluctuations in South America and Antarctica. *Quaternary Science Reviews* 7: 185-198.

COURT-PICON, M., A. Buttler y J. L. de Beaulieu

2006. Modern pollen/vegetation/land-use relationships in mountain environments: an example from the Champsaur valley (French Alps). *Veget. Hist. Archaeobot* 15: 151 - 168.

CRIBB, R.

1991. *Nomads in Archaeology*. Cambridge, Cambridge University Press.

D

D'ANTONI, H. L.

1990. *La importancia del análisis de polen en la reconstrucción del clima y la vegetación del pasado*. Monografía de la Academia Nacional de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Buenos Aires.

1991. Modern pollen dispersal in southern Argentina. *Bamberger Geographische Schriften* 11: 209-227.

D'ANTONI, H. L. y V. Markgraf

1977. Dispersión del polen actual en relación con la vegetación. *III Coloquio de Paleobotánica y Palinología* 86: 53-74.

DAVIS, O. K.

1984. Pollen frequencies reflect vegetation patterns in a greatbasin (USA) mountain-range. *Review of Palaeobotany and Palynology* 40(4): 295-315.

1990. Caves as sources of biotic remains in arid western North America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology & Palaeoecology* 76: 331-348.

DAY, R., K. Laland y J. Odling-Smee

2003. Rethinking adaptation. The niche construction theory. *Perspectives in Biology and Medicine* 46 (1): 80-95.

DAYSON HUDSON, R. y N. Dayson Hudson

1980. Nomadic Pastoralism. *Annual review of anthropology* 9: 25-61.

DEL COURT, H. R. y P. A. Delcourt

1988. Quaternary landscape ecology: relevant scales in space and time. *Landscape Ecol.* 2: 23-44.

DE SOUZA, P. H.

2004. Cazadores recolectores del Arcaico Temprano y Medio en la cuenca superior del río Loa: Sitios, conjuntos líticos y sistemas de asentamiento. *Estudios Atacameños* 27: 7-43.

DILLEHAY, T y L. Núñez

1988. Camelids, caravans, and complex societies in the south-central Andes. En N. J. Saunders y O. de Montmollin (eds.), *Recent Studies in Precolumbian Archaeology*: 603-634. Oxford, BAR International Series 421.

DINCAUZE, D. F.

2000. *Environmental Archaeology: Principles and Practice*. London, Cambridge University Press.

DRANSART, P.

1999. La domesticación de los camélidos en los Andes centro-sur. Una reconsideración. Buenos Aires, *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* XXIV.

E

EBERT, J. y T. Kohler

1988. The theoretical basis of archaeological predictivemodeling and a consideration of appropriate data-collection methods. En W. J. Judge y L. Sebastian (eds.), *Quantifying the present and predicting the past: theory, method and application of archaeological predictive modeling*: 97-123. Denver, Bureau of Land Management.

ELKIN, D. C.

1996. *Arqueozoología de Quebrada Seca 3: indicadores de subsistenciahumana temprana en la Puna Meridional Argentina*. Tesis Doctoral inédita, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

ERDTMAN, G.

1960. The acetolysis method. *Svensk Bot Tidsskr* 54 (4): 561-564.

ESCOLA, P.

1996. Riesgo e incertidumbre en economías agro-pastoriles: consideraciones teórico-metodológicas. *Arqueología* 6: 9-24.

2000. Tecnología lítica y contextos agropastoriles tempranos. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

ESPINOZA, M. N.

2002. Estudio de la precipitación en el Departamento de Puno, período septiembre del 2000 a marzo del 2001. *Instituto Geofísico de Perú* 3:71-82.

ESPIZÚA, K.E.

2005. Holocene glacier chronology of Valenzuela Valley, Mendoza Andes, Argentina. *The Holocene* 15(7): 1079-1085.

EVANS PRITCHARDS, E. E.

1978. *Ensayos sobre Antropología social*. Madrid, Siglo XXI.

F

FAEGRI, K. y J. Iversen

1989. *Textbook of pollen analysis*. Chichester, John Wiley & Sons. [4ta. edición a cargo de K. Fægri, P. E. Kaland y K. Krzywinski]

FAUNA ARGENTINA

1985. *El guanaco*. *Fauna Argentina* 5. Buenos Aires, Centro Editor de América Latina.

1985. *La vicuña*. *Fauna Argentina* 59. Buenos Aires, Centro Editor de América Latina.

FERNÁNDEZ, J.

1971. La edad de piedra en la Puna de Atacama. *Revista del Instituto de Antropología*, tercera serie, volumen I: 7-138.

1988-1989. Ocupaciones alfareras (2860 ± 160 años A.P.) en la cueva de Cristóbal, Puna de Jujuy, Argentina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* XVII: 139-182.

1996. Munitayoc, nuevo sitio con cerámica temprana (1000 a.C.) en la Puna jujeña. Actas y Memorias del XI Congreso Nacional de Arqueología Argentina (11° parte). *Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael* Tomo XXIII (1/4): 51-62.

1996. Potrero de Caballo Muerto: Aspectos arqueológicos, cronológicos y paleoambientales del Precerámico Tardío en el ecosistema hidrófilo de las vegas puneñas. Actas y Memorias del XI Congreso Nacional de Arqueología Argentina (13ª Parte). *Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael* XXV: (1/4): 23-51.

FERNANDEZ, J., V. Markgraf, H. Panarello, M. Albero, M. Angiolini, S. Valencio y M. Arriaga

1991. Late Pleistocene/Early Holocene Environments and climates, Fauna, and Human occupation in the Argentine Altiplano. *Geoarchaeology: An International Journal* 6 (3): 251-272.

FERNÁNDEZ DISTEL, A.

1986. Las cuevas de Huachichocana, su posición dentro el precerámico con agricultura incipiente del Noroeste argentino. En *Beitrag Zur Allgemeinen und vergleichenden Archäologie*, Band 8: 353- 430. Mainz Am Reim, Phillip von Zabern.

1989. Una nueva cueva con maíz acerámico en el N. O. Argentino: León Huasi 1, excavación. *Comunicaciones Científicas* 1: 4-17.

FLORES OCHOA, J. A.

1982. Causas que originaron la actual distribución espacial de las Alpacas y Llama. En L. Millones y H. Tomoeda (eds.), *Senri Thological Studies* 10: 63-92. Osaka, National Museum of Ethnology.

1968. *Los pastores de Paratía*. Lima, Instituto Indigenista Interamericano.

FONTANA, S. L.

2005. Coastal dune vegetation and pollen representation in south Buenos Aires Province, Argentina. *Journal of Biogeography* 32: 719-735.

FRANKLIN, W. L.

1982. Biology, Ecology, and Relationship to Man of the South American Camelids. En M.A. Mares y H.H. Genoways (eds.), *Mammalian Biology in South America*: 457-489. Linesville, Pymatuning Laboratory of Ecology, University of Pittsburgh.

FRIES, R. E.

1905. Zur Kenntnis der alpinen Flora im nördlichen Argentinien. *Nova Acta Regiae Soc. Sci. Upsal.*, ser. 4, 1(1): 1-205.

FRITZ, S. C., P. A. Baker, G. O. Seltzer, A. Ballantyne, P. M. Tapia, H. Cheng y R. L. Edwards

2007. Quaternary glaciation and hydrologic variation in the South American tropics as reconstructed from the Lake Titicaca drilling project. *Quaternary Research* 68: 410-420.

G

GAILLARD, M. J., H. J. B. Birks, E. Emanuelsson y B. E. Berglund

1992. Modern pollen/land-use relationships as an aid in the reconstruction of past land-uses and cultural landscapes: an example from south Sweden. *Veget. Hist. Archaeobot.* 1: 3-17.

GARCÍA, L. C.

1988-1989. Las Ocupaciones Cerámicas Tempranas en Cuevas y Aleros de la Puna de Jujuy Argentina - Inca Cueva Alero 1. *Paleoetnológica* 5: 179-190.

GARCÍA, L. C. y F. I. Carrión

1992. El Formativo de la Puna de Jujuy: Inca Cueva Alero 1. *Cuadernos Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales-UNJU* 3: 21-33.

GRAF, K.

1989. Palinología del cuaternario reciente en los Andes del Ecuador, del Perú, y de Bolivia. *Boletín Servicio Geológico Bolivia* 4: 69-91.

1997. Nuevos datos palinológicos del Cuaternario alto en Bolivia. *Boletín del Servicio Geológico de Bolivia* 1: 1-14.

GARREAUD, R. D., M. Vuille y A. C. Clement

2003. The climate of the Altiplano: observed current conditions and mechanisms of past changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194: 5-22.

GARREAUD, R., M. Vuille, R. Compagnucci y J. Marengo

2008. Present-day South American climate. *PALAEO3 Special Issue (LOTRED South America)* 281: 180-195.

GASSMANN, M. I., C. F. Pérez y J. M. Gardiol

2002. Sea-land breeze in a coastal city and its effect on pollen transport. *Int. J. Biometeorol* 46: 118-125.

GERMAIN, H.

1981. *Flore des diatomeés*. Paris, Societe Nouvelle des editions Boubée.

- GEYH, M., M. Grosjean, L. Nuñez, U. Schotterer
1999. Radiocarbon reservoir effect and the timing of the late-glacial Early Holocene humid phase in the Atacama desert (Northern Chile). *Quaternary Research* 52: 143-153.
- GLASSER, N. F., S. Harrison, V. Winchester y M. Aniya
2004. Late Pleistocene and Holocene palaeoclimate and glacier luctuations in Patagonia. *Global Planetary Change* 43: 79–101.
- GÖBEL, B.
1994. El manejo del riesgo en la economía pastoril de Susques. En D. C. Elkin, C. Madero, G. L. Mengoni Goñalons, D. E. Olivera, M. C. Reigadas y H. D. Yacobaccio (eds.), *Zooarqueología de camélidos* 1: 43-56. Buenos Aires, Grupo de zooarqueología de camélidos.
1998. Risk, uncertainty and economic exchange in a pastoral community of the Andean highlands (NW-Argentina). En T. Schweizer y D. White (eds.), *Kinship, networks and exchange*: 158-77. Cambridge, Cambridge University Press.
2001. El ciclo anual de la producción pastoril en Huancar (Jujuy, Argentina). En G. L. Mengoni Goñalons, D. E. Olivera y H. D. Yacobaccio (eds.), *El uso de los camélidos a través del tiempo*: 91-115. Buenos Aires, Ediciones del Tridente.
2002. La arquitectura del pastoreo: uso del espacio y sistema de asentamientos en la Puna de Atacama (Susques). *Estudios Atacameños* 23: 53-76.
- GONZÁLEZ, B., E. Palma, B. Zapata y J. Marín.
2006. Taxonomic and biogeographical status of guanaco *Lama guanicoe* (Artyodactyla, Camelidae). *Mammal Review* 36: 157-178.
- GOODALL, D. W.
1954. Objective methods for the classification of vegetation. III. An essay in the factor analysis. *Aust. J. Bot.* 2: 304-324.
- GRAF, K.
1981. Palynological investigations of two postglacial peat bogs near the boundary of Bolivia and Peru. *J. Biogeogr.* 8: 353-368.
- GRANA, L.
2012. Arqueología y paleoambiente: dinámica cultural y cambio ambiental en sociedades complejas de la puna meridional argentina. Tesis Doctoral inédita, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
GRANA, L. y Morales, M.
2005. Primeros resultados paleoambientales del análisis de diatomeas fósiles del Holoceno Medio y Tardío de la cuenca del Río Miriguaca, Antofagasta de la Sierra, Puna Catamarqueña. En *Entre Pasados y Presentes*: 392-409. Buenos Aires, Instituto Nacional de Antropología.
- GRANT, J.
2014. Manejo económico de camélidos den Antofagasta de la Sierra (Puna meridional Argentina): una aproximación zooarqueológica e istópica. Tesis Doctoral inédita, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- GRAY, J.
1965. Extraction techniques. En B. Kummel y D. Raup (eds.), *Handbook of Paleontological techniques*: 530-587. San Francisco, W. H. Freeman & Co.

GRIMM, E.

2004. *TGView 2.0.2*. Springfield, Illinois State Museum, Research and Collection Center.

GROSJEAN, M.

1994. Paleohydrology of Laguna Lejía (north Chilean Altiplano) and climatic implications for lateglacial times. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 109: 89-100.

GROSJEAN, M., I. Cartagena, M. A. Geyh y L. Nuñez

2003. From Proxy data topaleoclimateinterpretation: the mid-Holocene paradox of the Atacama Desert, northern Chile. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194(1-3): 247-258.

2001. Mid-Holocene climate in the south-central Andes: humid or dry? *Science* 292: 2391-2392.

GROSJEAN, M., M. A. Geyh, B. Messerli y U. Schotterer

1995. Lateglacial and early Holocene lake sediments, groundwater formation and climate in the Atacama Altiplano. *Journal of Paleolimnology* 14: 241-252.

GROSJEAN, M. y Nuñez, L.

1994. Late glacial, early and middle Holocene environment, human occupation and resource use in the Atacama (Northern Chile). *Geoarchaeology* 9: 271-286.

GROSJEAN, M., L. Nuñez e I. Cartagena

2005. Palaeoindian occupation of the Atacama Desert, northern Chile. *Journal of Quaternary Science* 20: 643-653.

GROSJEAN, M., L. Nuñez, I. Cartagena y B. Messerli

1997. Mid-Holocene climate and culture change in the Atacama Desert, northern Chile. *Quaternary Research* 48: 239-246.

GROSJEAN, M., J. N. Van Leeuwen, B. Ammann, M. A. Geyh, W. O. Van Der Knaap, O. Harris

1985. Ecological Duality and the Role of the Center: Northern Potosí. En S. Masuda, I. Shimada y C. Morris (eds.), *Andean Ecology and Civilization*: 311-335. Tokyo, University of Tokyo Press.

Grosjean, M., Van Leeuwen, J.N., Ammann, B., Geyh, M.A., Van Der Knaap, W.O., Tanner, W.

2001. A 22,000 year sediment and pollen record from Laguna Miscanti, northern Chile, Central Andes 24 S. *Global and Planetary Change* 28:35-51

H

HALLOY, S.

1982. Contribución al estudio de la zona de Huaca-Huasi, Cumbres Calchaquíes (Tucumán, Argentina). II- Climatología y edafología en relación con la composición y adaptación de las comunidades bióticas. Tesis Doctoral inédita, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Tecnológica Nacional

HALSTEAD, P. y J. O'Shea

1989. Introduction: cultural responses to risk and uncertainty. En P. Halstead y J. O'Shea (eds.), *Bad Year Economics*: 1-7. Cambridge, Cambridge University Press.

Harris, D. R.

1996. Domesticatory relationships of people, plants, and animals. En R. Ellen y K. Fukui (eds.), *Redefining nature. Ecology, culture, and domestication*: 437-463. Oxford, Berg.

HASTENRATH, S.

1971. On the Pleistocene Snow-Line Depression in the Arid Regions of the South American Andes'. *J. Glaciol.* 3: 255–267.

HERNÁNDEZ LLOSAS, M. I.

1992. Secuencia Rupestre Humahuaca y Arqueología Regional (Jujuy, Argentina). *Boletín SIARB* 6: 29-40.

2000. Quebradas altas de Humahuaca a través del tiempo: el caso de Pintoscayoc. *Estudios Sociales del N.O.A* (4) 2: 167- 224.

HESSE, B.

1982. Archaeological evidence for camelid exploitation in the Chilean Andes. *Säugetierkundliche Mitteilungen* 30: 201-211.

HEUSSER, C. J.

1971. *Pollen and Spores of Chile. Modern types of the Pteridophyta, Gymnospermae and Angiospermae.* Tucson, The University of Arizona Press.

1974. Vegetation and climate of the southern Chilean Lake District during and since the last interglaciation. *Quaternary Research* 4: 290-315.

1983. Quaternary pollen record from Laguna de Tagua Tagua, Chile. *Science* 219: 1429-1431.

HEUSSER, C. J. y S. S. Streeter

1980. A temperature and precipitation record of the past 16,000 years in southern Chile. *Science* 210: 1345-1347.

HICKS, S. y H. J. B. Birks

1996. Numerical analysis of modern and fossil pollen spectra as a tool for elucidating the nature of fine-scale human activities in boreal areas. *Veget. Hist. Archaeobot.* 5: 257-272.

HIRTH, K. G.

1995. Political Economy and Archaeology: Perspectives on Exchange and Production. *Journal of Archaeological Research* 4: 203-240.

HJELLE, K. L.

1997. Relationships between pollen and plants in human-influenced vegetation types using presence-absence data in Western Norway. *Review of Palaeobotany and Palynology* 99: 1-16.

HOGUIN, R.

2013. Evolución y cambios técnicos en sociedades cazadoras-recolectoras en la Puna Seca de los Andes Centro-Sur. Tesis Doctoral inédita, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

HOGUIN, R., M. P. Catá, P. Solá y H. D. Yacobaccio

2012. The spatial organization in Hornillos 2 rockshelter during the Middle Holocene (Jujuy, Puna Argentina). *Quaternary International* 256: 45-53.

HOGUIN, R. y B. Oxman

2014. Palaeoenvironmental scenarios and lithic technology of the first human occupations in the Argentine Dry Puna. *Quaternary International* 363: 78–93

HOGUIN, R. y F. Restifo

2012. Patterns of Cultural Transmission in the Manufacture of Projectile Points: Implications for the Early Settlement of the Argentine Puna. *Southbound: Late Pleistocene peopling of Latin America*: 69-74.

HOGUIN, R y H. D. Yacobaccio

2012. Análisis lítico de ocupaciones del Holoceno Medio de Hornillos 2 (Jujuy, Argentina): discutiendo la tecnología y distribución de las puntas de proyectil "San Martín". *Chungará* 4 (1): 81-95.

HOLMGREN, C. A., E. Rosello, C. Latorre y J. L. Betancourt.

2008. Late-Holocene fossil rodent middens from the Arica region of northernmost Chile. *Journal of Arid Environments* 72: 677-686.

HORWITZ KOLSKA, L.

1989. A Reassessment of Caprovine Domestication in the Levantine Neolithic: Old Questions, New Answers. En I. Hershkovitz (ed.), *People and Culture Change*: 153- 181. Oxford, BAR International Series 508(i).

HUGGETT, R. J.

1991. *Climate, Earth Process and Earth History Vol 1*. Berlín, Springer-Verlag.

I

INGOLD, T.

1980. *Hunters, pastoralists and ranchers*. Cambridge, University of Cambridge Press.

ISLEBE, G. y H. Hooghiemstra

1995. Recent pollen spectra of Highland Guatemala. *Journal of Biogeography* 22 (6): 1091-1099.

J

JACKSON, S. T. y J. W. Williams

2004. Modern analogs in Quaternary paleoecology: here today, gone yesterday, gone tomorrow? *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences* 32: 495-537.

JANSSEN, C. R.

1970. Problems in the recognition of plant communities in pollen diagrams. *Vegetation* 20: 187-198.

JENNINGS, J. D. y E. Norbeck

1955. Great Basin Prehistory: A Review. *American Antiquity* 21: 1-11.

JOCHIM, M. A.

1976. *Hunter-gatherer Subsistence and Settlement: a Predictive Model*. New York, Academic Press.

JOHNSON, D. L., S. H. Ambrose, T. J. Bassett, M. L. Bowen, D. E. Crummey, J. S. Isaacson, D. N. Johnson, P. Lamb, M. Saul, y A. E. Winter-Nelson

1997. Meanings of environmental terms. *Journal of Environmental Quality* 26: 581-589.

JONES, G. y C. Beck

1992. Chronological Resolution in Distributional Archaeology. En J. Rossignol y L. Wandnider (eds.), *Space, Time and Archaeological Landscapes*: 167-192. New York y London, Interdisciplinary Contributions to Archaeology, Plenum Press.

K

- KANIEWSKI, D. E., E. Van Campo, H. Paulissen, E. Weiss, C. D. Bakker, I. Rossignol y K. Van Lerberghe
2011. The medieval climate anomaly and the little Ice Age in coastal Syria inferred from pollen-derived palaeoclimatic patterns. *Global and Planetary Change* 78: 178-187.
- KELLY, M. A., T. V. Lowell, P. J. Applegate, C. A. Smith, F. M. Phillips, A. M. Hudson
2012. Late glacial fluctuations of Quelccaya Ice Cap, southeastern Peru. *Geology* 40: 991-994.
- KELLY, R. L.
1992. Mobility/sedentism: concepts, archeological measures, and effects. *Annual Review of Anthropology* 21: 43-66.
1995. *The foraging spectrum (diversity in hunter-gatherer lifeways)*. Washington, Smithsonian Institution Press.
- KENT, J. D.
1987. The most ancient south: a review of the domestication of Andean camelids. En L. Manzanilla (ed.), *Studies in the Neolithic and Urban Revolution. The V. Gordon Childe Colloquium in Mexico, 1986*: 169-184. London, BAR International Series 349, British Archaeological Reports.
- KESSLER, A.
1991. Zur frage der andern del allgemeiner atmospherischen zirkulation auf dem altiplano seit dem spatglazial. *Bamberger Geogra. Schr.* 11: 351-358.
- KLIMOVSKY, G.
1995. *Las desventuras del conocimiento cientifico*. Buenos Aires, A-Z Editora.
- KOCH, J. y R. Kilian
2005. "Little Ice Age" glacier luctuations, Gran Campo Nevado southernmost Chile. *Holocene* 15: 20-28.
- KOFORD, C. B.
1957. The vicuia and the Puna. *Ecol, Monogr.* 27: 153-219.
- KOSSE, K.
1994. The evolution of large, complex groups: A hypothesis. *Journal of Anthropological Archaeology* 13: 35-49.
- KRAPOVICKAS, P.
1987-1988. Noticia. Nuevos fechados radiocarbónicos para el sector oriental de la puna y la Quebrada de Humahuaca. *Runa XVII-XVIII*: 207-219.
- KULEMEYER, J. A., L. Lupo, J. J. Kulemeyer y L. Laguna
1999. Desarrollo paleoecológico durante las ocupaciones humanas del precerámico del norte de la Puna Argentina. *Bamberger Geographische Schriften* 19: 236-255.
- KULEMEYER, J. J.
2005. Holozane Landschaftsentwicklung im Einzugsgebiet des Rio Yavi (Jujuy/Argentina). Tesis Doctoral inédita, Fakultat fur Biologie, Chemie und geowissenschaften, Universitat Bayreuth.
- KULEMEYER, J., J. Kulemeyer y L. Laguna
1994. Estratigrafía del abrigo "La Cueva" de Yavi. *Actas y Memorias de XI Congreso Nacional de Arqueología Argentina*: 166-167.

KULEMEYER, J. y L. Lupo

1994. Evolución de paisaje bajo influencia antrópica durante el Holoceno Superior en la cuenca del río Yaví. Borde Oriental de la Puna. Jujuy, Argentina. *Bamberg Südamerika Symposium. Landschaftsentwicklung, Paläoökologie und Klimageschichte der Ariden Diagonale Südamerikas im Jungquartär.*

KULEMEYER, J., L. Lupo, M. C. Madozzo Jaén, A. Cruz, P. Cuenya, M. Maloberti, G. Cortés y A. Korstanje

2013. Desarrollo del Paisaje Holoceno en la Cuenca de El Bolsón: gente y ambiente en procesos de cambio y estabilidad. *Diálogo Andino* 41: 25-44.

KUZNAR, L. A.

1990. Pastoralismo temprano en la sierra alta del departamento de Moquegua, Perú. *Chungara* 24/25: 53-68.

1991. Herd composition in an Aymara community of the Peruvian Altiplano: a linear programming problem. *Human Ecology* 19: 369-386.

1995. *Awatimarka: The Ethnoarchaeology of an Andean Herding Community.* Forth Worth, Harcourt Brace College Publishers.

L

LAKER, J., J. Baldo, Y. Arzamendia y H. Yacobaccio

2006. La vicuña de los Andes. En B. Vilá (ed.), *Investigación, conservación y manejo de vicuñas Proyecto MACS: 37-50.* Buenos Aires, Universidad de Luján.

LALAND, K. y M. O'Brien

2010. Niche construction theory and archaeology. *Journal of Archaeological Method and Theory* 17 (4): 303-322.

LANE, K.

2005. Engineering the Puna: the hydraulics of agro-pastoral communities in a north-central Peruvian valley. Tesis Doctoral inédita. Universidad de Cambridge.

LATORRE, C., J. L. Betancourt y T. K. Arroyo

2006. Late Quaternary vegetation and climate history of a perennial river canyon in the Río Salado basin (22_S) of Northern Chile. *Quaternary Research* 65: 450-466.

LATORRE, C., J. L. Betancourt, K. A. Rylander y J. Quade

2002. Vegetation invasions into absolute desert: a 45 000 yr rodent midden record from the Calama-Salar de Atacama basins, northern Chile (lat 22–24S). *Geological Society of America Bulletin* 114: 349-366.

LATORRE, C., J. L. Betancourt, K. A. Rylander, J. Quade y O. Matthei

2003. A vegetation history from the arid prepuna of northern Chile (22e23°S) over the last 13,500 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194: 223-246.

LAVALLÉE, D. y L. García

1992. Investigaciones en el Alero Tomayoc: 1987-1989. *Cuadernos. Facultad de Humanidades y Cs. Sociales. U. N. de Jujuy* 3: 7-11.

LAVALLÉE, D., M. Julien, C. Karlin, L. C. García, D. Pozzi-Escot y M. Fontugne

1997. Entre Desierto y Quebrada: Tomayoc, un Alero en La Puna. *Avances en Arqueología* 3: 9-39.

LEACOCK, E. y R. B. Lee (eds.)

1982. *Politics and History in Band Societies*. Cambridge/Paris, Cambridge University Press/Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme.

LEDRU, M. P., V. Jomelli, P. Samaniego, M. Vuille, S. Hidalgo, M. Herrera y C. Ceron

2013. The Medieval Climate Anomaly and the Little Ice Age in the eastern Ecuadorian Andes. *Clim. Past* 9: 307-321.

LEE, R. B. e I. DeVore

1968. *Man the hunter*. Chicago, Aldine.

LEROI-GOURHAN, A.

1964. *Le geste et la parole Vol. I: Technique et langage*. Paris, Albin Michel.

1965. *Le geste et la parole Vol. II: La Mémoire et les Rythmes*. Paris, Albin Michel.

LESSMANN, H.

1972. Clima de la Alta Cuenca del río Bermejo, Distribución anual media de las precipitaciones de la Cuenca. Documento provisorio OEA.

LIU, K. B., C. A. Reese y L. G. Thompson

2005. Ice-core pollen record of climatic changes in the central Andes during the last 400 yr. *Quaternary Research* 64(2): 272-278.

LOMOLINO, M. V. y J. W. Brown

1998. *Biogeography*. Sunderland, Mass Sinauer Associates.

LÓPEZ, G.

2005. Descripción breve de la investigación arqueológica en Pastos Grandes, puna de Salta. *Intersecciones en Antropología* 6: 219-222.

2007a. Arqueología de Pastos Grandes, puna de Salta: Ocupaciones humanas y evolución a lo largo del Holoceno. Tesis Doctoral inédita, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

2007b. Aspectos sociales de la transición al pastoralismo en la puna: una perspectiva evolutiva. En A. E. Nielsen, M. C. Rivolta, V. Seldes, M. M. Vázquez y P. H. Mecolli (comps.), *Producción y circulación prehispánicas de bienes en el sur andino*: 83-103. Córdoba, Editorial Brujas.

2008. Arqueología de Cazadores y Pastores en Tierras Altas: Ocupaciones humanas a lo largo del Holoceno en Pastos Grandes, Puna de Salta, Argentina. En Andrés D. Izeta (ed.), *South American Archaeology Series* 4. Oxford, BAR S1854.

2009. Diversidad arqueológica y cambio cultural en Pastos Grandes, Puna de Salta, a lo largo del Holoceno. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* XXXIV: 149-175.

2013. Ocupaciones humanas y cambio a lo largo del Holoceno en abrigos rocosos de la Puna de Salta, Argentina: Una perspectiva regional. *Chungará* [online] 45 (3): 411-426.

LÓPEZ, G. y F. Restifo

2012. The Middle Holocene domestication and intensification of camelids in north Argentina, tracked by zooarchaeology and lithics. *Antiquity* 86. En prensa.

LUPU, L. C.

1998. Estudio sobre la lluvia polínica actual y la evolución del paisaje a través de la vegetación durante el Holoceno en la cuenca del río Yavi. Borde Oriental de la Puna, Noroeste Argentino. Tesis Doctoral inédita, Fakultat fur Geschichts-und Geowissenschaften, Universitat Bamberg.

LUPU, L. C., J. Kulemeyer, C. Aschero, A. Nielsen

2006. Evidencias palinológicas de intervención humana en el paisaje desde el precerámico al formativo de Puna y Quebrada de Humahuaca. *XIII Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología. Resúmenes: 85.*

LUPU, L. C., M. R. Morales, H. D. Yacobaccio, A. Maldonado y M. Grosjean

2007. Cambios ambientales en la Puna jujeña durante los últimos 1200 años: explorando su impacto en la economía pastoril. *Pacarina* (número especial). *XVI Congreso Nacional de Arqueología Argentina, Tomo III: 151-156.*

M

MACNEISH, R. S.

1992. *The origins of agriculture and settled life.* Norman, University of Oklahoma Press.

MADDEN, R. y P. Julian

1994. A review of the intraseasonal oscillation in the Tropics. *Mon. Weather Rev.* 122: 814-837.

MAGGI, A. E., S. M. Navone y F. A. Kindgard

2009. Monitoreo de los cambios en el comportamiento de algunas lagunas debido a la oscilación climática utilizando imágenes satelitales en la puna jujeña. En D. Ponvert Delisles Batista (J. Straschnoy comp.), *Seminario Internacional "La tecnología satelital de observación de la tierra en la evaluación, monitoreo y manejo de desastres naturales en la agricultura. Retos y perspectivas"*: 108-119. Buenos Aires, Ediciones INTA.

MALDONADO, A., J. L. Betancourt, C. Latorre y C. Villagrán

2005. Pollen analyses from a 50,000 yr rodent midden series in the southern Atacama Desert (25_300). *Journal of Quaternary Science* 20: 493-507.

MALDONADO, A. y C. Villagrán

2002. Paleoenvironmental Changes in the Semiarid Coast of Chile (32°S) during the Last 6200 cal Years Inferred from a Swamp-Forest Pollen Record. *Quaternary Research* 58: 130-138.

MANDRIOLI, P., C. Scarani, F. Tampieri y F. Trombetti

1978. Airborne Pollen source modelling. 1st International Conference on Aerobiology. München. Federal Republic of Germany: 393-406.

MANTUA, N. J., S. Hare, Y. Zhang, J. M. Wallace y R. C. Francis

1997. A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 78: 1069-1079.

MARCOS, M. A. y M. V. Mancini

2012. Modern pollen and vegetation relationships in Northeastern Patagonia (Golfo San Matías, Río Negro). *Review of Paleobotany and Palynology* 171: 19-26.

MARKGRAF, V.

1985. Paleoenvironmental History of the last 10000 years in Northwestern Argentina. *Zentralblatt Geologie und Palantologie. Teil I: 1739-1749.*

- MARKGRAF, V. y H. D' Antoni
1978. *Pollen Flora of Argentina*. Tucson, The University of Arizona Press.
- MASHIOTTA, Y. T. A.
2003. Tropical glacier and ice core evidence of climate Change on annual to millennial time scales. *Climatic Change* 59: 137-155.
- MASIOKAS, M. H., B. H. Luckman, R. Villalba, S. Delgado, P. Skvarca y A. Ripalta
2009. Little Ice Age luctuations of small glaciers in the Monte Fitz Roy and Lago del Desierto areas, south Patagonian Andes, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeo- ecology* 281 (3-4): 351-362.
- MASIOKAS, M. H., R. Villalba, D. Trombotto, S. Delgado, B. Luckman, A. Ripalta y J. Hernández
2001. Dendrogeomorphological reconstruction of glacier variations in Northern Patagonia during the past 1000 years. En M. Kaennel Dobbertin y O.U. Bräker (eds.), *International Conference on Tree Rings and People, Abstracts: 177*. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL.
- MATTEUCCI, S. D. y A. Colma
1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Serie Biología. Monog. N° 22. OEA.
- MCCUNE, B. y M. J. Mefford
2011. PC-ORD. Multivariate analysis of Ecological Data, Version 6.0 for Windows.
- MELTZER, D. J.
2002. What do we do when no one's been there before? Thoughts on the Exploration and Colonization of New Lands. En N. Jablonski (ed.), *The first Americans. The Pleistocene colonization of the New World: 27 - 35*. Oakland, California University Press.
- MENGGONI GOÑALONS, G. L.
1991. La Llama y sus Productos Primarios. *Arqueología* 1: 179-193.
- MERCURI, C.
2011. Variabilidad de Estrategias Tecnológicas Líticas durante el Periodo Formativo (ca. 2400- 1400 Ap) en la Puna de Salta. Tesis Doctoral inédita. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- MESNAGE, V., S. Bonneville, B. Laignel, D. Lefebvre, J. P. Dupont y D. Mikes
2002. Filling of a wetland (Seine estuary, France): natural eutrophication or anthropogenic process? A sedimentological study of wetland organic sediments. *Hydrobiologia* 475/476: 423-435.
- MESSERLI, B., M. Grosejan, G. Bonani, A. Burgi, M. A. Geyh, K. Graf, K. Ramseyer, H. Romero, U. Schotteter, H. Schreier y M. Vuille
1993. Climate change and natural resource dynamics in the Atacama Altiplano. *Mountain Research and Development* 13: 117-127.
- MITHEN, S. J.
1989. Modeling Hunter- Gatherer Decision Making: Complementing Optimal Foraging Theory. *Human Ecology* 17: 59-83.

- MOORE, K. M.
1989. Hunting y the Origins of Herding in Peru. Tesis Doctoral inédita. Department of Anthropology, University of Michigan.
- MOORE, P. D., J. A. Webb y M. E. Collinson
1991. *Pollen analysis*. Oxford, Blackwell Science.
- MORALES, M. R.
2004. Casi Invisibles. Diatomeas, ambientes locales y estrategias cazadoras-recolectoras durante la primera mitad del Holoceno en la Puna desértica. Tesis de licenciatura inédita. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Ms.
2011. *Arqueología ambiental del Holoceno Temprano y Medio en la Puna Seca argentina Modelos paleoambientales multi-escalas y sus implicancias para la arqueología de cazadores-recolectores*. Oxford, BAR S2295, South American Archaeology Series 15, Archaeopress.
- MORALES, M. y K. Schitteck
2008. Primeros resultados paleoambientales del Holocenomedio en Alto Tocomar (Puna Salteña): interpretación local e implicancias regionales. En *Libro de resúmenes de las primeras jornadas del área puneña de los Andes centro-Sur*: 109-110.
- MORALES, M. S., D. A. Christie, R. Villalba, J. Argollo, J. Pacajes, J. S. Silva, C. A. Alvarez, J. C. Llancabure y C. C. Soliz Gamboa
2012. Precipitation changes in the South American Altiplano since 1300AD reconstructed by tree-rings. *Climate of the Past* 8: 653-666.
- MOSCA TORRES, M. E. y S. Puig
2010. Seasonal diet of vicuñas in the Los Andes protected area (Salta, Argentina): Are they optimal foragers? *Journal of Arid Environments* 74 (4): 450-457.
- MOURGUIART, Ph., J. Argollo, P. Carbonel, T. Correge y D. Wirmann
1995. El lago Titicaca durante el Holoceno: Una historia compleja. En J. Argollo y Ph. Mourguiart (eds.), *Cambios cuaternarios en America del Sur*: 173-188. La Paz, ORSTOM.
- MURRA, J.
1975 [1972]. El control vertical de un máximo de pisos ecológicos en la economía de las sociedades andinas. En *Formaciones económicas y políticas del mundo Andino*. Lima, Instituto de Estudios peruanos.
1985a. "El archipiélago vertical" revisited. En S. Masuda, I. Shimada y C. Morris (eds.), *Andean Ecology and Civilization*: 3-13. Tokyo, University of Tokyo Press.
1985b. The limits and limitations of the "Vertical Archipiélago" in the Andes. En S. Masuda, I. Shimada y C. Morris (eds.), *Andean Ecology and Civilization*: 15-20. Tokyo, University of Tokyo Press.
- MUSCIO, H.
1998-1999. Tendencias en la variabilidad ambiental de la puna argentina: Implicancias para la ecología humana prehistórica y para los paisajes arqueológicos. *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano* 18: 271-296.
1999. Colonización humana del NOA y variación en el consumo de recursos: la ecología de los cazadores recolectores de la puna durante la transición Pleistoceno-Holoceno. *Revista Naya Novedades de Antropología y Arqueología*: 1-41.

2004. Dinámica poblacional y evolución durante el período agroalfarero temprano en el Valle de San Antonio de los Cobres, puna de Salta, Argentina. Tesis Doctoral inédita, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- 2011a. Arqueología de la ocupación 2000 AP de la quebrada de Matancillas. En G. E. J. López y H. J. Muscio (eds.), *Arqueología de la Puna argentina. Perspectivas actuales en el estudio de la diversidad y el cambio cultural*: 69-95. Oxford, Archaeopress, BAR International Series 2296.
- 2011b. Modelling demographic dynamics and cultural evolution: The case of the early and mid-Holocene archaeology in the highlands of South America. *Quaternary International* 256: 27-34.
- 2011c. Ocupaciones humanas a cielo abierto de finales del Holoceno medio y comienzos del Holoceno tardío en el Valle de San Antonio de los Cobres, Puna de Salta. *Comechingonia. Revista de Arqueología* 15: 171-190.

N

NAKAGAWA, T., P. Tarasov, N. Kotoba, K. Gotanda y Y. Yasuda

2002. Quantitative pollen-based climate reconstruction in Japan, application to surface and late Quaternary spectra. *Quaternary Science Reviews* 21: 2099–2113.

NAVARRO, D.

2010. Ambientes holocénicos pedemontanos y de montaña del sur de Mendoza. Tesis Doctoral inédita, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata.

NELSON, M.

1991. The study of technological organization. En M. Schiffer (ed.), *Archaeologic Method and Theory* 3: 57-100. Tucson, University of Arizona Press.

NESTER, P., E. Gayó, C. Latorre, T. E. Jordan y N. Blanco

2007. Perennial stream discharge in the hyperarid Atacama Desert of northern Chile during the latest Pleistocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 19724-19729.

NEWSOME, J. C.

1999. Pollen-vegetation relationships in semi-arid southwestern Australia. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 106: 103-119.

NIAMIR-FULLER, M.

1998. The resilience of pastoral herding in Sahelian Africa. En F. Berkes, C. Folke y J. Colding (eds.), *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*: 250-284. Cambridge, Cambridge University Press.

NIAMIR-FULLER, M. y M. D. Turner

1999. A review of recent literature on pastoralism and transhumance in Africa. En M. Niamir-Fuller (ed.), *Managing mobility in African rangelands: the legitimization of transhumance*: 18-46. Exeter, IT Publications.

NIELSEN, A. E.

2000. Andean Caravans: An Ethnoarchaeology. Tesis Doctoral inédita, University of Arizona.
2009. Pastoralism and the non-pastoral world in the Late Precolumbian history of the Southern Andes (AD 1000-1535). *Nomadic Peoples* 13(2): 17-35.

NOGUÉS-PAEGLE, J., L. Byerle y K. C. Mo

2000. Intraseasonal modulation of South American summer precipitation. *Mon. Weather Rev.* 128: 837-850.

NULLO, F.

1988. Descripción geológica de la hoja 4 a-b, Susques, Provincia de Jujuy. Informe inédito. Buenos Aires, SEGEMAR.

NÚÑEZ, L.

1981. Asentamiento de cazadores recolectores tardíos de la Puna de Atacama: Hacia el sedentarismo. *Chungara* 8: 137-168.

1983. *Paleoindio y arcaico en Chile: diversidad, secuencia y procesos*. México, Cuicuilco.

1992a. Emergencia de complejidad y arquitectura jerarquizada en la Puna de Atacama: Evidencias del sitio Tulán 54. En M. E. Albeck (ed.), *Taller de selva a costa*: 85-115. Buenos Aires, Instituto Interdisciplinario de Tilcara, Universidad de Buenos Aires.

1992b. Ocupación arcaica en la Puna de Atacama: secuencia, movilidad y cambio. En B. Meggers (ed.), *Prehistoria Sudamericana: nuevas perspectivas*: 283-307. Washington, Taraxacum.

1995. Evolución de la ocupación y organización del espacio atacameño. En A. Pourrut y L. Núñez (eds.), *Agua, ocupación del espacio y economía comparativa en la región atacameña, aspectos dinámicos*: 18-60. Antofagasta, Universidad Católica del Norte.

NÚÑEZ, L., I. Cartagena, C. Carrasco y P. De Souza

2005. El templete Tulán y sus relaciones formativas panandinas (norte de Chile). *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines* 34 (3): 299-320.

NÚÑEZ, L., I. Cartagena, C. Carrasco, P. de Souza. y M. Grosjean

2006. Emergencia de comunidades pastoralistas formativas en el sureste de la Puna de Atacama. *Estudios Atacameños* 32: 93-117.

NÚÑEZ, L., I. Cartagena, J. P. Loo, S. Ramos, T. Cruz y H. Ramírez

1997. Registro e investigación del arterupestre en la Cuenca de Atacama (Informe Preliminar). *Estudios Atacameños* 14: 307-325.

NÚÑEZ L. y T. Dillehay

1995 [1978]. *Movilidad Giratoria, Armonía Social y Desarrollo en los Andes Meridionales: Patrones de Tráfico e Interacción Económica*. San Pedro de Atacama, Universidad Católica del Norte.

NÚÑEZ, L. y M. Grosjean

1994. Cambios Ambientales Pleistocénico-Holocénicos: Ocupación Humana y Uso de Recursos en la Puna de Atacama (Norte de Chile). *Estudios Atacameños* 11: 11-24.

NÚÑEZ, L., M. Grosjean e I. Cartagena

1999. Un ecorrefugio oportunístico en la Puna de Atacama durante eventos áridos del Holoceno Medio. *Estudios Atacameños* 17: 125-174.

2002. Human Occupations and Climate Change in the Puna de Atacama, Chile. *Science* 298: 821-824.

2005. *Ocupaciones Humanas y Paleoambientes en la Puna de Atacama*. San Pedro de Atacama, Taraxacum - Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Museo Universidad Católica del Norte.

NÚÑEZ, L. y C. Santoro

1988. Cazadores de la Puna Seca y Salada del Área Centro Sur Andina (Norte de Chile). *Estudios Atacameños* 9: 11-60.

NÚÑEZ, L., J. Varela, R. Casamiquela, V. Schiappacasse, H. Niemeyer y C. Villagrán

1994. Cuenca de Taguatagua en Chile: el ambiente del Pleistoceno Superior y ocupaciones humanas. *Revista Chilena de Historia Natural* 67 (4): 503-519.

O

OCHSENIUS, C.

1976. Biogeographical Context of the Pluvial Lakes of the Atacama Desert during the Late Pleistocene, Tropic of Capricorn. En *First Intern. Congr. on Pacific Neogene Stratigraphy. COS, IUGS. Abstracts of Papers*: 169-171. Tokyo.

ODELL, G. H.

1982. Some Additional Perspectives on Appropriate Models and Analogs for Hunter-Gatherer Populations. *American Antiquity* 47 (1): 192-198

ODLING-SMEE, J., K. Laland y M. Feldman

2003. *Niche construction. The neglected process in evolution*. Nueva Jersey, Princeton University Press.

ODUM, E. P.

1971. *Fundamentals of Ecology*. Philadelphia, W. B. Saunders.

OLIVERA, D. E.

1997. La importancia del recurso Camelidae en la Puna de Atacama entre los 10.000 y los 500 años AP. *Estudios Atacameños* 14: 29-41.

OLIVERA, D. E. y D. C. Elkin

1994. De cazadores y pastores: el proceso de domesticación de camélidos en la puna meridional argentina. En D. C. Elkin, C. Madero, G. L. Mengoni Goñalons, D. E. Olivera, M. C. Reigadas y H. D. Yacobaccio (eds.), *Zooarqueología de Camélidos 1*: 95-124. Buenos Aires, Grupo Zooarqueología de Camélidos.

OLIVERA, D. y P. Tchilinguirian

2006. Humedales de altura y capacidad de sustentación para camélidos (Antofagasta de la Sierra, Catamarca, Argentina). *IV Congreso Mundial sobre Camélidos*. Santa María.

ORLOVE, B. S. y D. W. Guillet

1985. Theoretical and Methodological Considerations on the Study of Mountain Peoples: Reflections on the Idea of Subsistence Type and the Role of History in Human Ecology. *Mountain Research and Development*. 5 (1): 3-18.

OVERPECK J. T., T. Webb e I. C. Prentice

1985. Quantitative interpretation of fossil pollen spectra: dissimilarity coefficients and the method of modern analogs. *Quat. Res.* 23: 87-108.

OWENS, D. A. y B. Hayden

1997. Prehistoric Rites of Passage: a Comparative Study of Transegalitarian Hunter-Gatherers. *Journal of Anthropological Archaeology* 16: 121-161.

OXMAN, B. I.

2010. Una perspectiva paleoecológica de las primeras ocupaciones humanas de la Puna Seca: análisis polínico de perfiles naturales holocénicos, Dto. de Susques, Pcia de Jujuy, Argentina. Tesis de licenciatura inédita. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

OXMAN B. I. y H. D. Yacobaccio

2014. Pollen analysis of Pastos Chicos: Paleoenvironmental and archeological implications during the Holocene in the Dry Puna of Argentina. En D. M. Kligmann y M. R. Morales (eds.), *Physical, Chemical and Biological Markers in Argentine Archaeology: Theory, Methods and Applications*: 105-116. Oxford, BAR International Series 2678.

OXMAN, B. I., H. D. Yacobaccio, L. C. Lupo y P. Tchilinguirian

2014. Primeros estudios paleoambientales de Lapao 2 (Puna Seca) y la señal de la Pequeña Edad de Hielo. *Anuario de Arqueología* 5: 375-390.

P

PADUANO, G. M., M. B. Bush, P. A. Baker, S. C. Fritz, y G. O. Seltzer

2003. A Vegetation and Fire History of Lake Titicaca since the Last Glacial Maximum. *Papers in the Earth and Atmospheric Sciences*. Paper 36.

PEREYRA, F. y D. Roverano

2008. Glaciares de roca fósiles y otras formas criogénicas en San Carlos de Bariloche, Río Negro. En *Actas del 17º Congreso Geológico Argentino*: 886-887. Jujuy.

PESSINO, M. E. M., **J. H. Sarasola, C. Wander y N. Besoky**

2001. Respuesta a largo plazo del puma (*Puma concolor*) a una declinación poblacional de la vizcacha (*Lagostomus maximus*) en el desierto del Monte, Argentina. *Ecología Austral* Vol. 11, Nº 2.

PIANKA, E.

1982. *Ecología Evolutiva*. Barcelona, Omega ediciones.

PIMENTEL, G., G. C. Rees, P. de Souza y L. Arancibia

2011. Viajeros Costeros y Caravaneros. Dos estrategias de movilidad en el Período Formativo del desierto de Atacama, Chile. En L. Núñez y A. E. Nielsen (eds.), *En ruta: Arqueología, Historia y Etnografía del Tráfico Sur Andino*: 43-82. Córdoba, Encuentro Grupo Editor.

PINTAR, E.

1996. Movilidad, artefactos y materias primas: la organización tecnológica en la Puna Desértica. *Actas y Memorias del XI Congreso Nacional de Arqueología Argentina (13ª Parte)*. Tomo XXV (1/4): 17-21. San Rafael.

PIROLA, M.

2014. ¿Dónde va la gente cuando no llueve? Heterogeneidad ambiental multi-escala en la Puna de Jujuy durante el Holoceno Medio: contenido de materia orgánica y carbonatos en sedimentos de paleohumedales. Tesis de Licenciatura inédita. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires.

PRENTICE, I. C.

1988. Records of vegetation in time and space: the principles of pollen analysis. En Huntley B, Wchh '1' 111 (eds.), *Vegetation history*: 17-42. The Hague, Kluwer.

PUIG, S.

1992. *Estrategias para el Manejo y aprovechamiento racional del guanaco (Lama guanicoe)*. s/l, FAO.

1995. Abundancia y distribución de las poblaciones de guanacos. En *Técnicas para el Manejo del Guanaco*: 57-70. Gland, UICN.

R

RABASSA, J., A. Coronato, G. Bujalesky, M. Salemme, C. Roig, A. Meglioli, C. Heusser, S. Gordillo, F. Roig, A. Borronei y M. Quattrocchio

2000. Quaternary of Tierra del Fuego, southernmost South America: an updated review. *Quaternary International* 68-71: 217-240.

RABATEL, A., B. Francou, V. Jomelli, P. Naveau, D. Grancher

2008. A chronology of the Little Ice Age in the tropical Andes of Bolivia (16° S) and its implications for climate reconstruction. *Quaternary Research* 70: 198-212.

RABATEL, A., V. Jomelli, P. Naveau, B. Francou y D. Grancher

2005. Dating of Little Ice Age glacier luctuations in the tropical Andes: Charquini glaciers, Bolivia, 16°S. *Comptes Rendus Geosciences* 337 (15): 1311-1322.

RABEH, O. O.

1984. The somali nomad. En T. Labahn (ed.), *Proceedings of the 2nd International Congress of Somali Studies*: 57-69. Hamburg, Hamburg Verlag.

RAMÍREZ, E., G. Hoffman, J. D. Taupin, B. Francou, P. Ribstein, N. Caillon, F. A. Ferron, A. Landais, J. R. Petit, B. Pouyaud, U. Schotterer, J. Simoes y M. Stievenard

2003. A new Andean deep ice core from Nevado Illimani (6350 m), Bolivia. *Earth and Planetary Science Letters* 212: 337-350.

RÄSÄNEN, S.

2001. Tracing and interpreting fine-scale human impact in northern Fennoscandia with the aid of modern pollen analogues. *Veget. Hist. Archaeobot.* 10: 211 – 218.

RATTO, N., M. Carolina, F. Hongn, M. Randall

2008. Gente y volcanes: el registro arqueológico de ambientes inestables del oeste Tiñogasteño de Catamarca (ca.5000e1500 AP). En *Primeras jornadas de arqueología del área Puneña de los Andes centro-sur*: 112-113. Tucumán.

RAYNOR, G. S., E. C. Ogden y J. V. Hayes

1972. Dispersion and deposition of corn pollen from experimental sources. *Agron J.* 64: 420-427.

RECH, J. A.

2001. Late Quaternary Paleohydrology and Surficial Processes of the Atacama Desert, Chile: Evidence from Wetland Deposits and Stable Isotopes of Soil Salts. Tesis Doctoral inédita, Department of Geosciences, University of Arizona.

RECH, J. A., E. Quade y J. Betancourt

2002. Late quaternary paleohydrology of the Central Andes (22- 24°S), Chile. *Geological Society of America Bulletin* 114: 334-348.

RECH, J., S. Pigati, J. Quade y J. L. Betancourt

2003. Re-evaluation of mid-Holocene deposits at Quebrada Piripica, northern Chile. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194: 207-222.

REDFORD K. y J. Eisenberg

1992. Mammals of the Neotropics. *The Southern Cone*. Vol 2. Chicago, Univ. Chicago Press.

- REESE, C. A., K. B. Liu y L. G. Thompson
2013. An ice-core pollen record showing vegetation response to Late-glacial and Holocene climate changes at Nevado Sajama, Bolivia. *Annals of Glaciology* 54 (63): 183-190.
- RESTIFO, F.
2013a. Tecnología lítica en la Puna de la Provincia de Salta a lo largo del Holoceno temprano y medio: patrones de variación y procesos de cambio. Tesis Doctoral inédita, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.
2013b. Tecnología de caza durante el Holoceno Temprano y Medio en la Puna de la provincia de Salta (República Argentina): patrones de variación y procesos de cambio. *Comechingonia* 17 (1): 59-84.
- RESTIFO, F. y R. Huguin
2012. Risk and technological decision-making during the early to mid-Holocene transition: A comparative perspective in the Argentine Puna. *Quaternary international* 256: 35-44.
- RHOADES, R. E. y S. I. Thompson
1975. Adaptive Strategies in Alpine Environments: Beyond Ecological Particularism. *American Ethnologist* 2 (3): 535-551.
- RICHERSON, P. y B. Robert
1992. Cultural inheritance and evolutionary ecology. En E. Smith y B. Winterhalder (ed.), *Evolutionary ecology and human behavior*: 61-92. New York, Aldine de Gruyter.
- RICK, J. W. y K. M. Moore
1999. El Precerámico de la Puna de Junín: el punto de vista desde Panalauca. *Boletín de Arqueología PUCP* 3 :263-296.
2001. Specialized meat-eating in the Holocene: an archaeological case from the frigid tropics of high-altitude Peru. En C. B. Stanford y H. T. Bunn (eds.), *Meat-eating and human evolution*: 237-260. Oxford, Oxford University Press.
- RICKLEFS, R. E.
2004. A comprehensive framework for global patterns in biodiversity. *Ecol. Lett.* 7: 1-15.
- RIGSBY, C. A, J. P. Bradbury, P. A. Baker, S. M. Rollins, M. R. Warren
2005. Late quaternary paleolakes, rivers and wetland on the Bolivia Altiplano and their pleoclimatic implications. *Journal of Quaternary Science* 20 (7-8): 671-691.
- ROBERTS, W., H. G. David, S. Battisti, A. W. Tudhope
2014. ENSO in the Mid-Holocene according to CSM and HadCM3. *Journal of Climate* 27 (3): 1223-1242.
- RODBELL, D. T. y G. O. Seltzer
2000. Rapid ice margin fluctuations during the Younger Dryas in the Tropical Andes. *Quaternary Research* 54: 328-338.
- RODRÍGUEZ, M. F. y C. A. Aschero
2005. Archaeological evidences of *Zea mays* L. (Poaceae) in the Southern Argentinean Puna (Antofagasta de la Sierra, Catamarca. Manuscrito en posesión de los autores.

ROSEN, A. y S. Rosen

2001. Determinist or not Determinist?: Climate, Environment, and Archaeological Explanation in the Levant. En S. Wolff (ed.), *Studies in the Archaeology of Israel and Neighbouring Lands in Memory of Douglas L. Esse*. Chicago, The Oriental Institute of the University of Chicago.

ROSTWOROWSKI DE DIEZ CANSECO, M.

1989 [1977]. *Costa peruana hispánica*. Lima, Instituto de estudios peruanos.

ROWE, H. D., T. P. Guilderson, R. B. Dunbar, J. Southon, G. O. Seltzer, D. A. Mucciarone, S. C. Fritz y P. A. Baker

2003. Late Quaternary lake-level changes constrained by radiocarbon and stable isotope studies on sediment cores from Lake Titicaca, South America. *Global and Planetary Change* 38: 273–290.

RUTHSATZ, B. y C. Movia

1975. Relevamiento de las estepas andinas del noroeste de la provincia de Jujuy. Buenos Aires, FECYT.

S

SALVARREDY-ARANGUREN, M. M., A. Probst y M. Roulet

2009. Evidencias sedimentarias y geoquímicas de la pequeña edad de hielo en el lago Milluni Grande del Altiplano boliviano. *Revista Asociación Geológica Argentina* 65(4): 660-673.

SALZMAN, P. C.

1996. Peasant pastoralism. En U. Fabietti y P. C. Salzman (eds.), *The Anthropology of Tribal and Peasant Pastoral Societies: The Dialectics of Social Cohesion and Fragmentation*: 149-183. Como, IBIS Publishers.

SAMEC, C. T.

2010. Perspectiva isotópica sobre la alimentación de camélidos domésticos y silvestres de la Puna Jujeña: construyendo un marco de referencia para estudios arqueológicos. Tesis de licenciatura inédita. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

SANDFORD, S.

1983. *Management of pastoral development in the third world*. Chichester, John Wiley & Sons.

SANHUEZA, L. y F. Falabella

2007. Hacia una inferencia de las relaciones sociales del Complejo Llolleo durante el Período Alfarero Temprano en Chile Central. En A. Nielsen, C. Rivolta, V. Seldes, M. Vásquez, y P. Mercolli (eds.), *Procesos sociales prehispánicos en el sur Andino: la vivienda, la comunidad y el territorio*: 377-392. Córdoba, Brujas.

SCHÄBITZ, F.

2000. Vegetation and climate history on the eastern flank of the Santa Victoria, Jujuy Province, NW Argentina (first results). *Zent. bl. Geol. Palaontol.* 1 7/8: 1-16.

SCHÄBITZ, F., L. Lupo, J. Kulemeyer y J. Kulemeyer

2001. Variaciones en la vegetación, el clima y la presencia humana, durante los últimos 15 000 años, en el borde oriental de la Puna, Provincia de Jujuy y Salta, noroeste argentino. *Ameghiniana*. Publicación Especial 8: 125-130.

SCHITTEK, K.

2014. Cushion peatlands in the high Andes of northwestern Argentina as archives for palaeoenvironmental research. *Dissertation Botanicae* 412.

- SCHITTEK, K., M. Forbriger, F. Schäbitz y B. Eitel
 2012. Cushion Peatlands – Fragile Water Resources in the High Andes of Southern Peru. En H. Weingartner, O. Blumenstein y M. Vavelidis (eds.), *Water – Contributions to Sustainable Supply and Use, Landscape and Sustainable Development*: 63-84. Salzburg, Working group Landscape and Sustainable Development.
- SCHLANGER, S.
 1992. Recognizing persistent places in Anasazi settlement systems. En J. Rossignol y L. A. Wandsnider (eds.), *Space, time and archaeological landscapes*: 91-112. New York, Plenum Press.
- SCOONES, I.
 1995. *Living with uncertainty. New directions in pastoral development in Africa*. London, IT Publications.
- SECKT, H.
 1912. Contribución al conocimiento de la vegetación del noroeste de la República Argentina (Valles de Calchaquí y Puna de Atacama). *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, volumen LXXIV.
- SELUCHI, M. E. y J. A. Marengo
 2000. Tropical-extratropical Exchange of air masses during Summer and Winter in South America: Climatic Aspects and extreme events. *International Journal of Climatology* 20: 1167-1190.
- SEPPÄ, H.
 2007. Pollen analysis, principles. En Elias, S. A. (ed.), *Encyclopedia of Quaternary Science*: 2486-2497. Amsterdam, Elsevier.
- SEPPÄ, H. y K. D. Bennett
 2003. Quaternary pollen analysis: recent progress in palaeoecology and palaeoclimatology. *Progress in Physical Geography* 27: 548-579.
- SERRADA, R.
 2008. Influencia de los factores ecológicos en la vegetación. En *Apuntes de Silvicultura*: 83-132. Madrid, EUIT Forestal, Servicio de Publicaciones.
- SERVANT, M. y S. Servant-Vildary
 2003. Holocene precipitation and atmospheric changes inferred from river paleowetlands in the Bolivian Andes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194: 187-206.
- SERVANT-VILDARY, S., M. Servant y O. Jimenez
 2001. Holocene hydrological and climatic changes in the southern Bolivian Altiplano according to diatom assemblages in paleowetlands. *Hydrobiologia* 466: 267-277.
- SERVANT-VILDARY, S., N. Miskane y M. Servant
 2001. Holocene hydrological changes in the Bolivian Andes from wetland deposits in a glacial valley. *PEPI Workshop on the Paleoclimatology of the Central Andes*. Tucson.
- SMITH, E. A.
 1992. Human behavioral ecology I. *Evolutionary Anthropology* 1 (1): 20-25.
 2000. Three styles in the evolutionary analysis of human behavior. En L. Cronk, N. Chagnon y W. Irons (eds.), *Adaptation and human behavior. An anthropological perspective*: 27-46. Nueva York, Aldine de Gruyter.

SMITH, E. y B. Wintherhalder

1992. Natural selection and decision making: Some fundamental principles. En E. Smith y B. Wintherhalder (eds.), *Evolutionary ecology and human behavior*: 25-60. Nueva York, Aldine de Gruyter.

SMITH, J. A., G. O. Seltzer, D. L. Farber, D. T. Rodbell y R. C. Finkel

2005. Early local last glacial maximum in the tropical Andes. *Science* 308: 678-681.

SOEPBOER, W., S. Sugita, A. Lotter, J. F. N. Van Leuwen y W. O. Van der Knaap

2007. Pollen productivity estimates for quantitative reconstruction of vegetation cover on the Swiss Plateau. *Holocene* 17: 65-78.

SOLIZ, C., R. Villalba, J. Argollo, S. Mariano, M. S. Morales, D. A. Christie, J. Moya y J. Pacajes.

2009. Spatio-temporal variations in *Polylepis tarapacana* radial growth across the Bolivian Altiplano during the 20th century. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 281: 296-308.

STANSELL, D., D. Rodbell, M. Abbott y B. Mark

2013. Proglacial lake sediment records of Holocene climate change in the western Cordillera of Peru. *Quaternary Science Reviews* 70: 1-14.

STEPHENS, D. W. y J. R. Krebs

1986. *Foraging Theory*. Princeton, Princeton University Press.

SUGITA S., M. J. Gaillard y A. Brostrom

1999. Landscape openness and pollen records: a simulation approach. *Holocene* 9: 409-421.

SUTTON, O. G.

1953. *Micrometeorology*. New York, McGraw-Hill.

SYLVESTRE, F., M. Servant, S. Servant-Vildray, C. Causse, M. Fournier y J. P. Ybert

1999. Lake-level chronology on the southern Bolivian Altiplano (18°–23°S) during late-glacial time and the early Holocene. *Quaternary Research* 51: 54-66.

T

TANNER, W.

2001. A 22,000 year sediment and pollen record from Laguna Miscanti, northern Chile, Central Andes 24_S. *Global and Planetary Change* 28: 35-51.

TAPIA P. M., S. C. Fritz, P. A. Baker, G. Seltzer y R. Dunbar

2003. A late Quaternary diatom record of tropical climate history from Lake Titicaca (Peru/Bolivia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194: 139-164.

TAUBER, H.

1965. Differential pollen dispersion and the interpretation of pollen diagrams. *Dan. Geol. Unders. 2. Raekke* 89.

TCHILINGUIRIAN, P.

2008. Informe geomorfológico del sector medio de la cuenca Pastos Chicos, Susques, Jujuy. Ms.

TCHILINGUIRIAN, P. y M. Morales

2013. Mid-Holocene Paleoenvironments in Northwestern Argentina: Main Patterns and Discrepancies. *Quaternary International* 307: 14-23.

TCHILINGUIRIAN, P., M. R. Morales, B. Oxman, L. C. Lupo, D. E. Olivera y H. D. Yacobaccio

2012. Early to Middle Holocene transition in the Pastos Chicos record, dry Puna of Argentina. *Quaternary International* 330: 171-182.

TCHILINGUIRIAN, P., M. R. Morales, B. I. Oxman y M. Pirola

2014. Paleoenvironmental studies of the Quebrada de Lapao, Jujuy Province, Argentina (23° 22' 01" S, 66° 21' 52,8" W, 3650 M A.S.L.) for the 9400-7300 Yrs B.P. span. En D. M. Kligmann y M. R. Morales (eds.), *Physical, Chemical and Biological Markers in Argentine Archaeology: Theory, Methods and Applications*: 87-104. Oxford, BAR International Series 2678.

TCHILINGUIRIAN, P. y D. Olivera

2000. De aguas y tierras: aportes para la reactivación de campos agrícolas arqueológicos en la Puna Argentina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología XXV*: 99-118.

2011. Agricultura, ambiente y sustentabilidad agrícola en el desierto: El caso Antofagasta de la Sierra (Puna argentina, 26° S). En A. Korstanje y M. Quesada (eds.), *Arqueología de la agricultura: Casos de estudio en la región andina argentina*: 102-127. San Miguel de Tucumán, Magna.

TCHILINGUIRIAN, P., D. Olivera y L. Grana

2008. Expansiones y retrocesos de humedales de altura durante el Holoceno, Puna Austral Argentina: Implicancias Ambientales. *Actas del 17º Congreso Geológico Argentino*: 729-730. Jujuy.

THOMPSON, D. W. J. y J. M. Wallace

2000. Annular Modes in the Extratropical Circulation. Part I: Month-to-Month Variability. *J. Climate* 13: 1000-1016.

THOMPSON, L., M. Davis, E. Mosley-Thompson, T. A. Sowers, K. Henderson, V. S. Zagorodnov, P. N. Lin, V. N. Mikhailenko, R. K. Campen, J. F. Bolzan, J. Cole-Dai e Y. B. Francou

1998. A 25,000-year tropical climate history from Bolivian ice cores. *Science* 282: 1858-1864.

THOMPSON, L. G., E. Mosley-Thompson, J. F. Bolzan y B. R. Koci

1985. A 1500 year record of tropical precipitation recorded in ice cores from the Quelccaya Ice Cap, Peru. *Science* 229: 971-973.

THOMPSON, L. G., E. Mosley-Thompson, W. Dansgaard y P. M. Gootes

1986. The Little Ice Age as recorded in the stratigraphy of the tropical Quelccaya Ice Cap. *Science* 234: 361-364.

THOMPSON, L., E. Mosley-Thompson, M. Davis, P. N. Lin, K. Henderson, J. Cole-Dai y K. Liu

1995. Late glacial stage and Holocene tropical ice core records from Huscarán, Peru. *Science* 269: 46-50.

THOMPSON, L. G., E. Mosley-Thompson y K. A. Henderson

2000. Ice core paleoclimate records in tropical South America since the Last Glacial Maximum. *Journal of Quaternary Science* 15: 377-394.

TORRENCE, C.

1989. Tools as optimal solutions. En R. Torrence (ed.), *Time Energy and Stone Tools*: 1-6. Cambridge, Cambridge University Press.

TORRES, G. R. y L. C. Lupo

2014. La historia de la vegetación en ecosistemas de montaña del NOA: Reconstruyendo el paisaje del pasado. 2014. *Temas de biología y geología del NOA* 4 (1): 7-18.

TROLL, C.

1958. Las Culturas Superiores Andinas y el Medio Geográfico. *Revista del Instituto de Geografía* 5: 3-55.

1955. Der jahreszeitliche Ablauf des Naturgeschehens in der Erde. *Etud. Gen.* 8 (12): 712-733.

TURNER, J. C. y V. Méndez

1979. Puna. En *Segundo Simposio de Geología Regional Argentina*. Vol 1: 13-56. Córdoba, Academia Nacional de Ciencias.

U

UGAN, A., J. Bright y A. Rogers

2003. When technology worth the trouble? *Journal of Archaeological Science* 30: 1315-1329.

V

VALERO-GARCÉS, B.L., A. Delgado-Huertas, A. Navas, L. Edwards, A. Schwalb y N. Ratto

2003. Patterns of regional hydrological variability in central-southern Altiplano (18°-26°S) lakes during the last 500 years. Late-Quaternary palaeoclimates of the southern tropical Andes and adjacent regions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194 (1-3): 319-338.

VALERO-GARCÉS, B. L., A. Delgado-Huertas, A. Navas y N. Ratto

1999b. Large ^{13}C enrichment in primary carbonates from Andean Altiplano lakes, Northwest Argentina. *Earth and Planetary Sciences Letters* 171: 253-266.

VALERO, B. L., M. Grosjean, K. Kelts, H. Schreier y B. Messerli

1999a. Holocene lacustrine deposition in the Atacama Altiplano: facies models, climate and tectonic forcing. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 151: 101-125.

VALERO-GARCÉS, B., M. Grosjean, A. Schwalb, M. A. Geyh, B. Messerli y K. Kelts

1996. Limnogeology of Laguna Miscanti: evidence for mid to late Holocene moisture changes in the Atacama Altiplano. *Journal of Paleolimnology* 16: 1-21.

VAN DAM, H., A. Mertens e Y. J. Sinkeldam

1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28: 117-133.

VILÁ, B. L.

1992. Vicuñas (*Vicugna vicugna*) agonistic behaviour during the reproductive season. En F. Spitz, G. Janeau, G. González y S. Aulagnier (eds.), *Proceedings of the International Symposium ONGULES/UNGULATES/91*: 475-482. Toulouse, S.F.E.P.M. & I.R.G.M.

1995. Spacing patterns within groups in vicuñas in relation to sex and behaviour. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 30 (1): 45-51.

2000. Comportamiento y organización social de la vicuña. En B. González, F. Bas, C. Tala y A. Iriarte (eds.), *Actas del Seminario Internacional Manejo Sustentable de la Vicuña y Guanaco*: 175-192. Santiago, Servicio Agrícola y Ganadero, Pontificia Universidad Católica de Chile, Fundación para la Innovación Agraria.

VILLABA, R., J. Leiva, S. Rubulls, J. Suárez y L. Lenzano

1990. Climate, tree-rings, and glacial fluctuation in the rio Frias valley, Rio Negro, Argentine. *Arctic and Alpine Research* 22: 215-232.

Vos, P. C. y H. De Wolf

1993. Diatoms as tool for reconstructing sedimentary environments in coastal wetlands; methodological aspects. *Hydrobiologia* 269/270: 285-296.

VUILLE, M. y F. Keimig

2004. Interannual variability of summertime Convective cloudiness and precipitation in the Central Andes derived from ISCCP-B3 data. *Journal of Climate* 17: 3334-3348.

VUILLE, M., B. Francou, P. Wagnon, I. Juen, G. Kaser, B. G. Mark y R. S. Bradley

2008. Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. *Earth-Science Reviews* 89 (3-4): 79-96.

W

WALKER, J. C. G., P. B. Haysand y J. F. Kasting

1981. A negative feedback mechanism for the long-term stabilization of Earth's surface temperature. *J. Geophys. Res.* 86: 9776-9782.

WATERS, M. R. y C. Vance Haynes

2001. Late Quaternary arroyo formation and climate change in the American Southwest. *Geology* 29: 399-402.

WATTS, D.

1971. *Principles of Biogeography*. New York, McGraw & Hill.

WENG, C., M. Bush, J. Curtis, A. Kolata, T. Dillehay y M. Binford.

2006. Deglaciation and Holocene climate change in the western Peruvian Andes. *Quaternary Research* 66: 87-96.

WHEELER, J. C.

1984. On the origin and early development of camelid pastoralism in the Andes. En J. Clutton-Brock (ed.), *Animals and archaeology. Vol. 3: early herders and their flocks*: 395-410. Oxford, BAR International Series S202, British Archaeological Reports.

1991. Origen, evolución y status actual. En S. Fernández-Baca S (ed.), *Avances y perspectivas en el conocimiento de los camélidos sudamericanos*: 11-48. Santiago, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

1995. Evolution and Present Situation of the South American Camelidae. *Biological Journal of the Linnean Society* 54: 271-295.

1998. Evolution and Origin of Domestic Camelids. *Alpaca Registry Journal III*: 1-19

1999. Patrones prehistóricos de utilización de los camélidos sudamericanos. *Boletín de Arqueología PUCP* 3: 297-305.

WHEELER PIRES-FERREIRA, J., E. Pires-Ferreira y P. Kaulicke

1977. Domesticación de los camélidos en los Andes Centrales durante el Periodo Prececerámico: un modelo. *Journal de la Societé des Américanistes* 64: 155-165.

WIESSNER, P.

1977. Hxaro: a regional system of reciprocity for reducing risk among the !Kung San. Ann Arbor, MI: University Microfilms. Tesis Doctoral.

1982. Risk, Reciprocity and Social Influences on !Kung San Economics. En E. Leacock y R. B. Lee (eds.), *Politics and History in Band Societies*: 61-84. New York, Cambridge University Press.

WILCOX, B. P., M. K. Wood, J. T. Tromble y T. J. Ward

1986. Grassland communities and soils on a high elevation grassland of central Peru. *Phytologia* 61: 231-250.

WILLEY, G. y P. Philips

1958. *Method and theory in American Archaeology*. University of Chicago Press.

WING, E.

1978. Animal domestication in the Andes. En D. L. Browman (ed.), *Advances in Andean archaeology*: 167-188. The Hague, Mouton Press.

WINGEROTH, M. y C. J. Heusser

1984. Polen de la alta cordillera. Quebrada Benjamín Matienzo. Mendoza, IANINGLA.

WINTERHALDER, B. y C. Goland

1997. An Evolutionary Ecology Perspective on Diet Choice, Risk, and Plant Domestication. En K. Gremillion (ed.), *Peoples, Plants, and Landscapes Studies in Paleoethnobotany*: 123-160. Alabama, University of Alabama Press.

WINTERHALDER, B., F. Lu y B. Tucker

1999. Risk-Sensitive Adaptative Tactics: Models and Evidence from Subsistence Studies in Biology and Anthropology. *Journal of Archaeological Research* 7 (4): 301-348.

WIRMANN, D.

1991. Morfología y batimetría. El lago Titicaca. En: C. Dejoux y A. Iltis (eds.), *Síntesis del conocimiento limnológico actual*: 31-37. Marseille, IRD Editions.

WIRMANN, D., J. P. Ybert y P. Mourguiart

1991. Una evaluación paleohidrológica de 20 000 años. En C. Dejoux y A. Iltis (eds.), *El Lago Titicaca. Síntesis del Conocimiento Actual*: 37-45. La Paz, ORSTOM-HISBOL.

Y

YACOBACCIO, H. D.

1990. Sistemas de asentamiento de los cazadores-recolectores tempranos de los Andes Centro-Sur. Tesis Doctoral inédita, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

1994. Biomasa Animal y Consumo en el Pleistoceno-Holoceno Surandino. *Arqueología* 4: 43-71

2001. Cazadores complejos y domesticación de camélidos. En G. Mengoni Goñalons, D. Olivera y H. Yacobaccio (eds.), *El Uso de los Camélidos A Través del Tiempo*: 261-281. Buenos Aires, Ediciones del tridente.

2002. Condiciones, mecanismos y consecuencias de la domesticación de los camélidos. *Estudios Sociales del NOA* 5: 4-27.

2005. Mid-Holocene environment and human occupation of the Puna (Susques, Argentina). *Quaternary International* 132: 5-14.
2006. Intensificación económica y complejidad social en cazadores-recolectores surandinos. *Boletín de Arqueología PUCP* 10: 305-320.
2009. The historical relationship between people and the vicuña. En I. J. Gordon (ed.), *The vicuña: The theory and practice of community based wildlife management*. Nueva York, Springer NY.
2012. Intercambio y caravanas de llamas en el Sur andino (3000-1000 AP). *Comechingonia* 16 (1): 31-51.
2014. The Paleoindian and Archaic of Central and South America. En C. Renfrew y P. G. Bahn (eds.), *The Cambridge World Prehistory. Volume 2*: 933-944. Cambridge, Cambridge University Press.
- YACOBACCIO, H. D., M. P. Catá, P. Solá y M. S. Alonso
2008. Estudio arqueológico y fisicoquímico de pinturas rupestres en Hornillos 2 (Puna de Jujuy). *Estudios Atacameños. Arqueología y Antropología Surandinas* 36: 5-28.
- YACOBACCIO, H., D. Elkin y D. Olivera
1994. ¿El fin de las sociedades cazadoras? El proceso de domesticación animal en los Andes centro-sur. En J. Lanata y L. A. Borrero (eds.), *Arqueología de Cazadores-Recolectores. Límites, Casos y Aperturas. Arqueología Contemporánea 5. Edición Especial*: 23-32. Buenos Aires, Programa de Estudios Prehistóricos.
- YACOBACCIO, H., P. Escola, F. Pereyra, M. Lazzari y M. D. Glascock
2004. Quest for ancient routes: obsidian sourcing research in Northwestern Argentina. *Journal of Archaeological Science* 31: 193-204.
- YACOBACCIO, H., M. Lazzari, A. G. Guráieb y G. Ibañez
2000. Los cazadores en el borde oriental de Atacama (Susques, Jujuy). *Arqueología* 10: 11-38.
- YACOBACCIO, H. D., y C. Madero
1992. Zooarqueología de Huachichocana III (Jujuy, Argentina). *Arqueología* 2: 149-188.
2001. Ethnoarchaeology of a Pastoral Settlement of the Andean Plateau: An Investigation of Archaeological Scale. En L. Kuznar (ed.), *The Ethnoarchaeology of Andean South America: Contributions to Archaeological Method and Theory*: 84-96. Ann Arbor, International Monographs in Prehistory.
- YACOBACCIO, H. D., C. M. Madero, M. P. Malmierca y M. C. Reigadas
- 1997-1998. Caza, domesticación y pastoreo de camélidos en la Puna Argentina. *Relaciones XXIII*: 389-421.
- YACOBACCIO H. D., C. M. Madero y M. del C. Reigadas
2000. Inhumación de una Cabeza Aislada en la Puna Argentina. *Estudios Sociales Del NOA* 4 (2): 59-72.
- YACOBACCIO, H. D. y M. Morales
2005. Mid-Holocene environment and human occupation of the Puna (Susques, Argentina). *Quaternary International* 132: 5-14.
2011. Ambientes pleistocénicos y ocupación humana temprana en la Puna argentina. *Boletín de Arqueología PUCP* 15: 337-356.
- YACOBACCIO, H. D., M. R. Morales, P. Solá, C. T. Samec, R. Huguin y B. Oxman
2013. Mid-Holocene Occupation in the Dry Puna in NW Argentina: Evidence from the Hornillos 2 rockshelter. *Quaternary International* 307: 38-49.
- YACOBACCIO, H. D. y B. L. Vilá
2002. Condiciones, mecanismos y consecuencias de la domesticación de camélidos. *Estudios Sociales del NOA* 5 (5): 4-27.

2013. La domesticación de los camélidos andinos como proceso de interacción humana y animal. *Intersecciones en Antropología* 14: 227-238.

YBERT, J. P.

1984. Diagramme sporopollinique de la coupe Holocène du Rio Chuquiaguillo sur l'Altiplano bolivien , Cah. *ORSTOM Géol.* 14: 29-34.

1988. Apports de la palyologie fila connaissance de l'histoire du lac Titicaca (Bolivie-Perou) an cours du Quaternaire recent. *Trav. Sect. Sci. Tech.* 25: 139-150.

1992. Ancient lake environments as deduced from pollen analysis. *Monogr. Biol.* 86: 49-60.

YESNER, D. R.

1980. Maritime hunter-gatherers: ecology and prehistory. *Current Anthropology* 21: 727-750.

Z

ZAGORODNOV, P. N. Lin, V. N. Mikhalenko, R. K. Campen, J. F. Bolzan, J. Cole-Dai y B. Francou

1998. A 25,000-year tropical climate history from Bolivian ice cores. *Science* 282: 1858-1864.

ZECH, J., R. Zech, P. W. Kubik y H. Veit

2009. Glacier and climate reconstruction at Tres Lagunas, NW Argentina, based on ¹⁰Be surface exposure dating and lake sediment analyses. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 284: 180-190.

ZECH, R., J. Zech, Ch. Kull, P. W. Kubik y H. Veit

2011. Climate of the Past Early last glacial maximum in the southern Central Andes reveals northward shift of the westerlies at ca.39 ka. *Clim. Past* 7: 41-46.

ZIPPRICH, M., B. Reizener, W. Zech, H. Singl y H. Veit

2000. Upper Quaternary landscape and climate evolution in the Sierra Santa Victoria, north-western Argentina, deduced from geomorphological and pedogenic evidence. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie* 7/8: 997-1012.