

Arqueología ambiental del holoceno temprano y medio en la Puna Seca Argentina.

Autor:

Morales, Marcelo R.

Tutor:

Yacobaccio, Hugo D.

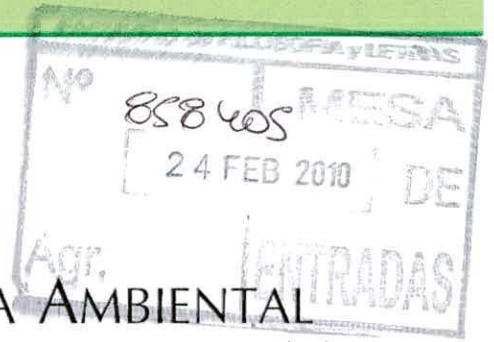
2010

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

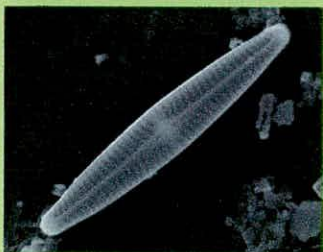
Tesis

14.1.15



ARQUEOLOGIA AMBIENTAL DEL HOLOCENO TEMPRANO Y MEDIO EN LA PUNA SECA ARGENTINA

Modelos paleoambientales multi-escalas
y sus implicancias para la Arqueología de Cazadores-Recolectores.



Marcelo R. Morales



Director y Consejero:

Dr. Hugo D. Yacobaccio

Codirectora:

Dra. Nora I. Maidana



Tesis de Doctorado en Cs. Antropológicas de la Facultad de Filosofía y Letras
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

2010

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
Dirección de Bibliotecas

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.

Marcelo R. Morales

Director y Consejero:
Dr. Hugo D. Yacobaccio
Codirectora:
Dra. Nora I. Maidana

DIBUJO DE TAPA: CABEZAL LÍTICO "TIPO SAN MARTÍN" RECUPERADO DE Q. LAPAO, SUSQUES, JUJUY. CORTESÍA DE RODOLPHE HOGUIN.

A la memoria de Juan A. Morales, un gran tipo...

AGRADECIMIENTOS

La memoria es siempre el principal enemigo a la hora de reconocer y agradecer el rol que cada persona cumplió a lo largo de los cinco años que duró este viaje. A sabiendas de esto, no puedo dejar de mencionar a aquellos que -debido a su constante presencia y apoyo- mi perezoso archivo mental es incapaz de ignorar.

La vida hubiese sido un lugar solitario, aburrido e infeliz si no fuese por Alicia, Alejandra, Jorge, Melania, Gabriela, Luis, Alejo, Natalia, Santiago, Isabela -la más nueva de la familia (al menos por ahora...)- y, obviamente, por Solana, mi amor, mi compañera, mi amiga, mi destino.

Con Hugo Yacobaccio siempre voy a estar en deuda, no solo por ser mi mentor y guía, sino por ser un uno de esos amigos que están siempre.

A Nora Maidana, fuente inagotable de respuestas (y de paciencia...), le agradezco su permanente asesoramiento, apoyo y cariño. Sin ella, buena parte de esta tesis no hubiese sido posible o, al menos, confiable.

A “Rafa” Goñi le agradezco muchas de las charlas que inspiraron algunas de las ideas presentes en esta tesis y lo que es más importante, el hecho de haber estado al pie del cañón en uno de esos momentos en que todo se ve más oscuro.

A “Paul” Tchilinguirian y Daniel Olivera les quiero agradecer su generosidad profesional, sus consejos, apoyo y amistad.

No puedo dejar de agradecer a los integrantes del Proyecto Arqueológico Susques -Pato Solá, Brenda Oxman, Melisa Cáceres, Celeste Samec, Rodolfo “Fito” Hoguin y Paz Catá- que con su apoyo y compañerismo, hacen del trabajo en equipo momentos de auténtico disfrute.

A Karsten Schitteck le agradezco la generosa actitud “teutona” de ofrecerme -libremente y sin obligación de compra- numerosos datos utilizados en el transcurso de esta tesis.

A los integrantes del Laboratorio de Diatomeas Continentales de la FCEN -Daniela, Gustavo, Sabrina, Martín y otros tantos que pasaron por allí- les agradezco la paciencia y buena voluntad que siempre demostraron con un infiltrado de las Ciencias Humanas.

A esta profesión tengo que agradecerle muchas cosas, pero por sobre todo, los amigos que me presentó: el “Flaco” Paradela, Marcu Bianchi, Manu Paradela Bianchi, Javi Musali, Clau Bosoni, Diego Rindel, Flor Gordón, Tirso Bourlot, Ama Nuevo Delaunay, Guti Tessone, Ramiro Barberena, Pancho Zangrando, Angie Tivoli, Lore Grana, entre muchos otros.

Quiero mencionar especialmente al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, que gracias a su apoyo mediante el programa de becas doctorales hizo posible que esta instancia existiese.

No puedo olvidarme -aunque quiera- de los amigos que me dio la vida, Maxi Vivansan Rivet y Paulo Turri, que se baten con el santo que haga falta si el cuero de uno está en juego.

Finalmente, merecen un párrafo aparte algunos amigos nuevos que conocí en el transcurso de este viaje: Jack Aubrey y Stephen Maturin, el Capitán Alatraste e Íñigo Balboa, el Comisario Montalbano, Cataré y Fazio, Coy y Tanger Soto, Tom Grant y Samuel Tabbs, Sacha, Julia y muchos otros. Sin ellos las noches de insomnio debido a esta tesis hubiesen sido mucho más largas.

A todos ustedes mi infinita gratitud

(y a los que no he mencionado mis más sinceras disculpas)...

Marcelo R. Morales

C. A. de Buenos Aires, Febrero de 2010

ÍNDICE

PARTE I GENERALIDADES

CAPÍTULO 1

PROBLEMA DE ESTUDIO, MARCO ESPACIO-TEMPORAL Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

- INTRODUCCIÓN 1
- MARCO ESPACIO-TEMPORAL DE LA INVESTIGACIÓN 3
- OBJETIVOS 3
 - OBJETIVOS GENERALES
 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS
- SOBRE LA ESTRUCTURA DE ESTA TESIS 5

CAPÍTULO 2

OCUPACIONES HUMANAS DURANTE EL HOLOCENO TEMPRANO Y MEDIO EN LA PUNA DE ATACAMA: UBICACIÓN, CRONOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN GENERAL

- INTRODUCCIÓN 8
- EL POBLAMIENTO INICIAL DEL ÁREA 10
- OCUPACIONES DEL HOLOCENO TEMPRANO (10.000-8000 AP) 11
 - VERTIENTE CHILENA
 - ESTADIO "TUJINA" O "ARCAICO TEMPRANO I"
 - ESTADIO "TAMBILLO" O "ARCAICO TEMPRANO II"
 - SITIOS SIN CRONOLOGÍA ABSOLUTA ADSCRIBIBLES AL HOLOCENO TEMPRANO
 - VERTIENTE ARGENTINA
- OCUPACIONES DEL HOLOCENO MEDIO (8000-3500 AP) 19
 - VERTIENTE CHILENA
 - VERTIENTE ARGENTINA
- SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN PROCEDENTE DE LAS OCUPACIONES PRESENTADAS 27
 - ANÁLISIS DE LAS SERIES DE DATACIONES RADIOCARBÓNICAS
 - SÍNTESIS DE LOS RESTOS ARQUEOFAUNÍSTICOS

- DIVERSIDAD DE CABEZALES LÍTICOS Y REPRESENTACIÓN DE MATERIAS PRIMAS

CAPÍTULO 3

ASPECTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS: ESCALAS DEL CAMBIO AMBIENTAL Y SU IMPACTO EN SOCIEDADES CAZADORAS-RECOLECTORAS DE ÁREAS DESÉRTICAS

- INTRODUCCIÓN 34
- CONCEPTOS GENERALES 35
- CLIMA, AMBIENTE Y CAMBIO 36
- CAMBIO AMBIENTAL Y SUS ESCALAS 38
- CAMBIO AMBIENTAL Y ESTRUCTURA DE RECURSOS 40
- ESTRUCTURA DE RECURSOS Y SU IMPACTO EN DIFERENTES ASPECTOS ORGANIZATIVOS DE LOS CAZADORES RECOLECTORES 41
 - SUBSISTENCIA, RECURSOS Y RIESGO EN SOCIEDADES CAZADORAS-RECOLECTORAS
 - MOVILIDAD, RECURSOS Y RIESGO EN SOCIEDADES CAZADORAS-RECOLECTORAS
 - MOVILIDAD Y TAMAÑO DE GRUPO
 - MOVILIDAD Y FORMAS DE APROVISIONAMIENTO DE RECURSOS LÍTICOS

PARTE II MARCOS DE REFERENCIA

CAPÍTULO 4

CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA PRESENTE Y PASADA EN LOS ANDES Y CLIMA DE LA PUNA JUJEÑA

- INTRODUCCIÓN 48
- CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA Y OCEÁNICA EN SUDAMÉRICA 49
 - VARIABILIDAD, OSCILACIONES Y TELECONEXIONES
- CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA Y SUS ANOMALÍAS EN LAS TIERRAS ALTAS DE LOS ANDES 53
 - EL CICLO ANUAL DE LAS PRECIPITACIONES EN LOS ANDES
 - VARIABILIDAD INTERANUAL Y ENSO EN LOS ANDES
- CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA PUNA JUJEÑA 55
 - PRECIPITACIONES EN LA PUNA JUJEÑA
 - VARIACIONES EN LAS PRECIPITACIONES DE LA PUNA JUJEÑA
 - TEMPERATURAS EN LA PUNA JUJEÑA
- CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA Y SUS ANOMALÍAS EN LOS ANDES A TRAVÉS DEL TIEMPO 65
 - ENSO A TRAVÉS DEL TIMEPO

- EXPECTATIVAS TEÓRICAS SOBRE EL CLIMA Y SU VARIABILIDAD EN EL PASADO A PARTIR DE LOS MODELOS DE CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA 69

CAPÍTULO 5

ASPECTOS GEOGRÁFICOS Y BIÓTICOS DE LA PUNA SECA Y SU DIMENSIÓN ECOLÓGICA

- INTRODUCCIÓN 72
- LA PUNA: GENERALIDADES 72
- HIDROGRAFÍA Y MODELOS HIDROLÓGICOS CON ESTRATIFICACIÓN ALTITUDINAL 74
 - LOS HUMEDALES Y LAS VEGAS
- LA VEGETACIÓN DE LA PUNA Y SUS DIMENSIONES ECOLÓGICAS 78
 - PRODUCTIVIDAD PRIMARIA Y SUS VARIACIONES ESPACIALES
- DIVERSIDAD DE LA FAUNA SILVESTRE Y SU ROL COMO RECURSO 84
 - LOS CAMÉLIDOS: COMPORTAMIENTO, DIETA, ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN ACTUAL
 - GUANACOS
 - VICUÑAS
 - RELACIÓN ACTUAL ENTRE LA ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE CAMÉLIDOS EN LA PUNA DE JUJUY Y LA PPN
 - DENSIDADES TEÓRICAS DE HERVÍBOROS ESTIMABLES A PARTIR DE VARIABLES AMBIENTALES

PARTE III ANÁLISIS PALEOAMBIENTALES

CAPÍTULO 6

DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS E INTEGRACIÓN DE LOS ESTUDIOS PALEOAMBIENTALES DE LOS ANDES

- INTRODUCCIÓN 91
- ESTUDIOS REGIONALES 92
 - NÚCLEOS DE HIELO
 - ESTUDIOS REGIONALES DE REGISTROS POLÍNICOS
 - ESTUDIOS REGIONALES DE CUENCAS PALUSTRES
 - ESTUDIOS REGIONALES DE DEPÓSITOS ALUVIALES
- ESTUDIOS SUB-REGIONALES Y LOCALES 96
 - ANDES CENTRALES (PERÚ Y BOLIVIA)
 - NORTE DE CHILE
 - PUNA SECA ARGENTINA
 - PUNA SALADA ARGENTINA

- RESUMEN E INTEGRACIÓN REGIONAL DE LA INFORMACIÓN PUBLICADA **100**
 - CRITERIOS EN LA ORGANIZACIÓN, REPRESENTACIÓN Y SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS
 - PATRONES Y TENDENCIAS REGIONALES
 - PATRONES Y TENDENCIAS SUB-REGIONALES Y HETEROGENEIDAD DE LAS RESPUESTAS LOCALES
 - INTEGRACIÓN: SÍNTESIS DE LAS TENDENCIAS PALEOAMBIENTALES MULTI-ESCALA PARA EL HOLOCENO TEMPRANO Y MEDIO (10.000-4000 AP)

CAPÍTULO 7

ANÁLISIS PALEOAMBIENTALES EN ESCALAS SUPRA-REGIONAL Y REGIONAL: CRONOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN DE PALEO-HUMEDALES

- INTRODUCCIÓN **112**
- CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS GENERALES PARA EL ANÁLISIS DE SERIES DE TURBERAS **113**
- ANÁLISIS DE LAS SERIES DE DATACIONES DE TURBERAS EN LAS TIERRAS ALTAS DE LOS ANDES **114**
- DATACIONES DE TURBERAS VS. NÚCLEOS DE HIELO: INFERENCIAS PALEOACLIMÁTICAS SUPRA-REGIONALES Y REGIONALES **123**
- SÍNTESIS **128**
 - TENDENCIAS SUPRA-REGIONALES
 - TENDENCIAS REGIONALES

CAPÍTULO 8

ANÁLISIS PALEOAMBIENTALES EN ESCALAS SUB-REGIONAL Y LOCAL: DIATOMEAS Y PROXIES COMPLEMENTARIOS

- INTRODUCCIÓN **131**
- LAS DIATOMEAS: ASPECTOS BIOLÓGICOS, METODOLÓGICOS Y TÉCNICOS **132**
 - ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INTERPRETACIÓN ECOLÓGICA
 - ESCALAS EN LAS INTERPRETACIONES PALEOAMBIENTALES REALIZADAS A PARTIR DEL ANÁLISIS DE DIATOMEAS
 - TÉCNICAS: PREPARADO DEL MATERIAL, CUANTIFICACIÓN Y ASIGNACIÓN TAXONÓMICA DE LAS DIATOMEAS
 - SOBRE LA ASIGNACIÓN TAXONÓMICA
- ESTUDIOS ACTUALÍSTICOS DE DIATOMEAS EN HUMEDALES DE LA PUNA JUJEÑA **139**
 - TÉCNICAS: PREPARACIÓN DEL MATERIAL, ASIGNACIÓN TAXONÓMICA Y CUANTIFICACIÓN DE LAS DIATOMEAS
 - RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS
- UBICACIÓN, CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS, MUESTREO Y CRONOLOGÍA DE LAS **146**

SECUENCIAS SEDIMENTARIAS ESTUDIADAS	
-QUEBRADA DE LAPAO	
-LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS Y MUESTRAS AISLADAS ESTUDIADAS EN LA QUEBRADA LAPAO	
-PASTOS CHICOS	
-LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS ESTUDIADAS EN PASTOS CHICOS	
-ALTO TOCOMAR	
• FECHADOS Y MODELOS CRONOLÓGICOS DE LOS REGISTROS ESTUDIADOS	159
• ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS DE DIATOMEAS	165
-QUEBRADA DE LAPAO	
-COMPOSICIÓN GENERAL DE LA FLORA DE LOS LOCI MUESTREADOS EN Q. LAPAO.	
-INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL DE LAS SECUENCIAS DE LAPAO 5, LAPAO 9 Y MUESTRAS DE PERFILES ASOCIADOS	
-PASTOS CHICOS	
-COMPOSICIÓN GENERAL DE LA FLORA DE LOS PERFILES 1 Y 2 DE PASTOS CHICOS.	
-INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL DEL REGISTRO COMPUESTO POR LOS PERFILES PASTOS CHICOS 1 Y 2.	
-ALTO TOCOMAR	
-COMPOSICIÓN GENERAL DE LA FLORA DE LOS PERFILES 1 Y 2 DE ALTO TOCOMAR.	
-INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL DEL REGISTRO COMPUESTO POR LOS PERFILES ALTO TOCOMAR 1 Y 2.	
• -RESULTADOS PALEOAMBIENTALES DE PROXIES COMPLEMENTARIOS	182
-ANÁLISIS POLÍNICOS DE LAS SECUENCIAS DE PASTOS CHICOS Y LAPAO 5	
-RELACIÓN CORG/NTOT DE LA SECUENCIA DE ALTO TOCOMAR	
-REGISTRO DE GASTERÓPODOS DE LA QUEBRADA DE LAPAO	
• -SÍNTESIS E INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS PALEOAMBIENTALES OBTENIDOS	188

PARTE IV MODELOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO 9

MODELOS PALEOAMBIENTALES MULTI-ESCLAS PARA LA PRIMERA MITAD DEL HOLOCENO (10.000-4000 AP) EN LA PUNA SECA ARGENTINA

• INTRODUCCIÓN	194
• LAS CAUSAS: MODELO PALEOAMBIENTAL MULTI-ESCALA DE LA PUNA SECA DURANTE LA PRIMERA MITAD DEL HOLOCENO (10.000-4000 AP)	195
-CARACTERÍSTICAS Y TENDENCIAS PALEOAMBIENTALES DE ESCALA REGIONAL Y SUPRA-REGIONAL	
-CARACTERÍSTICAS Y TENDENCIAS PALEOAMBIENTALES DE ESCALA SUB-REGIONAL Y LOCAL PARA LA PUNA SECA	
• LOS EFECTOS: MODELO DE ÁREAS DISPONIBLES Y ESTRUCTURA DE RECURSOS DE LA PUNA SECA DURANTE LA PRIMERA MITAD DEL HOLOCENO (10.000-4000 AP)	201

- ABUNDANCIA DE RECURSOS: LAS ESTIMACIONES CUANTITATIVAS DEL MODELO
- DISTRIBUCIÓN DE LOS RECURSOS EN LA PUNA SECA
- PREDICIBILIDAD ESPACIO- TEMPORAL DE LOS RECURSOS EN LA PUNA SECA

CAPÍTULO 10

EXPECTATIVAS ARQUEOLÓGICAS DERIVADAS DE LOS MODELOS PALEOAMBIENTALES

- INTRODUCCIÓN **212**
- IMPLICANCIAS SISTÉMICAS Y ARQUEOLÓGICAS DERIVADAS DEL MODELO DE ESTRUCTURA DE RECURSOS **213**
 - ASPECTOS ORGANIZATIVOS DE LOS GRUPOS C-R DE LA PUNA SECA DURANTE EL LAPSO 10.000-8000 AP (HOLOCENO TEMPRANO)
 - CONSECUENCIAS OBSERVACIONALES PARA EL LAPSO 10.000-8000 AP
 - ASPECTOS ORGANIZATIVOS DE LOS GRUPOS C-R DE LA PUNA SECA DURANTE EL LAPSO 8000-6000 AP (PRIMERA MITAD DEL HOLOCENO MEDIO)
 - CONSECUENCIAS OBSERVACIONALES PARA EL LAPSO 8000-6000 AP
 - ASPECTOS ORGANIZATIVOS DE LOS GRUPOS C-R DE LA PUNA SECA DURANTE EL LAPSO 6000-4000 AP (SEGUNDA MITAD DEL HOLOCENO MEDIO)
 - CONSECUENCIAS OBSERVACIONALES PARA EL LAPSO 6000-4000 AP
- DISCUSIÓN DE LAS IMPLICANCIAS A PARTIR DEL REGISTRO ARQUEOLÓGICO DE LA PRIMERA MITAD DEL HOLOCENO **223**
 - DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LAS OCUPACIONES HUMANAS
 - PATRONES Y TENDENCIAS EN LAS ARQUEOFAUNAS
 - PATRONES Y TENDENCIAS EN EL REGISTRO LÍTICO
 - COMENTARIO FINAL

CAPÍTULO 11

- CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS **237**

ANEXOS

- ANEXO DEL CAPÍTULO 2 **243**
- ANEXO DEL CAPÍTULO 4 **247**
- ANEXO DEL CAPÍTULO 5 **254**
- ANEXO DEL CAPÍTULO 7 **257**
- ANEXO DEL CAPÍTULO 8 **259**
- ANEXO DEL CAPÍTULO 9 **271**
- ANEXO DEL CAPÍTULO 10 **274**

<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	276
-----------------------------------	------------

<u>FUENTES DE DATOS EN INTERNET</u>	298
-------------------------------------	------------

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Página
2.1. Ubicación y detalles de los sitios reseñados en este capítulo.	9
2.2. Suma de las probabilidades por vertiente de la cordillera y regional (general) de las 128 dataciones citadas en los apartados anteriores.	28
2.3. Abundancias relativas NISP de camélidos en los sitios revisados y valores medios y desvíos estándar segregados por vertiente.	30
2.4. Presencia cronológica de los tipos morfológicos más frecuentes de cabezales líticos segregados por vertiente Andina.	31
2.5. Abundancia relativa, medias y desvíos estándar de materias primas líticas locales segregadas por período y vertiente.	33
3.1. A) Potenciales escalas espacio-temporales de la señal paleoambiental obtenida a partir de proxies particulares (basado en Dincauze 2000); B) Potenciales escalas espacio-temporales de la señal paleoambiental obtenida en cada tipo de sistema (basado en Grosjean <i>et al.</i> 2003, Olivera <i>et al.</i> 2004)	39
4.1. Isobaras durante el verano (DEF, izquierda) y durante el invierno (JJA, derecha), centros de alta y baja presión y posición relativa de la ITCZ. 20=1020 hPa. Tomado de Cerveney (1998)	50
4.2. Representación esquemática de un corte del Altiplano, los patrones de circulación y las diferentes masas de aire intervinientes en las precipitaciones del área. Tomado y modificado de Garreaud <i>et al.</i> (2003).	53
4.3. (a) Isohietas (izquierda) y (b) isotermas (derecha) de la provincia de Jujuy. Los valores representan mm/año precipitados (derecha) y grados Celsius (derecha). Re-graficados a partir de mapas del SIG Climático NOA, INTA, disponibles en http://geointa.inta.gov.ar	56
4.4. Series de los valores de precipitación anuales de Susques (rojo) , Palca de Aparzo (negra) Tilcara y La Quiaca FGMB (grises) del período 1972-1990.	58
4.5. Series de valores de anomalías del SOI y de las precipitaciones de La Quiaca SMN y Tilcara (arriba) y matriz de correlaciones de Spearman (abajo) con los valores de correlación (izquierda y debajo en la tabla) y valores de significación (derecha y arriba en la tabla).	59
4.6. Periodogramas de Lomb (arriba) y tabla de los resultados del análisis espectral (abajo) citando picos, frecuencias y lapsos temporales primarios y secundarios. La línea roja punteada indica el valor de $p < 0.05$.	61
4.7. Datos areales y generales sobre las diferencias en los volúmenes precipitados durante El Niño (arriba) y La Niña (Abajo).	62

4.8. Series de anomalías del SOI y de las temperaturas de La Quiaca SMN del período 1935-1977.	64
4.9. Periodogramas de Lomb y resultados del análisis espectral para la serie SOI 35-77 y la de temperaturas de La Quiaca SMN.	65
4.10. Abundancia intensidad de eventos El Niño registrados en Bainbridge, Islas Galápagos por períodos de 1000 años y valores medios cada 1000 años para Holoceno Medio y Tardío. Tomado y modificado de Riedinger <i>et al.</i> (2002).	68
4.11. Esquema teórico de las Tendencias de Largo plazo y la Variabilidad de Corto Plazo esperables para el área Andina	71
5.1. Modelo de comportamiento diferencial de los sistemas fluviales ubicados por encima y debajo de los 4500 msnm ante modificaciones en la abundancia de precipitaciones (modificado de Tchilinguirian 2009).	75
5.2. Modelo de comportamiento diferencial de los sistemas fluviales ubicados por encima y debajo de los 4500 msnm en relación al tamaño del área de captación de humedad (modificado de Tchilinguirian 2009).	76
5.3. Esquema de la estratificación altitudinal de la vegetación en la Puna de Atacama.	80
5.4. Valores de la Productividad Primaria Neta de las 21 localidades mencionadas de la Puna.	81
5.5. Distribución espacial de los valores de la Productividad Primaria Neta de las 21 localidades mencionadas de la Puna.	82
5.6. Zonación de la Productividad Primaria Neta de la Puna Seca en relación al balance entre las Precipitaciones y la evapotranspiración potencial (graficado sobre la base del mapa del SIG Climático del NOA del INTA).	84
5.7. Valores medios de densidad de vicuñas por km ² en relación a la zonación de la Productividad Primaria Neta de la Puna Seca de la FIGURA 5.6.	88
5.8. Valores estimados (McNoughton <i>et al.</i> 1989) de biomasa de ungulados en relación a la zonas de PPN de la FIGURA 5.6, valor medio para la Puna Seca y valores derivados en relación a la energía, proteínas y grasas disponibles en el paisaje.	90
6.1. Registros paleoambientales regionales, sub-regionales y locales mencionados en este capítulo. Sólo se han excluido los registros de Graf 1977 y 1992 por tratarse de pocos registros citados para amplias áreas.	93
6.2. Síntesis de los estudios regionales disponibles para el área.	103
6.3. Ubicación y tendencias en la humedad y temperatura de las diferentes localidades citadas para el lapso 10.000 – 8000 AP.	104
6.4. Ubicación y tendencias en la humedad y temperatura de las diferentes localidades citadas para el lapso 8000 - 6000 AP.	105
6.5. Ubicación y tendencias en la humedad y temperatura de las diferentes localidades citadas para el lapso 6000 - 4000 AP.	106
6.6. Síntesis de los estudios subregionales y locales disponibles para el área divididos por	109

vertiente de la cordillera y área de la Puna.

- 7.1. Suma de probabilidades de las fechas de turba los dos muestreos al azar y la serie de dataciones de turba completa que incluye todas las áreas (N=97). Las líneas negras marcan los límites de los períodos analizados y los rectángulos de línea gris los hiatos comunes de dataciones. 115
- 7.2. Tabla con los valores porcentuales de las distribuciones probabilísticas de las fechas calibradas por período y serie y valores medios obtenidos a partir de las tres series. Las tablas con los valores de origen se encuentra en el ANEXO DEL CAPÍTULO 7 116
- 7.3. Suma de probabilidades de las fechas de turba de los dos estratos, por debajo de los 4000 msnm (arriba) y por encima de esta cota (abajo). Las líneas negras marcan los límites de los períodos analizados y los rectángulos de línea gris en este caso muestran los hiatos compensados entre ambas series. 117
- 7.4. Valores medios por período y cada mil años de la distribución probabilística de turbas por encima y debajo de la cota de 4000 msnm. 118
- 7.5. Suma de probabilidades de las fechas de turba de los dos estratos, al norte del paralelo 20°S (arriba) y al sur del mismo (abajo). Las líneas negras marcan los límites de los períodos analizados. 120
- 7.6. Valores medios por período y cada mil años de la distribución probabilística de turbas al norte y sur del paralelo 20°S. 121
- 7.7. Suma de probabilidades de las fechas de turba de las dos vertientes, la oriental (arriba) y la occidental (abajo). Las líneas negras marcan los límites de los períodos analizados. Los rectángulos grises marcan los lapsos más importantes durante los cuales las fechas procedentes de la vertiente chilena compensan extensos hiatos presentes en la serie de la vertiente argentina. 122
- 7.8. Valores medios por período y cada mil años de la distribución probabilística de turbas procedentes de la vertiente argentina y chilena. 123
- 7.9. Suma de probabilidades de las fechas calibradas de turba de todas las localidades (*i.e.* supra-regional) (eje horizontal superior en negro), suma de probabilidades de las fechas radiocarbónicas de turba (eje vertical en negro), curva de valores centenarios de δO^{18} (línea azul y eje vertical derecho inferior) y de partículas de polvo (línea roja y eje vertical izquierdo inferior) de los estudios de núcleos de hielo del Nevado Huascarán, Perú. Los rectángulos de líneas negras punteadas marcan los límites de los períodos analizados (Holoceno Temprano hacia la izquierda y Holoceno Medio hacia derecha). Los datos graficados de los núcleos de hielo corresponden a los datos incluidos en el paquete Calpal (2007), tomados de Thompson *et al.* (1995, 2002). 126
- 7.10. Suma de probabilidades de las fechas calibradas de turba de todas las localidades (*i.e.* supra-regional) (eje horizontal superior en negro), suma de probabilidades de las fechas radiocarbónicas de turba (eje vertical en negro), curva de valores centenarios de δO^{18} (línea azul y eje vertical derecho inferior) y de partículas de polvo (línea roja y eje vertical izquierdo inferior) de los estudios de núcleos de hielo del Nevado Sajama, Bolivia. Los rectángulos de líneas negras punteadas marcan los límites de los períodos analizados (Holoceno Temprano hacia la izquierda y Holoceno Medio hacia derecha). Los datos graficados de los núcleos de hielo corresponden a los datos incluidos en el paquete Calpal (2007), tomados de Thompson *et al.* (1998). 127
- 7.11. Valores medios y desvíos estándar de los valores centenarios de δO^{18} y de partículas de polvo obtenidos de los estudios de núcleos de hielo del Nevado Huascarán, Perú (arriba) y Nevado de Sajama, Bolivia (abajo). Los valores se calcularon sobre los datos publicados por Thompson *et al.* (1995, 1998, 2002). 128

8.1. Ubicación de los 22 humedales en que se realizaron los muestreos de diatomeas actuales.	140
8.2. Parámetros físico-químicos de los humedales muestreados. Los números 4 y 5 que siguen a la sigla de los humedales muestreados dos veces indican el año de muestreo (2004 o 2005).	141
8.3. Ensamblajes dominantes en los muestreos realizados en 2004.	144
8.4. Ensamblajes dominantes en los muestreos realizados en 2005.	145
8.5. Ubicación de las tres localidades estudiadas.	147
8.6. Esquema geomorfológico-estratigráfico de las tres localidades estudiadas (Resquematizados a partir de Tchilinguirian 2008 y Tchilinguirian <i>et al.</i> 2009).	148
8.7. Esquema estratigráfico, procedencia de muestras, cronología y vista del Perfil Lapao 5.	149
8.8. Arriba izquierda: ubicación de la Q. Lapao y su área de captación hídrica. Arriba derecha: detalle en perspectiva del sector superior de la quebrada y ubicación de las secuencias (estrellas blancas) y muestras aisladas (estrellas negras) estudiadas. Inferior: vista hacia el NNO de la cabecera de la quebrada con los niveles de terrazas referenciados.	150
8.9. Vista del perfil Lapao 9 con la ubicación de las 3 muestras analizadas (indicadas con estrellas).	151
8.10. Vista de los perfiles Lapao 1, 6 y 7 y ubicación de las muestras analizadas en cada uno (indicadas con estrellas).	152
8.11. Arriba izquierda: ubicación del área de muestreo de Pastos Chicos y su área de captación hídrica. Arriba derecha: detalle en perspectiva del sector medio de la cuenca y ubicación de las secuencias estudiadas (estrella negra). Inferior: vista hacia el S (izquierda) y N (derecha) de las terrazas 1 y 3 del río Pastos Chicos en el sector estudiado.	153
8.12. Esquema de los perfiles Pastos Chicos 1 y 2 indicando sus Alomiembros y alofacies, cronología, características sedimentarias y ubicación de las muestras obtenidas para los análisis paleoambientales.	154
8.13. Vista de los perfiles Pastos Chicos 1 (abajo izquierda) y Pastos Chicos 2 (arriba izquierda y derecha) indicando los Alomiembros y Alofacies mencionadas, así como la relación estratigráfica entre ambos perfiles.	156
8.14. Arriba izquierda: área de muestreo de Alto Tocomar y su área de captación hídrica. Arriba derecha: detalle en perspectiva del sector superior de la vega de Alto Tocomar y ubicación de las secuencias estudiadas (estrella negra). Inferior: vista panorámica hacia el ESE de la vega (desde el sector superior hacia el inferior) y ubicación de las dos secuencias estudiadas en Alto Tocomar.	157
8.15. Esquemas de los perfiles Alto Tocomar 1 y 2 con la ubicación de las muestras datadas (en rojo una muestra descartada por inversión) las relaciones estratigráficas y la ubicación de las muestras tomadas para los estudios de diatomeas (en verde las que presentaron material y en rojo las estériles) y para los análisis del contenido de Corg/Ntotal (círculos blancos). Los colores aplicados a las facies representan la coloración de los sedimentos.	158

8.16. Fechados radiocarbónicos mencionados en este capítulo y sus calibraciones con la curva IntCal.04	159
8.17. Dataciones radiocarbónicas y fechas estimadas AP y cal. AP para cada una de las muestras analizadas en Lapao5 (arriba) obtenidas a partir del modelo de edad/profundidad (abajo).	161
8.18. Dataciones radiocarbónicas y fechas estimadas AP y cal. AP de cada una de las muestras de Pastos Chicos obtenidas a partir del modelo de edad/profundidad inferido de la tasa de sedimentación citada.	162
8.19. Dataciones radiocarbónicas en fechas estimadas AP y cal. AP para cada una de las muestras analizadas de diatomeas del Perfil 2 de Alto Tocomar (arriba) obtenidas a partir del modelo de edad/profundidad (abajo).	163
8.20. Dataciones radiocarbónicas y fechas estimadas AP y cal. AP para cada una de las muestras analizadas de la relación Corgánico/Ntotal (segunda columna) a partir del modelo de edad/profundidad de la Figura 8.18.	164
8.21. Análisis de agrupamiento por correlación constreñido por la profundidad de Lapao 5.	165
8.22. Fluctuación en la abundancia relativa de las especies más representativas en el registro de Lapao 5. En el margen derecho se indican las zonas definidas por el análisis de agrupamiento por correlación constreñido por la profundidad de la Figura 8.21.	166
8.23. Análisis de agrupamiento por valores de correlación de todas las muestras analizadas en la Quebrada de Lapao.	167
8.24. Fluctuación de las abundancias relativas de las especies de Lapao 5 agrupadas en función de su forma de vida, tolerancia a la salinidad, índices de humedad (en valores de anomalía) y salinidad. Las líneas rojas indican el valor medio y las letras a la derecha del gráfico indican las zonaciones de la flora.	169
8.25. Fluctuación en la abundancia relativa de las especies más representativas en los perfiles Pastos Chicos 1 y Pastos Chicos 2. En el margen derecho se indican las Alofacies y Alomiembros definidos por Tchilingirian (2008).	173
8.26. Fluctuación de las abundancias relativas de las especies agrupadas en función de sus afinidades ecológicas en la secuencia de Pastos Chicos (incluyendo ambos perfiles) en cuanto a su forma de vida; tolerancia a la salinidad, índice de humedad (expresado en valores de anomalía) e índice de salinidad (la líneas rojas punteadas indican el valor medio en cada caso).	175
8.27. Análisis de agrupamiento por valores de correlación constreñido por las fechas absolutas y las derivadas del modelo edad/profundidad incluyendo las muestras de los perfiles 1 (rojo) y 2 (negro) de Alto Tocomar.	178
8.28. Fluctuación en la abundancia relativa de las especies más representativas en la secuencia de Alto Tocomar.	179
8.29. Fluctuación de las abundancias relativas de las especies agrupadas en función de sus afinidades ecológicas en la secuencia de Alto Tocomar (incluyendo ambos perfiles) en cuanto a su forma de vida, tolerancia a la salinidad, índices de humedad (expresado en valores de anomalía) y salinidad. Las líneas rojas indican los valores medio de los índices y las letras a la derecha del gráfico las zonas de la flora.	181
8.30. Índices de humedad (expresado en valores de anomalía) y salinidad resultantes del	183

análisis de diatomeas, seguidos por las abundancias relativas de los tipos polínicos mencionados en las muestras de Lapao 5. La barra de la derecha ubica las zonaciones de la flora de la flora de diatomeas.

- 8.31. Índices de balance hídrico (expresado en valores de anomalía) y salinidad resultantes del análisis de diatomeas, seguidos por las abundancias relativas de los tipos polínicos mencionados en las muestras de la secuencia de Pastos Chicos. La barra de la derecha referencia las Alofacies definidas por Tchilinguirian (2008). **184**
- 8.32. Representación gráfica de la serie de valores de la relación C/N (línea roja), del valor medio de la serie (azul continua) y ± 1 desvío estándar (azul punteada). Las líneas negras verticales y las letras delimitan los diferentes momentos ambientales interpretados a partir de esta línea de evidencia. **187**
- 8.33. Izquierda: *Biomphalaria peregrina* (Planorbidae) recuperado de Lapao 6 (foto cortesía del Dr. Marcelo Cardillo). Derecha: ejemplares de *B. peregrina* hallados *in situ* en el perfil Lapao 9 a una profundidad de 15cm (profundidad equiparable a la muestra L9A) **188**
- 8.34. Series centenarias de los índices de humedad de las tres localidades estudiadas entre el 4300 y el 9200 AP. **189**
- 8.35. Series centenarias del índice de humedad de Pastos Chicos (barras azules) y de δO^{18} (línea verde) y partículas de polvo $>0,63\mu$ (línea naranja) del nevado Huascarán entre el 4300 y el 9200 AP. Las series de medias centenarias de los datos de Huascarán (Thompson 2001) fueron tomados de las bases de datos publicadas en el *National Climate Data Center* de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* de los Estados Unidos. **192**
- 9.1. Resumen gráfico de las características climáticas y la humedad ambiental regional del área Andina durante la primera mitad del Holoceno. **196**
- 9.2. Resumen gráfico de las características ambientales de escala sub-regional y local de la Puna Seca estratificadas en sistemas con y sin aporte glacial. **199**
- 9.3. Estimaciones cuantitativas sobre la abundancia de recursos entre el 10.000 y el 4000 AP, en términos de la abundancia porcentual regional de ZCN, valores de la PPN media y abundancia de camélidos y su correlato nutricional para la Puna Seca. **204**
- 9.4. Distribución de recursos en la Puna Seca entre el 10.000 y el 8000 AP. **206**
- 9.5. Distribución de recursos en la Puna Seca entre el 8000 y el 6000 AP **208**
- 9.6. Distribución de recursos en la Puna Seca entre el 6000 y el 4000 AP. **209**
- 9.7. Estimaciones sobre la predicibilidad espacio-temporal de los recursos de la Puna Seca entre el 10.000 y el 4000 AP. **210**
- 10.1. Síntesis de las expectativas sistémicas sobre los patrones organizativos de los grupos C-R de la Puna Seca durante la primera mitad del Holoceno **222**
- 10.2. Síntesis de las consecuencias observacionales en el registro Arqueológico derivadas de las expectativas sistémicas de la FIGURA 10.1. **223**
- 10.3. Relación entre las dataciones en sitios arqueológicos de la Puna Seca y su altura. Las líneas punteadas rojas verticales indican los límites de los períodos de 2000 años. **225**
- 10.4. Relación entre las dataciones en sitios arqueológicos de la Puna Argentina (Seca y Salada) y su altura. Las líneas punteadas rojas verticales indican los límites de los períodos de 2000 años. **225**

10.5. Relación entre las dataciones en sitios arqueológicos de la Puna de Atacama (Puna Seca y Salada Argentina y vertiente Chilena) y su altura. Las líneas punteadas rojas verticales indican los límites de los períodos de 2000 años.	226
10.6. Ubicación de los sitios con presencia de ocupaciones durante el lapso 10.000-4000 AP de la Puna Seca. El tamaño de los círculos que indican los sitios es de 20 Km de diámetro estableciendo un rango de acción directo estimado, y sus códigos definen si presentan ocupaciones durante todo el período o en la primera o segunda mitad exclusivamente.	227
10.7. Gráficos de caja de las series de valores de NISP porcentual de camélidos (N=32) y roedores (N=15) procedentes de sitios ubicados en ambas vertientes de los Andes.	230
10.8. Gráficos de caja de las series de valores porcentuales de materias primas locales, de media distancia y larga distancia procedentes de 13 sitios (N=22) ubicados en ambas vertientes de los Andes.	233
10.9. Presencia de los diferentes tipos morfológicos cada 200 años en cada vertiente de los Andes.	235

PARTE I

GENERALIDADES

PROBLEMA DE ESTUDIO, MARCO ESPACIO-TEMPORAL Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO

1

INTRODUCCIÓN

Un concepto que ha dejado su impronta en la arqueología de las tierras altas del Norte de Chile y Noroeste Argentino durante las últimas dos décadas ha sido el relacionado con el “Silencio Arqueológico del Holoceno Medio”. El mismo fue acuñado por Lautaro Núñez y Calogero Santoro hacia fines de la década de 1980 y define al período caracterizado por un hiato ocupacional en la Puna de Atacama causado por las condiciones de hiper-aridez establecidas durante el Holoceno Medio (Núñez y Santoro 1988). Este concepto surgió, básicamente, de una generalización empírica sobre la coincidencia entre estas características ambientales y la discontinuidad en las series de fechados radiocarbónicos y en el registro arqueológico del sudoeste del salar de Atacama durante el lapso 8000-4800 AP (Grosjean, Núñez y Cartajena 2005).

Recientemente, esta idea ha comenzado a ser cuestionada desde lo empírico y lo teórico. Los primeros datos en oponerse a las expectativas del “Silencio Arqueológico” fueron los procedentes de la Quebrada de Puripica, Norte de Chile (Núñez 1992) y Quebrada Seca 3, en la Provincia de Catamarca (Aschero 1988). La localidad de Puripica presentaba características compatibles con las de un humedal durante el Holoceno Medio, conjuntamente con un profuso registro arqueológico de breves ocupaciones de esa cronología (Núñez et al 2006), mientras que en la vertiente oriental, Quebrada Seca 3 evidenciaba una secuencia de ocupaciones que no se interrumpía durante el Holoceno Medio. Las características de la evidencia de Puripica llevaron a Grosjean y Núñez (1994) a proponer la presencia de “refugios arqueológicos” que habrían permitido su ocupación por grupos humanos durante el Holoceno Medio. En un trabajo reciente, Pintar (2009) propuso una situación similar para la evidencia procedente de Cueva Salamanca 1. En los últimos años han surgido otras localidades que también presentan ocupaciones

arqueológicas datadas en pleno Holoceno Medio (De Souza 2004, López 2008, Yacobaccio *et al.* 2000), encontrándose ubicados en lugares ambientalmente heterogéneos. En consecuencia, se ha propuesto (Morales 2004, Yacobaccio y Morales 2005) que el Silencio Arqueológico parece haber sido un fenómeno espacialmente restringido al área del Salar de Atacama, mientras que en otras áreas, como la vertiente oriental de los Andes, este concepto parece carecer de potencial explicativo. Asimismo, se ha discutido el concepto de refugios ecológicos (*sensu* Grosjean y Núñez 1994) y sus implicancias en términos de patrones organizativos de los Cazadores-Recolectores del área (Yacobaccio y Morales 2005). A la luz de las nuevas evidencias, los principales defensores de este concepto han reorientado su definición y restringido sus efectos a las zonas más áridas del Altiplano, sosteniendo que en la actualidad el “Silencio Arqueológico” debe ser entendido como “un marco conceptual de adaptación”¹ y no como un hiato absoluto (Grosjean, Núñez y Cartajena 2005).

Lo que resulta indudable, sin embargo, es que la evidencia arqueológica correspondiente al Holoceno Medio continúa siendo fragmentaria. Este hecho ha dificultado hasta el momento delinear tendencias y realizar caracterizaciones regionales confiables sobre los patrones organizativos de los grupos humanos que habitaron el área durante este período. Esta tesis lidia justamente con este problema, partiendo de la noción de que existen otras líneas de evidencia útiles a la hora de generar modelos e hipótesis arqueológicas. En buena medida se continúa aquí sobre los lineamientos teórico-metodológicos planteados en un trabajo previo (Morales 2004) donde se propuso que los estudios paleoambientales no funcionan exclusivamente como complemento de las explicaciones arqueológicas, brindando escenarios a los que los datos arqueológicos deben intentar acoplarse, sino como una fuente de hipótesis y modelos orientados a resolver y explicar problemas arqueológicos concretos.

Partiendo de esta premisa, esta tesis se dedica a generar un modelo paleoambiental multi-escalas a partir del cual se derivan hipótesis o expectativas arqueológicas sobre las características de las ocupaciones humanas durante la primera mitad del Holoceno en la Puna Seca Argentina. Con este fin, buena parte de este volumen se ha dedicado a la obtención de marcos de referencia ambientales (*sensu* Binford 2001) y datos paleoambientales que constituyen la materia prima fundamental para la construcción del mencionado modelo paleoambiental de la Puna Seca Argentina para el lapso 10000 - 4000 AP. Los elementos a los que se ha recurrido para la construcción de los mencionados marcos de referencia han incluido tanto el análisis de datos ambientales actuales como los estudios paleoambientales que han sido realizados por otros investigadores en el área de estudio y zonas vecinas de los Andes. La combinación de esta

¹ N.T. “conceptual framework of adaptation”

información con los resultados paleoambientales obtenidos en el transcurso de este volumen ha permitido estimar y modelar la estructura de recursos en diferentes momentos de la primera mitad del Holoceno y en distintos sectores del área. Utilizando estos escenarios como base, se han elaborado una serie de expectativas -que se enuncian y resumen en el Capítulo 10- que abordan diferentes aspectos de los patrones organizativos los grupos Cazadores-Recolectores que habitaron la Puna en el lapso 10000 – 4000 AP. Estas expectativas se han derivado de supuestos y modelos teóricos pertenecientes a la arqueología ambiental, la ecología evolutiva y otros enfoques con una perspectiva ecológica. Finalmente, se discute el potencial predictivo de parte de estas expectativas con la evidencia arqueológica disponible hasta el momento para este período en la Puna Argentina.

MARCO ESPACIO-TEMPORAL DE LA INVESTIGACIÓN

En relación al problema planteado líneas arriba, el presente trabajo de investigación se aboca particularmente a estudiar archivos paleoambientales ubicados en el sector norte de la Puna Argentina, denominado Puna Seca, comprendiendo el área ubicada por encima de los 3000 msnm al oeste de la provincia de Jujuy y noroeste de Salta. Así, queda definida un área que comprende alrededor de 2 grados de latitud entre el 22° y 24° S y una gradiente altitudinal que incluye diferentes pisos ecológicos ubicados entre los 3000 y 5500 msnm. No obstante, dada las características y escalas de los procesos estudiados, tanto ambientales como arqueológicos, ha sido necesario incluir en diferentes capítulos información procedente de áreas vecinas y distantes que ayudan a definir tendencias y patrones regionales y supra-regionales vinculados a los registros estudiados.

En relación con la cronología, sucede algo similar a la situación que atañe a los límites espaciales. Esta tesis aborda en particular los 6000 años comprendidos entre el 10.000 AP y el 4000 AP, que incluyen los períodos denominados Holoceno Temprano y Medio (Clapperton 1993). No obstante, para analizar las tendencias regionales, comparar la información disponible en diferentes localidades y para estudiar la variabilidad subregional sobre dichas tendencias, ha sido necesario en diversos momentos de la investigación ampliar el rango temporal estudiado, incluyendo desde el Tardiglacial hasta el 3000 AP aproximadamente.

OBJETIVOS

Los objetivos propuestos para esta tesis se han dividido en dos grupos, los generales y los particulares. Los primeros conforman la guía general que orienta las investigaciones en curso y las futuras, y por lo tanto, se cumplen solo de manera parcial, ya que los datos necesarios para ello exceden los tiempos y el volumen de evidencia generada en esta tesis. Estos objetivos generales, además, no se agotan solo con aportar datos relevantes para la arqueología, sino que brindan información pertinente para otras disciplinas como la biología y la climatología.

Bajo el subtítulo “Objetivos Particulares” se encuentran enunciados los objetivos que son propios y buscan ser cumplidos de manera efectiva dentro de los límites de esta tesis.

OBJETIVOS GENERALES

- a. Comprender las relaciones entre las condiciones ambientales en diferentes escalas temporales y espaciales y su impacto en los patrones organizativos de los grupos humanos.
- b. Establecer la naturaleza del impacto (*i.e.* intensidad, duración, frecuencia) en diversas escalas espaciales de los cambios ambientales de mega-escala (*i.e.* globales como Hypsitermal) en la Puna Argentina.
- c. Colaborar en la construcción de futuros modelos paleoclimáticos, paleoecológicos y arqueológicos que permitan establecer las características del paisaje puneño y su evolución en diferentes escalas y cronologías.

OBJETIVOS PARTICULARES

- I. Analizar la información disponible sobre diversos aspectos bióticos y abióticos (*i.e.* clima, fauna, flora, hidrografía, pedogénesis, etc.) de la Puna Seca con el fin de generar marcos de referencia ambientales para la construcción y calibración de modelos paleoambientales.
- II. Estudiar las características ambientales y sus cambios en la Puna Norte Argentina durante el lapso 10000 – 4000 AP mediante diferentes líneas de evidencia, controlando las variaciones producidas por la altitud, latitud y el tamaño de las cuencas o sistemas hídricos estudiados.
- III. Generar un modelo paleoambiental multi-escalas y ecológicamente estratificado que incluya tanto los cambios climáticos como su impacto en la estructura de recursos del período mencionado a partir de los estudios paleoambientales realizados en esta tesis, de la información paleoambiental preexistente y de los marcos de referencia generados.

IV. Derivar las implicancias teóricas de este modelo paleoambiental multi-escalas sobre los patrones organizativos de grupos cazadores-recolectores que habitaron la región durante la primera mitad del Holoceno.

V. Discutir y evaluar el potencial predictivo de este modelo ambiental y sus implicancias arqueológicas confrontándolo con la información arqueológica disponible en el área para el período bajo estudio.

SOBRE LA ESTRUCTURA DE ESTA TESIS

Como se ha visto hasta aquí, el presente capítulo define el problema central que dio origen a esta investigación y plantea los objetivos generales y particulares que son objeto de esta tesis y constituye uno de los capítulos de la primera de las cuatro partes en que se divide este volumen.

La Parte I, denominada Generalidades, además del presente capítulo incluye el 2 y 3. El Capítulo 2 reseña brevemente el registro arqueológico disponible para el Holoceno Temprano y Medio en la Puna Argentina y Chilena, aislando sus patrones y tendencias más importantes que serán retomados hacia el final de la tesis. El Capítulo 3 enuncia las bases teórico-metodológicas generales sobre las que descansan las interpretaciones de los datos paleoambientales, la construcción de los modelos mencionados y las implicancias arqueológicas derivadas. Así, se plantean tanto los conceptos elementales y modelos teóricos vinculados a los patrones organizativos de los cazadores recolectores de áreas desérticas, como temas vinculados a la metodología y teoría en lo referente al cambio climático y ambiental y su impacto en los grupos humanos.

La Parte II -Marcos de Referencia- está compuesta por los capítulos 4 y 5. El Capítulo 4 describe la circulación atmosférica y oceánica de Sudamérica para introducir los elementos determinantes de la circulación en las tierras altas de los Andes y la Puna Argentina que rigen su régimen climático. Asimismo se analizan los mecanismos que pueden intervenir en la generación de la variabilidad climática en diversas escalas temporales y espaciales en las precipitaciones y temperaturas del área. Teniendo en cuenta estos elementos se describen y analizan datos procedentes de estaciones meteorológicas para establecer marcos de referencia en lo concerniente a precipitaciones y temperaturas en Jujuy. Finalmente, se resume las posibles implicancias climáticas tomando como base los patrones de circulación atmosférica y sus anomalías sugeridos por diversos autores para el pasado. El Capítulo 5 resume las características de los sistemas bióticos y abióticos centrales en el ecosistema puneño en términos de su distribución, abundancia

y diversidad. Se hace particular hincapié en aquellos elementos del paisaje que tienen un rol importante como recurso para los grupos humanos y en los rasgos que permiten estratificar ecológicamente la Puna.

La Parte III, denominada Estudios Paleoambientales, está integrada por tres capítulos, el 6, el 7 y el 8. El Capítulo 6 presenta y sintetiza el amplio cuerpo de datos paleoambientales que se encuentra disponible para las tierras altas de los Andes, segmentando la información entre los estudios regionales y sub-regionales y los locales. Asimismo, esta información se ordena geográfica y altitudinalmente y se realiza una integración regional general de toda la información reseñada. En el Capítulo 7 se realiza un análisis sobre la distribución espacial y cronológica de las dataciones de turberas (*i.e.* paleosuelos), que incluyen tanto aquellas obtenidas para este estudio como las existentes en la bibliografía del área Andina. Este estudio brinda resultados en dos escalas. En primer lugar, permite estimar el impacto de las condiciones y cambios ambientales estudiados en el desarrollo de ambientes productivos en una escala regional. En segundo lugar, permite abordar en escalas subregional y local los patrones de desarrollo diferencial de dichos ambientes en diferentes áreas. El Capítulo 8, por su parte, presenta exhaustivamente los registros paleoambientales analizados para esta tesis, que incluyen principalmente análisis de diatomeas de diversos perfiles, complementados con datos procedentes de otras líneas de evidencia como el polen, los gasterópodos y la relación entre Corg/Ntot en paleosuelos.

La parte IV, Modelos y Discusión, incluye a los Capítulos 9, 10 y 11. El Capítulo 9 está dedicado exclusivamente a la construcción, enunciado y discusión de los modelos que son el objeto central de esta tesis, los modelos paleoambientales multi-escala y el de estructura de recursos y áreas disponibles para la primera mitad del Holoceno en la Puna Seca Argentina. Por su parte, en el Capítulo 10 se desarrollan y enuncian las expectativas sistémicas –y sus correspondientes consecuencias observacionales en el registro arqueológico- sobre los patrones organizativos de los grupos Cazadores-Recolectores que habitaron el área de estudio durante el mencionado lapso y se discuten los alcances y limitaciones de las mismas en relación al registro arqueológico descrito en el Capítulo 2. Finalmente, el Capítulo 11 retoma los objetivos enunciados en el presente capítulo a fin de evaluar el grado de avance realizado en relación a los objetivos y las perspectivas futuras en cuanto a los tópicos que fueron objeto de la presente tesis.

Dado que en el cuerpo principal del texto de este volumen se han incluido sólo las tablas, mapas y gráficos más ilustrativos y pertinentes a la argumentación (mencionados a lo largo del texto como “Figuras”), se decidió completar este tomo con un Anexo general -compuesto por los Anexos individuales de los Capítulos 2, 4, 5, 7, 8, 9 y 10- que brindan la información de base con

que se trabajó e imágenes, gráficos, tablas y datos complementarios que fueron dejados fuera del cuerpo principal del texto para evitar interrupciones extensas en la lectura.

OCUPACIONES HUMANAS DURANTE EL HOLOCENO TEMPRANO Y MEDIO EN LA PUNA DE ATACAMA: UBICACIÓN, CRONOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN GENERAL

CAPÍTULO

2

INTRODUCCIÓN

Si bien los estudios arqueológicos en la Puna se iniciaron hacia comienzos del siglo XX, las primeras investigaciones sistemáticas en aleros y cuevas -que permitieron comenzar a definir la antigüedad del poblamiento inicial de la Puna e incrementar el volumen de información sobre el extenso lapso cronológico que aquí nos ocupa- comenzaron hacia los años 70 (López 2008). Entre los trabajos seminales, podemos contar en la vertiente oriental de la cordillera los de Aguerre *et al.* (1973, 1975), Aschero (1984) y Fernández Distel (1974, 1986), y en la occidental los estudios de Le Paige (1965, 1972-73) y Núñez (1981), entre otros.

Estas investigaciones y las subsiguientes comenzaron a definir un cuerpo de evidencias que constituye el objeto central de este capítulo en el que se revisa y sintetiza la información procedente de los sitios arqueológicos detectados en ambas vertientes de los Andes entre los 21° y 27° S con una cronología comprendida entre los 11.000 y 3500 años AP (ver FIGURA 2.1).

La revisión consiste, fundamentalmente, en la descripción de las variables que se encuentran más frecuentemente disponibles en la bibliografía, como la ubicación, la cronología y una enumeración sumaria de las evidencias y tendencias obtenidas en cada uno de ellos. Dicha revisión estará dividida en tres bloques generales, el primero correspondiente al poblamiento inicial del área (*i.e.* pre-10.000 AP), el segundo al Holoceno Temprano (*i.e.* 10.000-8000 AP) y el restante al Holoceno Medio (*i.e.* 8000-3500 AP), segregando la información procedente de las vertientes este y oeste de la cordillera.

La síntesis, que constituye el cuarto bloque de este capítulo, toma parte de los datos descriptos sobre estas ocupaciones con el fin de estandarizarlos y resumirlos gráficamente.

Dichos datos se refieren, esencialmente, a las dataciones radiocarbónicas de las ocupaciones, la composición de las arqueofaunas (en términos de %NISP de los taxones más representados), abundancias y características de las clases artefactuales y las frecuencias de materias primas líticas en los casos que estén disponibles.

Cabe recordar, que si bien aquí se presentará la información correspondiente a estos sitios con un considerable grado de detalle, la misma sólo será discutida en el marco de la evaluación de los modelos que son objeto central de esta tesis en el Capítulo 10.

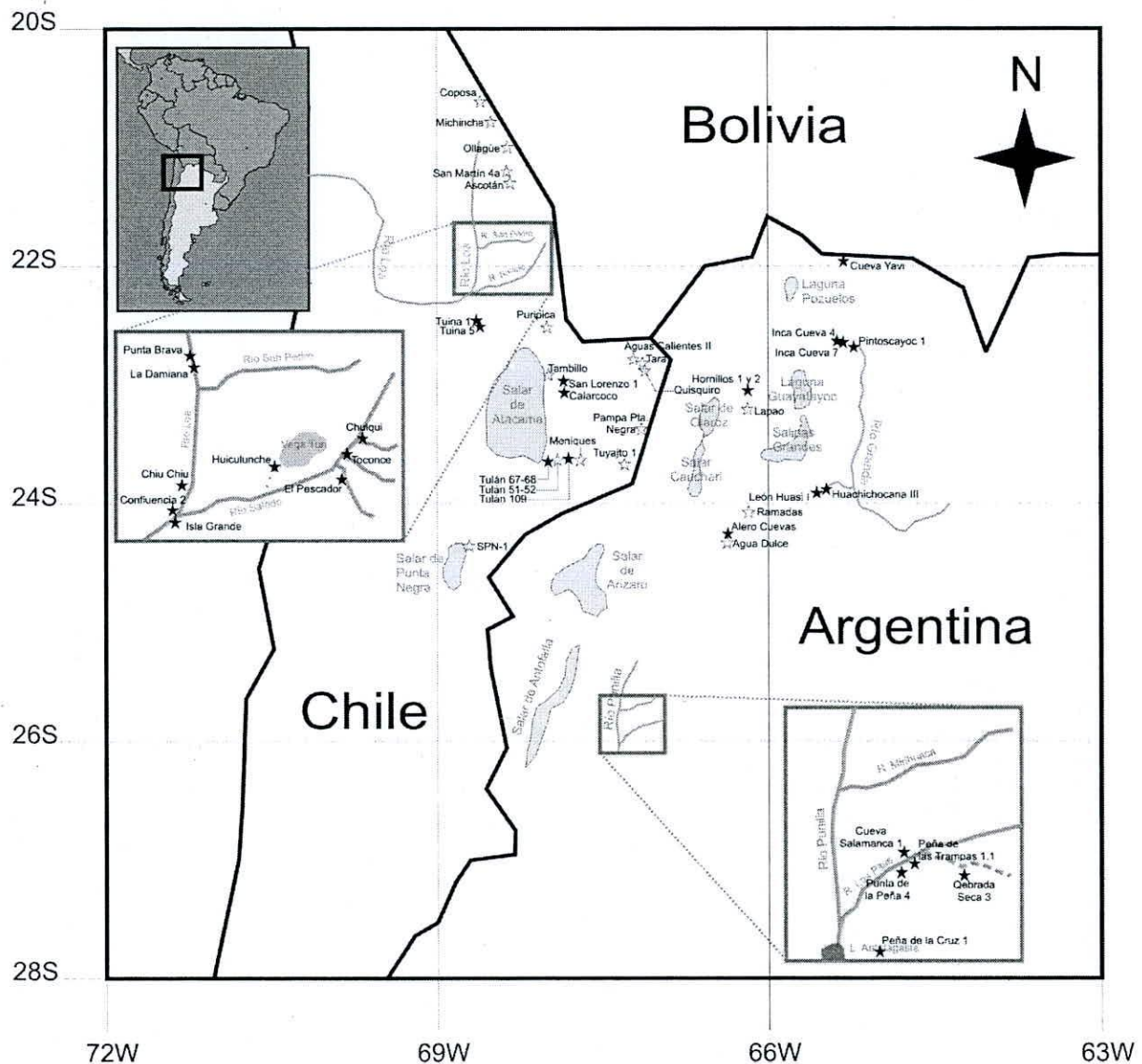


FIGURA 2.1. Ubicación y detalles de los sitios reseñados en este capítulo.

EL POBLAMIENTO INICIAL DE ÁREA

La antigüedad del poblamiento inicial del área Andina es un tópico aún no resuelto y que recientemente ha estado sujeto a discusión a la luz de nuevas evidencias (Grosjean *et al.* 2005). No obstante, las dataciones disponibles hasta el momento sugieren una cronología próxima a los 12.500 años AP basada, principalmente, a la ocupación que exhibe la Cueva del Guitarrero con una datación de 12.560 AP (Lynch *et al.* 1985). Datos recientes procedentes del Salar de Punta Negra en el norte de Chile, han sugerido la posibilidad de ocupaciones paleoindias previas o contemporáneas a esta fecha (Grosjean *et al.* 2005). Dicha evidencia está constituida por la presencia de una punta tipo “cola de pescado” o “Fell” en las terrazas del sector noreste del mencionado salar, aunque, por el momento, no presentan una cronología directa y su asociación indirecta con fechados de capa de la terraza se aproxima a los 10.500 AP.

Para nuestra área de estudio en particular (Puna de Atacama), las evidencias sugieren, con cierto grado de confianza, un poblamiento inicial del área entre el 10.500 y 11.000 AP (Castro y Tarragó 1992, Núñez 1992, Pintar 1996, Yacobaccio 1994). Entre los sitios más tempranos del norte de Chile podemos contar a Tuina-1 con 10.820 ± 630 AP (Núñez *et al.* 2001), Tulán 109 con dos fechas 10.770 ± 250 AP y 10.590 ± 150 (Núñez *et al.* 2006), San Lorenzo 1 con dos fechas, 10.400 ± 130 y 10.200 ± 120 AP, Tuina 5 con 10.060 ± 70 AP (Núñez *et al.* 2006), y la ya mencionada ocupación del Salar de Punta Negra (10.470 ± 50 AP) (Grosjean *et al.* 2005). Las ocupaciones más tempranas en la vertiente Argentina corresponden a las fechadas obtenidas en cinco reparos ubicados en el este de la Puna Seca jujeña: Pintoscayoc 1 (capa 6, 10.720 ± 150 AP, Hernández Llosas 2000), Inca Cueva cueva 4 (capa 2, 10.620 ± 140 AP, Aguerre *et al.* 1975), Huachichocana III (capa E3, 10.200 ± 420 AP, Fernández Distel 1974), León Huasi 1 (10.550 ± 300 , Fernández Distel 1989) y Cueva Yavi (10.450 ± 55 , Kulemeyer y Laguna 1996).

Las evidencias vinculadas a estas ocupaciones han sido interpretadas frecuentemente como generadas por grupos pequeños con una alta movilidad residencial aunque redundante en el uso de cuevas y aleros (Yacobaccio y Vilá 2002). En este sentido, algunas de estas ocupaciones también han sido interpretadas en términos funcionales, como áreas de habitación dentro de un circuito de nomadismo estacional de retorno programado (*i.e.* Inca Cueva cueva 4, Aschero 2000) y campamentos donde se realizaron actividades de procesamiento y consumo de fauna (*i.e.* Pintoscayoc 1, Hernández Llosas 2000). Las arqueofaunas relacionada a estas ocupaciones iniciales muestran un comportamiento mixto, destacándose el consumo predominante de camélidos en algunos de ellos (ej. Huachichocana III E2 y Tuina 1) y de roedores y otros animales en buena parte de los restantes (ej. Inca Cueva cueva 4, Pintoscayoc 1 y San Lorenzo 1).

Un hecho notable es la presencia de ítems diversos procedentes de las tierras bajas ubicadas al este de la Puna Argentina en algunas de estas ocupaciones tempranas (ej. Huachichocana III, Inca Cueva cueva 4).

OCUPACIONES DEL HOLOCENO TEMPRANO (10.000-8000 AP)

VERTIENTE CHILENA

En la denominación tradicional chilena las ocupaciones correspondientes al Holoceno Temprano están compuestas por dos estadios, el “Tuina” y el “Tambillo”. De Souza (2004) ha caracterizado el primero, denominado por él “Arcaico Temprano I”, como *“un sistema de asentamiento con predominio de la movilidad residencial extendido a través un amplio número de locaciones a lo largo de la puna”*; mientras el segundo -el “Arcaico Temprano II”- se trata de *“un sistema de asentamiento que combina movilidad residencial con mayor movilidad logística, y con uso de un número más restringido de locaciones a lo largo de la puna, en particular, en el piso de quebradas”* (De Souza, 2004:40). Ambos estadios agrupan actualmente algo más de una docena de sitios, ubicados tanto en reparos como a cielo abierto, que han podido ser datados de manera directa. Sus fechas, ubicación y características se desarrollan a continuación.

ESTADIO “TUINA” O “ARCAICO TEMPRANO I”

El estadio Tuina deriva del sitio tipo **Tuina 1**, ubicado en la serranía homónima al este de Calama (22° 34' 14,5”S, 68° 27' 49,2”W, 3160 msnm), que cuenta con dos dataciones, una de 10.820±630 AP y otra de 9080±130 AP (Núñez *et al.* 2006). Del mismo se han recuperado 72 artefactos, similares a los hallados en otros sitios con una cronología compatible, como por ejemplo **San Lorenzo 1** (27° 23' 09,1”S, 70° 15' 48,8”W, 2950 msnm), una cueva con tres dataciones muy próximas entre sí (10.400±130, 10.280±120 y 9960±125 AP) y **Chulqui 1**. Los artefactos de Tuina 1 incluyen “raspadores espesos” o “de dorso alto” (*sensu* Núñez 1992) y hojas triangulares con retoque extendido bifacial. Las arqueofaunas de este sitio están dominadas ampliamente por los camélidos (~61%), mientras que los mismos en San Lorenzo solo representan una mínima parte (~7%) (Yacobaccio 2003). Chulqui 1, por su parte, se ubica próximo a la confluencia de los ríos Toconce y Hojalar (3300 msnm), en la Cuenca del Río Loa. De acuerdo a Sinclair (1985) presentó una fecha procedente de una muestra de carbón

proveniente de un fogón del estrato VI de 9590 ± 60 . Recientemente, De Souza (2004) obtuvo una segunda fecha de 9330 ± 140 AP y analizó el material lítico de estas ocupaciones que constan de 7 artefactos (*i.e.* un cuchillo, una raedera y cuatro raspadores) y 98 desechos de talla en los que dominan ampliamente los basaltos locales ($\sim 85\%$).

Otros sitios recientemente trabajados con fechas y registros arqueológicos afines incluyen tanto reparos –ej. Tulán 109, Tulán 68, Tuina 5 y El Pescador– como “campamentos a cielo abierto” (*sensu* Núñez *et al.* 2006) del tipo de Aguas Calientes 1.

Las ocupaciones de **Tulán 109** se ubican en un refugio bajo roca emplazado en el sector superior de la quebrada de Tulán ($23^{\circ} 48' 35''S$, $68^{\circ} 01' 50''W$, 2950 msnm), próxima a la vega de Tilomonte (Núñez *et al.* 2006). Este sitio presenta tres ocupaciones someras en el bloque cronológico correspondiente al Holoceno Temprano, según lo indican las dos fechas a las que ya se ha hecho referencia (ver *supra*). Las escasas evidencias presentes en este sitio se tratan, fundamentalmente, de desechos de talla lítica y restos óseos. También en la quebrada de Tulán, pero hacia su desembocadura (c. 1500 msnm), se ubica **Tulán 68** que presenta una fecha de 9290 ± 100 AP en su capa 1. De las excavaciones realizadas hasta el momento se han recuperado una punta foliácea de obsidiana, una “bipunta” de basalto y raspadores de “dorso alto” similares a los de Tuina 1 (Núñez *et al.* 2006). Por su parte, la Cueva **Tuina 5** ($22^{\circ} 34' 47''S$, $68^{\circ} 37' 39,9''W$ 3200 msnm) presenta dos fechas de 10.060 ± 70 y 9840 ± 110 AP correspondiente a este bloque cronológico, recuperándose del nivel IV de la misma diversos materiales del patrón Tuina con puntas de proyectil triangulares, raspadores “gruesos de dorso alto, tajadores, raederas, cepillos y yunques” (Núñez *et al.* 2006). La abundancia relativa¹ de restos de camélidos y roedores en la capa IV es muy similar (49% y 41%, respectivamente), seguida por las aves (6%) y los cérvidos (2%). Cabe mencionar, también, la presencia de un hueso posiblemente asignable a *Hippidion* sp. (Núñez *et al.* 2006). Finalmente, las ocupaciones del alero **El Pescador**, que se encuentra emplazado en la margen oeste del río Caspana a unos 3300 msnm, han sido asignadas al bloque cronológico que aquí nos ocupa a partir de cuatro fechas: 10.310 ± 130 AP (Capa 5), 9970 ± 60 AP y 9080 ± 60 AP (Capa 4) y 9460 ± 70 AP (Capa III, unidad T) (De Souza 2004). De la Capa 5 se recuperó una importante cantidad de arqueofauna, principalmente representadas por vizcachas y en frecuencias menores otros roedores, aves, camélidos y taruca (González 2000 Ms, en De Souza 2004). El registro lítico está representado por sólo dos artefactos formatizados (*i.e.* una preforma de punta triangular y un raspador de dorso alto) y algo más de cuatrocientos desechos. Las materias primas están dominadas por las de origen local, mayormente representadas por sílices ($\sim 60\%$), seguidas por basaltos ($\sim 25\%$) y andesitas y riolitas ($\sim 10\%$).

En cuanto a los sitios a cielo abierto del estadio “Tuina” se puede mencionar a **Aguas Calientes 1-1**, ubicada en las terrazas del noroeste del salar homónimo ($23^{\circ} 04' 52''\text{S}$, $- 67^{\circ} 23' 15,2''\text{W}$, 4205 msnm). Esta ocupación se manifiesta mediante una dispersión de materiales superficiales que ha sido interpretada como un campamento (*sensu* Núñez *et al.* 2006) que incluyen como elemento diagnóstico la presencia de puntas de proyectil triangulares. Sondeos realizados en dichas terrazas han permitido vincular el material de superficie con el escaso material procedente de una turbera perilacustre que presentó dos fechados, una de 8720 ± 100 AP y la otra de 8130 ± 50 AP (Núñez *et al.* 2006)

ESTADIO “TAMBILLO” O “ARCAICO TEMPRANO II”

El estadio “Tambillo” se define sobre la base del sitio tipo **Tambillo 1** ubicado a unos 27 km al sur de San Pedro de Atacama, en el borde oriental del Salar de Atacama ($23^{\circ} 07' 37,3''\text{S}$, $68^{\circ} 04' 31,5''\text{W}$ 2500 msnm). Este sitio se asocia a vegas, vertientes potables y avifauna de lagunas ubicadas entre los oasis de San Pedro y Toconao (Núñez 1992). El mismo es parte de un conjunto de sitios de superficie que incluye otros como Tambillo 2 y 4 que constituyen lo que se ha denominado “localidad arqueológica Tambillo” (Núñez *et al.* 2006). Según Núñez (1992), de Tambillo 1 se recuperaron inicialmente 543 artefactos de unos sondeos que permitieron vincular dicho material con el de superficie y obtener una datación de 8590 ± 130 AP. A esta fecha se le ha incorporado, recientemente, otra de 8870 ± 70 AP (Núñez *et al.* 2006). Las características de estos materiales han permitido a Núñez (1992) separarlos del conjunto del estadio anterior (Tuina), siendo los artefactos más característicos de “Tambillo” las puntas de proyectil triangulares de base escotada y “acorazonadas” (*i.e.* tipo Tambillo), puntas tetragonales (tipo San Martín, ver más abajo) y lanceoladas (regulares y grandes), los punzones de obsidiana, perforadores y raspadores discoidales chatos. Las arqueofaunas recuperadas están representadas básicamente por camélidos adultos (47,6%) (Yacobaccio 2003). Los sitios **Tambillo 2/4** también se ubican en este ambiente de depresión lagunar ($23^{\circ} 07' 14,8''\text{S}$, $68^{\circ} 04' 43,2''\text{W}$ 3200 msnm) y presentan materiales compatibles a los de Tambillo 1 tanto en superficie como en una capa de turba que fue datada 9590 ± 110 AP, (Núñez *et al.* 2006). Al respecto, cabe mencionar que de la localidad arqueológica Tambillo, en su conjunto, se recuperaron menos frecuentemente puntas de proyectil “acorazonadas” tipo Tambillo (N=4) que pedunculadas tetragonales tipo San Martín (N=16) y foliáceas (N=14).

Otros sitios similares en términos de los materiales y cronología a Tambillo 1 son los “campamentos a cielo abierto” de Tuyajto 1 y San Martín 4 y las ocupaciones tempranas del reparo Tulán 67.

Tuyajto 1(B) es una concentración de materiales de superficie que se ubica en el borde oriental de la playa de la Laguna-Salar Tuyajto (23° 57' 16,2"S, 67° 34' 34"W 4070 msnm) y pudo ser vinculada a materiales de capa con una cronología entre los 8210±110 y los 8130±110 AP. Los materiales líticos recuperados de esta capa fueron, en su mayoría, desechos de basalto (93%) y de obsidias trasandinas. Entre los instrumentos se cuentan puntas foliáceas con base “semi-escotada” y una punta con pedúnculo “rectilíneo y aletas” (*i.e.* tetragonal tipo San Martín, ver a continuación) (Núñez *et al.* 2006). **San Martín 4a** es una de las concentraciones de materiales en la playa del Salar de San Martín (21° 23' 30"S, 68° 25' 35"W 3695 msnm.), que, al igual que Tuyajto 1, ha podido ser asignada cronológicamente a una fecha de 8130±50 AP. Este sitio presenta una densidad inusualmente alta de puntas tetragonales con pedúnculo ancho y agudo, explicando la aplicación del nombre de esta localidad a las puntas de esta morfología (Núñez *et al.* 2006).

El único sitio de reparo con las características precedentes es el refugio bajo roca **Tulán 67** (23° 48' 12.1"S, 68° 04' 36"W 2669 msnm) que presentó una datación de 8190±120 en su capa V (Núñez *et al.* 2006). Este reparo presenta motivos rupestres geométricos laberínticos rojos, un antropomorfo grande y personajes con faldellín asociados a esta cronología por la presencia de pigmentos en la capa mencionada. Las arqueofaunas de Tulán 67 están mayoritariamente representadas por camélidos (capa V=72%, capa VI=64%¹), seguidos por los roedores (capa V=20%, capa VI=23%) y las aves (capa V=6%, capa VI=13%). Las materias primas líticas están dominadas por las disponibles localmente (*i.e.* toba Tulán) seguidas por las obsidias y luego los basaltos. En cuanto a los instrumentos recuperados, el componente inferior (*i.e.* capa VI) presenta láminas “Tulán”, puntas triangulares, raspadores y raederas discoidales, mientras que en la capa datada (*i.e.* capa V) las puntas son triangulares y “acorazonada”, similares a las de Tambillo 1, en obsidiana gris. De esta última capa también se recuperaron semillas de algarrobo y fragmentos de una cesta *coiled* y un textil (Núñez *et al.* 2006).

SITIOS SIN CRONOLOGÍA ABSOLUTA ADSCRIBIBLES AL HOLOCENO TEMPRANO

¹ Las abundancias relativas de arqueofaunas que se mencionan a lo largo del capítulo siempre están calculados sobre el valor del NISP.

Más allá de los sitios que han podido ser ubicados cronológicamente mediante dataciones directas o por vinculación estratigráfica, existe un número abundante que solo han podido ser referenciados en virtud de la morfología de los cabezales líticos presentes (ver Núñez *et al.* 2006, Tabla 11, para observar las frecuencias). Al respecto, asociados con puntas triangulares y otros artefactos tipo Tuina, pueden mencionarse Quisquiro 2, 2A y 3, Lejía 1, Laguna Helada 1, Pampa Punta Negra 1 y 2, Tara 1, Ascotán 5, 6 y 8, Ollagüe 4, Michincha 1, Coposa 3, Huasco 4, y Tuina 3 y 13 (ver sus ubicaciones en FIGURA 2.1). Por su parte las puntas triangulares acorazonadas “Tambillo” y las tetragonales de pedúnculo recto tipo “San Martín”, también han mostrado una dispersión importante. Las primeras incluyen los sitios Tuyajto 1, Quisquiro 2, Laguna Helada 1, Tara 1, Ascotán 5, 6 y 8, Ollagüe 4, Michincha 1, Huasco 5 y Tambillo 2 y 3. Las tipo “San Martín”, por su parte, han estado presentes en Tuyajto 1, Laguna Helada 1, Ascotán 4A, 5 y 6, San Martín 2 y 3, Ollagüe 4, Michincha 1, Coposa 3, Huasco 4 y 5 y Tambillo 3, 4 y 5 (FIGURA 2.1). Finalmente, las puntas foliáceas muestran una dispersión un poco más restringida que incluye a los sitios Tuyajto 1, Quisquiro 2 y 2A, Laguna Helada 1, Tara 1, Ascotán 5 y 6, Ollagüe 4, Coposa 3, Huasco 4 y 5 y Tambillo 3, 4, 5 y 7.

VERTIENTE ARGENTINA

Alrededor del 9500 AP comienza a hacerse evidente en la vertiente Argentina un notable incremento de los sitios con recurrencia en sus ocupaciones a lo largo del Holoceno Temprano.

En la Puna Seca con una fecha basal de 9.710 ± 270 AP comienza la secuencia de ocupación del alero **Hornillos 2** (H2) ($23^{\circ} 13' 47''\text{S}$, $66^{\circ} 27' 22''\text{W}$, 4020 msnm, Dpto. Susques, Jujuy) (Yacobaccio *et al.* 2009). Este alero presenta otras tres dataciones pertenecientes a ocupaciones del Holoceno Temprano, 9.590 ± 50 , AP 9.150 ± 50 AP, ambas de la capa 6; y 8.280 ± 100 AP de la capa 4. Todas las ocupaciones de las capas 6 están caracterizadas por un fuerte consumo de chinchillidos (~70%), la presencia exclusiva de puntas de proyectil triangulares, menor diversidad artefactual y la dominancia de las materias primas locales (cuarcitas, ~50%) y de mediana distancia (andesitas, ~30%) sobre las alóctonas (obsidianas, <20%) (Yacobaccio *et al.* 2009). Cabe mencionar que dichas obsidianas proceden de cuatro fuentes diferentes, distantes hasta 120 km al norte (*i.e.* Vilama y Zapaleri) y 100 al sur (*i.e.* Tocomar y Quirón) (Yacobaccio com. pers.) Las ocupaciones de capa 4 muestran una reducción notable del consumo de chinchillidos (~30%) a favor de los camélidos (~60%), un aumento de la diversidad tanto en la morfología de puntas de proyectil como la del conjunto artefactual y un descenso en la utilización de materias primas locales (~25%) a favor de las de media distancia

(>40%) y las distantes (~20%). El alero también presenta representaciones con numerosos motivos de camélidos de cuatro estilos diferentes (de dos y cuatro patas) en diferentes tonalidades (rojos, negros y ocres) y antropomorfos esquemáticos en tonalidad rojiza. (Yacobaccio *et al.* 2009).

También en la Puna seca, pero hacia el noroeste en los alrededores del pueblo de Yavi se ubica un abrigo rocoso que comenzó a ser trabajado por Krapovickas en el año 1980 (Krapovickas 1987-88) y, posteriormente, por Kulemeyer a partir de los '90: la **Cueva Yavi**. Este abrigo presenta 4 niveles de ocupación, uno actual (A) y tres precerámicos (B, C y D). De la capa D, la más prolífica en términos de evidencia arqueológica, Krapovickas obtuvo dos dataciones correspondientes al Holoceno Temprano (*i.e.* 9760±160 y 9480±220 AP). Kulemeyer y Laguna (1996) obtuvieron, por su parte, otras dos dataciones procedentes de la misma capa de 10.450±55 y 9790±100 AP y Kulemeyer, Kulemeyer y Laguna (1994) otras dos fechas de los contextos posteriores a las ocupaciones iniciales de 8420±70 y 8320±260 AP. En términos del material lítico recuperado de la capa 6 Krapovickas (1987-88) menciona el hallazgo de puntas de proyectil triangulares, exclusivamente, similares a los de contextos contemporáneamente trabajados como Inca Cueva cueva 4 y Huachichocana III.

Próximos a la localidad Tres Cruces se encuentran **Inca Cueva cueva 4** (ICc4) y **Pintosca yoc 1** que no solo presentan ocupaciones durante el pleistoceno final sino que se extienden a lo largo del Holoceno Temprano.

Inca Cueva cueva 4 se encuentra emplazada en el sector medio de la quebrada de Inca Cueva ubicada en el límite oriental de la Puna de Jujuy (23°S, 65° 27'W, 3800 msnm, Dpto. de Humahuaca). Este sitio fue tempranamente trabajado por Torres Aparicio (Aschero 1984) quien recuperó varias inhumaciones humanas acompañadas por un importante contexto precerámico (ver apartado de Holoceno Medio en la vertiente Argentina). Los trabajos sistemáticos realizados posteriormente en el sitio durante los años 1978 y 1979 (Aschero 1979) definieron una estratigrafía de 5 capas (0, 1a, 1b, 2 y 3). De la capa 2, la correspondientes al Holoceno Temprano, se obtuvieron tres fechas, la más antigua antes citada de 10.620±140 AP procedente de un pequeño basural ubicado en la parte exterior del área de habitación y otras dos, de la misma capa, de 9650±110 y 9230±70 (Aschero 1984) correspondientes a carbones del depósito. Las arqueofaunas de capa 2 estuvieron dominadas por *Lagidium* sp., poniéndose de relieve la baja frecuencia de camélidos (~10%) a pesar de los abundantes vestigios de vellones de estos últimos en el sitio (Aschero 1979). Las puntas de proyectil procedentes de esta capa coinciden con las halladas en Hornillos 2, tratándose de puntas de proyectil apedunculadas de limbo triangular corto y base recta o ligeramente convexa confeccionadas en basalto negro y obsidiana, y un único

caso de una posible punta lanceolada (Aschero 1979). El reparo también presenta representaciones rupestres con motivos abstractos constituidos por líneas y puntos en diversas tonalidades de rojo, blanco y negro (Aschero 1979).

Pintosca yoc 1 es un alero ubicado en la quebrada del mismo nombre, en el extremo norte de la Quebrada de Humahuaca a 3780 msnm (Elkin y Rosenfeld 2001). Este sitio presenta dos grandes bloques ocupacionales, el primero entre *circa* 10.000 AP y 8000 AP (capa 6 con fechas de 10.720 ± 150 , 10.340 ± 70 , 9190 ± 110 , 9180 ± 230 AP y restos humanos datados en 9080 ± 50 AP) (Hernández Llosas 2000) y el segundo desde el 900 AP hasta el 450 AP aproximadamente. Este sitio también presenta una ocupación y restos humanos correspondientes al Holoceno Medio que se cita en el apartado correspondiente. Como en el caso anterior las tendencias de la fauna del Holoceno Temprano muestran una escasa representación de restos de camélidos (12%) (para consultar un análisis detallado de la misma ver Elkin y Rosenfeld 2001). El instrumental lítico de la capa 6 está constituido mayoritariamente por puntas de proyectil triangulares y raspadores intensamente utilizados y frecuentemente reactivados y reafileados (Hernández Llosas 2000)

Más hacia el sur, se ubica la quebrada Huachichocana (Dpto. de Tumbaya, Jujuy) que comprende un sistema de asentamientos en cinco cuevas muy próximas; **Huachichocana III** (CHIII), la cueva más importante, en su capa E3 presenta la primera ocupación (10.200 ± 420 AP), mientras que la E2 representa un componente del precerámico final (Castro y Tarragó 1992, Fernández Distel 1974). Las puntas de proyectil procedentes de las capas E2 y E3 de CHIII incluyeron 3 apedunculadas de limbo triangular en cuarcita (2) y basalto (1) y dos lanceoladas con lados aserrados en las mismas materias primas. A diferencia de los sitios descritos anteriormente, la capa E3 de CHIII mostró una fuerte dominancia de camélidos (~87%) en las arqueofaunas (Fernández Distel 1974).

Próximo a la quebrada de Huachichocana y en el marco del proyecto homónimo, Fernández Distel detectó a fines de los años '70 la Cueva **Leon Huasi 1**. Este reparo se ubica en la quebrada de Tascal a unos 2 km al sudoeste del angosto de Huachichocana ($23^{\circ} 44'S$, $65^{\circ} 35'O$, 3800 msnm) y presenta cuatro niveles estratigráficos (capas A, B1, B2 y B3), uno de ellos (B2) datado en 10.550 ± 300 AP (Fernández Distel 1989). Las puntas de proyectil recuperadas de las capas B2 y B3 se tratan mayoritariamente de cabezales apedunculados de limbo triangular corto y ligeramente asimétrico y, en menor medida, de puntas lanceoladas grandes. Las materias primas más abundantes en ambas capas del sitio han sido las cuarcitas (81,4%) y basaltos (12%), que no se encuentran disponibles de manera inmediata al sitio (Fernández Distel 1989). Las materias primas restantes las constituyeron obsidias y sílices que se presentaron en muy bajas

frecuencias (*i.e.* 3,9 y 2,7%, respectivamente). Esta cueva presentó, además, dos grupos de representaciones rupestres en color negro y de carácter abstracto que se encontraban muy desleídas debido a la erosión del soporte. La primera es una representación antropomorfa con un arco y de la segunda solo quedan dos trazos paralelos, relictos de una representación mayor (Fernández Distel 1989)

Recientemente, López (2008) ha comenzado a trabajar un alero ubicado en el noroeste de la provincia de Salta a 10 km del poblado de Pastos Grandes que presenta ocupaciones a lo largo de todo el Holoceno. El **Alero Cuevas** (24 28°04'S, 66 41' 52"W, 4400 msnm) evidencia cuatro niveles de ocupación de los cuales el último (F4) presenta tres fechas: 8504±52, 8838±52 y 9650±100 AP (López 2008). En cuanto al instrumental lítico, cabe señalar que se observa una fuerte tendencia a favor de la utilización de materias primas locales (20%) y de mediana distancia (71%, obsidias de la fuente Quirón) y que las puntas de proyectil recuperadas de esta capa son exclusivamente apedunculadas de limbo triangular. Las tendencias en las arqueofaunas de la capa F4 muestran una notable similitud con las de Huachichocana III (E3), con una representación mayoritaria de camélidos (~91%), seguido por los chinchillidos (~9%) y la presencia esporádica de restos de cérvido (<0,2%).

Las evidencias de ocupaciones durante el Holoceno Temprano en la Puna Salada catamarqueña se restringen básicamente a tres sitios - Quebrada Seca 3, Punta de la Peña 4 y Peña de las Trampas 1.1 - ubicados en las inmediaciones del Dpto. de Antofagasta de la Sierra.

Quebrada Seca 3 contiene la secuencia ocupacional más completa de la Puna presentando una fecha basal de 9410±120 AP² (Aschero 1988). Las ocupaciones que corresponden al Holoceno Temprano, definidas sobre la base de siete dataciones radiocarbónicas (Martínez 2003, capítulo 4), están representadas por las 10 niveles comprendidos entre la 2b25 (9410±120 AP) y la 2b16 (8330±110 AP) inclusive. Las arqueofaunas correspondientes a este bloque cronológico ("nivel inicial" *sensu* Elkin 1996) presentan una dominancia muy clara de los camélidos (81%) frente a otros taxones. Este bloque cronológico presenta 8 puntas de proyectil, mayormente en obsidiana (Obs1) y vulcanitas (Vv1 y una en Vv7), analizadas por Martínez (2003), resultando que en la sección inferior -entre las capas 2b23 y 2b17 (8660±80 AP) se registran 3 puntas triangulares apedunculadas (tipo QSA *sensu* Martínez 2003³) y una con pedúnculo destacado y aletas entrantes (u hombros) (tipo QSB *sensu* Martínez 2003); mientras que la capa 2b16 (8330±110 AP) presenta 4 puntas exclusivamente de esta última morfología (QSB).

² Si bien existe una fecha más temprana correspondiente a la capa 2b19 de 9790±50 AP (Martínez 2003) pero que por su posición estratigráfica no podemos asumir como basal.

³ Estas puntas triangulares son notablemente más grandes que las de ICc4 según las mediciones realizadas por Martínez (2003).

La información sobre ocupaciones humanas durante el Holoceno Temprano en Antofagasta de la Sierra se completa con dos sitios emplazados en el sector medio del río Las Pitas entre los 3650 y 3665 msnm. El primero, **Punta de la Peña 4 (PP4)** presenta una datación de 8970 ± 60 AP (Hocsman 2006); y el segundo, **Peña de las Trampas 1.1 (PT 1.1)**, ubicado un kilómetro al norte de PP4 (Martínez 2003) y a unos 8 km al noreste de Antofagasta de la Sierra, corresponde a dos estructuras funerarias asociadas a dos dataciones de c. 8400 AP y c. 7800 AP y “señales” de presencia humana hacia c. 10.200 AP (Martínez 2008). La información publicada hasta el momento sobre dichas ocupaciones resulta muy fragmentaria debido a que los trabajos en los sitios se encuentran aún en curso. No obstante, en el caso de PT 1.1, Martínez (2008) describe las estructuras funerarias y su contenido, compuesto por restos humanos asociados a tecnofacturas de gran complejidad como cueros gamuzados cocidos y pintados, cuentas de collar de semillas de plantas alóctonas, fragmentos de malla de red de fibra vegetal teñidos de rojo y pintados de negro, un tocado con plumas entretrejidas y cordelería vegetal. Cabe mencionar para este sitio, aunque no presenta relación directa con sus ocupaciones, la referencia publicada por Martínez *et al.* (2007) sobre la presencia de excrementos de *Megatheriinae* datados entre $19,610 \pm 290$ y $12,510 \pm 240$ AP.

OCUPACIONES DEL HOLOCENO MEDIO (8000-3500 AP)

VERTIENTE CHILENA

Las ocupaciones del Holoceno Medio incluyen los estadios “Confluencia”, “Tulán” y “Puripica” de la denominación tradicional chilena. Núñez (1992) define al primero (*i.e.* Confluencia) como el estadio transicional relacionado a “*aquellas evidencia eventuales involucradas con los inicios del período Arcaico Tardío*” donde se registra la presencia de las primeras estructuras habitacionales circulares características de los siguientes estadios.

Las ocupaciones frecuentemente citadas como ejemplos del estadio “Confluencia” corresponden a las presentes en la cuenca superior del río Loa como las de los sitios **Isla Grande** con una datación de 6008 ± 130 AP (Lanning 1967) y **Confluencia 2** datado en 5380 ± 130 AP (Lanning 1967, Núñez 1992).

No obstante, de manera más o menos contemporánea se registran también otros dos tipos de ocupaciones, las presentes en *reparos* y las constituidas por *fogones a cielo abierto*. Algunos ejemplos disponibles para los de primer tipo son las del alero **Toconce-Confluencia**, datadas en 7990 ± 125 AP (Aldunate *et al.* 1986), las capas medias del alero **Chulqui 1** con dos dataciones,

7180±80 y 5730±90 AP (Sinclair 1985, Aldunate *et al.* 1986) y las ocupaciones de baja densidad en el alero **Tulan-67** fechadas hacia el 5940±60 AP (Núñez *et al.* 2006). El alero Toconce-Confluencia se encuentra ubicado a unos 3200 msnm, sobre una terraza fluvial formada en la confluencia de los ríos Toconce y Salado (De Souza 2004). El registro lítico analizado por este autor, vinculado a la fecha mencionada, indica un fuerte dominio (*i.e.* ~75%) de basaltos locales en los desechos (N=336) y artefactos formalizados (2 puntas triangulares, 3 cuchillos y 1 raspador) presentes en el sitio.

Otras ocupaciones ubicadas en reparos son las presentes en la cuenca superior del río Loa, que recientemente fueron datados en fechas similares (*i.e.* Huiculunche, Punta Brava y La Damiana).

El alero **Huiculunche**, ubicado en la quebrada de Turi a 3000 msnm presenta un único componente correspondiente al Holoceno medio, datado en 6120±40 AP (De Souza 2004). El material lítico analizado por este autor incluyó 37 artefactos (16 puntas de proyectil, 7 preformas bifaciales, y cuchillos y raspadores diversos) y más de 500 desechos de talla. Entre las 16 puntas el autor segregó dos morfologías de limbo, una lanceolada y la otra triangular (“pentagonal”), aunque ambas comparten pedúnculos anchos de bordes rectos y base escotada. Las materias primas se encuentran ampliamente dominadas en el sitio por la riodacita vitrificada (~85%), identificada como procedente de Linzor a unos 35 km de distancia del sitio, seguida por sílices y basaltos (ambos en proporciones menores al 10%).

Punta Brava es otro de estos aleros, que en este caso se encuentra en el sector Santa Bárbara de la Subregión del Alto Loa, a unos 3100 m.snm.. Este sitio presentó siete capas de las cuales las dos inferiores (6 y 7) no contenían cerámica y de la última (capa 7) se obtuvo una fecha de 6250±240 AP (De Souza 2004). El registro lítico analizado por De Souza (2004), que consta de 8 artefactos (*i.e.* 3 preformas bifaciales, 4 cuchillos y 1 raspador) y 244 desechos de talla, mostró un fuerte predominio de las materias primas locales como la calcedonia (~75%) y una proporción considerable de basaltos (~17%) y sílices.

Próximo a este último sitio, unos 500 m aguas abajo, se ha estudiado y datado en 4290±110 AP un corte estratigráfico del alero **La Damiana** (De Souza 2004). El análisis de los abundantes desechos de talla (más de 2200) y de los 63 artefactos formalizados (19 puntas de proyectil, 19 preformas, cuchillos y raspadores) recuperados por De Souza (2004) coincide en indicar una fuerte utilización de materias primas locales (*i.e.* calcedonias ~85%). La morfología de las puntas de proyectil halladas en el sitio (*i.e.* de limbo lanceolado con pedúnculo redondeado) resulta muy similar a las halladas en Loa Medio (*i.e.* Confluencia 2) y en el extremo septentrional del Salar de Atacama (*i.e.* Purípica 3) (De Souza 2004)

En cuanto a las ocupaciones representadas por los fogones a cielo abierto puede mencionarse a las ocupaciones más tempranas de la quebrada de Puripica, que incluyen a **Puripica 3/P16** (6460 ± 230 AP), **Puripica 3/P39** (6150 ± 150 AP) y **Puripica 3/P13-14** (6130 ± 80 AP), (Núñez *et al.* 2006). Las mismas han sido caracterizadas por Núñez y colaboradores (2006) como campamentos de baja y mediana densidad en los que se realizaron actividades de consumo de camélidos (94% en P13-14) y reavivamiento de artefactos líticos, presentando puntas de proyectil foliáceas y lanceoladas pequeñas como elementos diagnósticos. Hacia el 6000 AP, Núñez *et al.* (2006) sugieren un cambio en las características de las ocupaciones en la quebrada de Puripica. A partir de esta fecha y hasta el 5000 AP, en lugar de las ocupaciones de baja densidad registradas hasta el momento, comienzan a evidenciarse ocupaciones extensas a cielo abierto de alta densidad representadas por los sitios **Puripica 3/P33** (5880 ± 100 AP) y **Puripica 3/P34** (5130 ± 110 AP) (Núñez *et al.* 2006). Estas ocupaciones muestran ciertas similitudes con las anteriores en cuanto a que dominan la explotación de camélidos de manera casi exclusiva (*i.e.* P33= 99%, P34= 96%) (Yacobaccio 2003), las puntas lanceoladas (en este caso, pequeñas, denticuladas y otras con pedúnculo ancho y aletas) y la presencia de desechos de talla. No obstante, éstas ocupaciones se diferencian al mostrar, en general, una diversidad artefactual mayor (ej. microlitos especializados) relacionada a tareas de caza, faena y manufactura. Asimismo, se registra un incremento notable en la presencia de obsidias (51%) entre las materias primas líticas, en detrimento de sílices (25%) y basaltos (14%), antes más frecuentes.

El estadio “Tulán” se refiere a las ocupaciones en la quebrada homónima, ya mencionada, emplazada en el sector meridional del Salar de Atacama (Núñez 1992). El mismo incluye a los sitios típicos **Tulán 51**, con una fecha de 4990 ± 110 AP (Núñez 1981), un taller superficial con escasos vestigios habitacionales; y **Tulán 52**, con fechas de 4340 ± 95 (Núñez 1981) y 4270 ± 80 AP (Núñez *et al.* 2006), un campamento estructurado con 20-25 recintos circulares aglomerados confeccionados con lajas verticales (Núñez 1992). Varios sectores con microestratos y sellos de arenas eólicas en las secuencias de estos sitios sugieren abandonos estacionales o períodos de baja actividad (Núñez 1992). En cuanto a los artefactos se observa una importante abundancia de la industria de láminas (50% del total del conjunto lítico) y la presencia escasa de puntas lanceoladas pequeñas, y los típicos morteros de agujero cónico del período (Núñez 1992). En relación con la fauna los datos procedentes de Tulán 52, sugieren una notoria escasez de restos de camélidos subadultos, con una presencia abundante de camélidos maduros (*i.e.* 68%, sobre un total de ~85% de camélidos en el sitio), mientras que en Tulán 51 se han registrado al menos 191 restos de ejemplares juveniles (Núñez 1992). Otro sitio asimilable a este estadio es el de **Meniques 1**, que se encuentra ubicado sobre la Playa del actual lago Meniques ($23^{\circ} 45' 22,6''S - 67^{\circ} 47'$

22,4°W) a 4100 msnm (Niemeyer y Schiappacasse 1968, 1976; Núñez 1995). Dicho sitio está constituido por 43 recintos circulares a cielo abierto acompañados por morteros de orificio cónicos en superficie y capa. Las ocupaciones se caracterizan por la presencia de láminas del patrón y materia prima Tulán similares a los registrados en Tulán 52 y por las puntas lanceoladas pequeñas y grandes. Se destaca en el sitio la amplia variedad de cabezales líticos triangulares y tetragonales (Niemeyer y Schiappacasse 1976). Recientemente, la ocupación representada por el nivel IV a sido datado en 5470 ± 60 AP (Núñez *et al.* 2006).

Finalmente, el estadio “Puripica” se ha definido en función de las características del sitio **Puripica 1**, emplazado en la quebrada homónima (uno de estos “oasis” o “refugios ecológicos” existentes durante el Holoceno Medio en la región) donde se han dado “procesos adaptativos” (sic) diferentes a los observados en la costa y la precordillera central de Chile (Núñez *et al.* 2001). Se sugiere además “una transición, en esta área y período, hacia sociedades cazadoras complejas con domesticación de camélidos, arquitectura y sedentarismo entre el 4.800 y el 4.000 AP” (Núñez *et al.* 2001). Según Núñez (1992:296) este estadio: “*parece derivar [...] del estadio anterior en cuanto a que son sincrónicos a nivel de Tulán terminal y Puripica inicial, además de las relaciones artefactuales y residenciales [...] se calcula un total de 30 – 40 estructuras habitacionales y secundarias subyacentes en un espacio menor a los 400 m²*” de Puripica 1, que sugiere que “*[...] tal concentración refleja un alto nivel de estabilidad que estaría apoyado fundamentalmente sobre una relación coherente entre cacería y crianza de camélidos.*” Este sitio presenta cuatro dataciones de 4815 ± 70 AP (Núñez 1992), 4290 ± 60 AP (Núñez *et al.* 2006), 4160 ± 90 y 4050 ± 95 AP (Núñez 1992) vinculadas al “climax ocupacional” (*sensu* Núñez *et al.* 2006) caracterizado por los recintos aglomerados mencionados asociados con densos depósitos de fauna, morteros y manos, bloques con grabados de camélidos naturalistas y con un registro lítico dominado por cuchillos, perforadores, microlitos y puntas foliáceas pequeñas en basaltos locales. La fase final de este estadio estaría vinculada a las primeras ocupaciones de grupos agropastoriles con presencia de registro cerámico, como por ejemplo las presentes en las capas superiores del ya mencionado alero Tulán 67 (capas I, II y III), con una datación de 3640 ± 120 AP (Núñez *et al.* 2006).

Existen numerosos fechados correspondientes a otros sitios con características asociables a los “patrones” Puripica y Tulán, entre ellos es posible mencionar el de **Calarcoco 1** $5120 \pm \text{ND}$ AP (Serracino y Pereyra 1977), los de **Kalina/Morteros 1** 4370 ± 220 y 3950 ± 50 AP (Aldunate *et al.* 1986) y las numerosas dataciones de **Chiu chiu**: RanL 1-18 3675 ± 470 AP, RanL 2-76 3625 ± 85 AP, RanL 4A 4115 ± 105 AP, RanL 92 4565 ± 110 y 4280 ± 170 AP, RanL 133A 4250 ± 105 AP, RanL 140 4530 ± 110 AP, RanL 15140 4500 ± 116 AP (Druss 1977),

VERTIENTE ARGENTINA

Paradójicamente, la evidencia correspondiente a ocupaciones del Holoceno Medio resulta más magra en la vertiente oriental que en la occidental, área para la cual el concepto de “Silencio Arqueológico” fuera acuñado. En este sentido, en la vertiente Argentina la información de ocupaciones de esta cronología se restringe a la procedente de nueve aleros, dos depósitos de restos humanos (*i.e.* varios individuos recuperados por Torres Aparicio de ICc4 y uno por López en el área de Agua Dulce, Pastos Grandes, Salta) y, por ahora, solo un sitio a cielo abierto (*i.e.* Ramadas). Esta es la información que se presenta a continuación.

En la Puna Seca las ocupaciones correspondientes a este período se refieren a las capas 2 y 3 del sitio Hornillos 2, a las ocupaciones y el depósito mortuorio 2 de Pintoscayoc 1, datados respectivamente en 7850 ± 110 AP y 5260 ± 75 AP (Hernández Llosas 2000), al sitio Hornillos 1 y las ocupaciones de la quebrada de Inca Cueva, tanto de la cueva 7 como a los restos humanos de la cueva 4 recuperados por Torres Aparicio (1936).

El sitio **Hornillos 2**, ya descripto, presenta dos dataciones para las ocupaciones de la capa 3 (7760 ± 160 y 7430 ± 80 AP) y otras dos para las de capa 2 (6340 ± 110 y 6130 ± 70 AP) (Yacobaccio *et al.* 2000, 2009). Las observaciones realizadas recientemente sobre la representación relativa de materias primas líticas de capa 2 confirman la tendencia marcada por la capa 4 (c. 8200 AP), con un descenso progresivo en la utilización de materias primas locales hacia el Holoceno Medio a favor de las de mediana y larga distancia (andesita y obsidianas, respectivamente) (Yacobaccio *et al.* 2009). No obstante, cabe mencionar que según datos recientes sobre composición química de las obsidianas, las capas del Holoceno Medio muestran una menor diversidad en las fuentes representadas (Yacobaccio com. pers.). Asimismo, se registra un incremento, tanto en la diversidad de morfologías de los cabezales líticos (tanto lanceolados como triangulares, pequeños y grandes), como en la de otros artefactos y en las técnicas involucradas en su producción (ej. técnicas de extracción de hojas) (Hoguín 2008). En cuanto a las arqueofaunas del sitio, las capas correspondientes a este período (*i.e.* 3 y 2) muestran un incremento notable del consumo de camélidos (76% y 60%, respectivamente) en detrimento de los chinchillidos (19% y 30%, respectivamente).

Muy próximo al alero antecedente se encuentra **Hornillos 1**, una ocupación vinculada al mismo farallón pero a unos 10 metros del alero principal. Si bien los trabajos en el sitio aún se encuentra actualmente en desarrollo, es posible ubicarlo cronológicamente en este período ya que se obtuvo una datación de ~ 3800 AP sobre una fogón asociado a dos fragmentos basales de puntas lanceoladas pequeñas, desechos de talla, cordelería y escasas astillas de fauna.

En **Pintosca yoc 1** las ocupaciones correspondientes al Holoceno Medio son las correspondientes al nivel 5 inferior datado *circa* 7800 AP (ver *supra*) y caracterizado por una menor abundancia de evidencias que en las capas más tempranas, que incluyen puntas lanceoladas grandes acompañando a las triangulares presentes en momentos previos (Hernández Llosas 2000). Las arqueofaunas continúan evidenciando una dominancia de los roedores (56%) sobre los camélidos (43%) (Elkin y Rosenfeld 2001, Hernández Llosas 2000), aunque en proporciones más equilibradas, siguiendo la tendencia registrada en otros sitios de esta cronología sobre el aumento en la abundancia relativa de este último taxón. La evidencia restante para este período está representada por el depósito mortuario 2, fechado de manera directa sobre hueso humano hacia el 5200 AP (ver *supra*). El mismo consiste en un cráneo depositado en un pequeño pozo sin ninguna asociación artefactual o evidencias de uso doméstico vinculables (Hernández Llosas 2000), difiriendo de lo observado en otros enterratorios de cronología comparable ubicados en sitios muy próximos (ej. los restos humanos acompañados por un importante ajuar de ICc4, ver *infra*).

El registro restante para el período está constituido por las evidencias procedentes de dos sitios de la quebrada de Inca Cueva. En primer lugar, **Inca Cueva 7** (IC7) presenta tres episodios de ocupación datados en 4080 ± 90 AP (Aguerre *et al.* 1973, 1975), fecha confirmada por otra más reciente de 4030 ± 80 AP (Aschero y Yacobaccio 1998-1999). Los artefactos líticos recuperados presentan una notable dominancia de materias primas locales como las cuarcitas (41,3%) y sílices (30,4%) en la confección de instrumentos como puntas de proyectil foliáceas pequeñas (N=17, cuarcita 58,8% y sílice 29,4%), fragmentos de puntas foliáceas (N=10, cuarcita 60%) y puntas apedunculadas de limbo triangular corto (N=2, cuarcita y basalto), así como en los desechos de talla (cuarcita 52%, sílices 12%). Los instrumentos incluyen, también, microrraederas, bifaces, artefactos unifaciales y percutores, entre otros. Además se recuperaron diversos instrumentos de hueso y madera, fragmentos de cueros, calabazas, cordelería, cestería y una variedad de redes. Asimismo, se pudieron recuperar diversos ítems vegetales como churqui (*Prosopis ferox*) y algarrobo (*Prosopis* sp.) y un cultígeno: *Lagearia siceraria* (*i.e.* calabaza) (Aguerre *et al.* 1973, 1975). En cuanto a las arqueofaunas recuperadas se observa la presencia de un 50% de restos de camélidos de tamaño grande, asimilables a llama (*Lama glama*) (Yacobaccio 2003).

Finalmente, las únicas evidencias datadas hacia el Holoceno Medio en **Inca Cueva cueva 4** se trata de los restos humanos recuperados por Torres Aparicio en la década del '30, datados de manera directa en 5200 ± 110 AP (Yacobaccio com. pers.).

En la Puna Desértica sólo son asimilables a esta cronología las ocupaciones del Alero Cuevas de las capas F3 y F2, datadas en 6510 ± 80 y 6506 ± 58 AP (F3) y en 4210 ± 70 AP (F2)

(López 2008), los restos humanos de Agua Dulce datados en 3738 ± 46 AP (López 2008, López y Miranda 2007-2008) y las ocupaciones a cielo abierto de Ramadas, para la cual se cuenta con una datación que le confiere una edad mínima de 5210 ± 40 AP (Muscio 2004).

El **Alero Cuevas**, presentado con anterioridad (López 2008), presenta en su capa F3 presenta un reducido número de instrumentos ($N=3$, preformas de punta lanceolada y una punta triangular apedunculada) y desechos de talla ($N=67$) dominadas por materias primas de disponibilidad local (21%) y de mediana distancia (68,65%) (*i.e.* obsidianas de Quirón). En el caso de la capa F2, continúan dominando las materias primas de origen local y de media distancia, aunque en proporciones diferentes, con un aumento de las primeras (49,6%) sobre las últimas (42,8%). En esta capa los artefactos tienden a mostrar una riqueza de clases de instrumentos mayor que en los conjuntos anteriores en relación a la abundancia total de artefactos (López 2008), incluyendo entre ellos preformas y puntas de morfología lanceolada ovalada pequeña y artefactos lanceolados unifaciales. En cuanto a la fauna, tanto la capa F2 como la F3 mantienen una tendencia similar a la del Holoceno Temprano en cuanto a la fuerte preponderancia de camélidos (94,2% y 94,8%, respectivamente) sobre los chinchillidos (5,4% y 5,2% en cada caso) (López 2008).

Por su parte, los **restos humanos de Agua Dulce** recientemente publicados por López (2008) y López y Miranda (2007-2008) corresponden a un individuo masculino de 25 a 30 años, que fuera recuperado en las orillas del salar de Pastos Grandes, Salta, asociado con solo un artefacto (*i.e.* un disco lítico con un orificio central) y algunos desechos de talla.

Finalmente, las ocupaciones más abundantes correspondientes al Holoceno Medio se ubican en la Puna Salada catamarqueña, representadas por las de los componentes medios y superiores de Quebrada Seca 3 (QS3), Peñas de la Trampas 1.1 (PT1.1, ocupación datada en 4210 ± 60 AP), Punta de la Peña 4 (PP4) y los sitios Cueva Salamanca 1 (CS1) y Peña de la Cruz 1 (PCz1). Al respecto Hocsman (2006) ha sugerido que las ocupaciones de este período de QS3 y PCz1 corresponden a ocupaciones definibles como “*campamentos temporarios con énfasis en actividades de caza*”, mientras que CS1 “*sería una base residencial de las mismas características de las anteriores pero más duradera*”. La información de QS3, CS1 y PP4 se describe a continuación, mientras que la del resto de los sitios (*i.e.* PCz1 y PT1.1) no se ha incluido debido a que la información publicada por el momento es escasa por encontrarse aún bajo análisis.

Los componentes del Holoceno Medio de **Quebrada Seca 3** pueden ser divididos en dos grupos de capas, las primeras datadas entre el c. 7800 y el 6000 AP (*i.e.* Nivel Medio: capa 2b14 en 7350 ± 80 AP y 8670 ± 350 AP, capa 2b13 en 7760 ± 80 -AP, capa 2b11 en 7130 ± 110 AP y 6490 ± 100 AP; capa 2b10 en 6080 ± 70 AP y capa 2b9 en 7220 ± 100 AP) (fechas tomadas de

Martínez 2003) y otras del 5400 al 4400 AP (*i.e.* Nivel Superior: capa 2b5 en 5380±70 AP, 2b3 en 4770±80 AP, 2b2 con tres fechas en 4930±110, 4510±100 y 4410±60 AP, esta última en un hueso humano; y 2b1 con una fecha de 5400±90 AP) La evidencia lítica recuperada del Nivel Medio apunta a un repertorio diverso de artefactos que incluyen una abundancia notable (N=132) de cabezales líticos diferentes. Entre los tipos morfológicos que pudieron ser identificados, Martínez (2003) incluye 11 del tipo QSB⁴ (16%, capas 2b14 y 2b12), 32 del QSC⁵ (47%, 2b13 a 2b9) 19 del QSD⁶ (28%, 2b11 a 2b9) y 6 PCzA⁷ (8%, 2b10 y 2b9). En cuanto al material lítico del Nivel Superior, Hocsman (2006) indica la presencia de cabezales pertenecientes tanto a los tipos morfológicos pedunculados QSB, QSF⁸, PChC⁹ y PPB¹⁰, como a los apedunculados PChF¹¹ y PCzA. La evidencia de uso frecuente de materias primas alóctonas en el sitio no se restringe a los materiales líticos de los niveles superiores (Pintar 1996), sino que también se incrementa notablemente la presencia de restos de plantas exóticas como *Chusquea lorentziana*, *Prosopis torquata*, *Acromia totai* y *Bambusa quadra* procedentes de las tierras bajas (Rodríguez 1998). En cuanto a las arqueofaunas, los datos disponibles para el Nivel Medio (*i.e.* 8400-5200 AP) y Superior (*i.e.* 5200-4000 AP) de QS3 confirman la tendencia de momentos previos sobre un consumo dominante de camélidos (91,8% y 94%, respectivamente) (Yacobaccio 2003).

Cueva Salamanca 1 (CS1) (26° 01' 22", 67° 15' 23", 3665 msnm) se trata de un alero que ha comenzado a ser trabajado recientemente por Pintar que presenta cuatro niveles ocupacionales fechados hacia el Holoceno Medio (*i.e.* nivel 2 6250±70 AP, nivel 4 7500±60 AP, nivel 5 7550±60 AP y nivel 7 7620±60 AP) (Pintar 2004). Entre el material lítico recuperado del sitio la autora presenta como rasgos distintivos la presencia de puntas de proyectil de los tipos QSC (*i.e.* lanceoladas con pedúnculo esbozado, bordes paralelos rectos, base escotada y limbo de bordes dentados) y QSD (*i.e.* similares a la anterior pero más delgadas) propuestos por Martínez (2003) y la fuerte dominancia de materias primas de origen local (Vv1 y Vv2). El sitio también evidencia consumo de camélidos y vegetales como tubérculos, fabáceas y *Lagenaria siceraria*.

⁴ Pedúnculo destacado, limbo triangular corto, borde normal o dentado y aletas entrantes u hombros (Martínez 2003).

⁵ Pedúnculo esbozado con bordes paralelos rectos y base escotada, limbo lanceolado y bordes dentados (Martínez 2003).

⁶ Variante delgada de QSC (Martínez 2003).

⁷ Apedunculada de limbo lanceolado, bordes normales o dentados y base convexa (Martínez 2003).

⁸ Pedúnculo esbozado o destacado y hombros de base convexilínea semicircular y limbo triangular (Hocsman 2006).

⁹ Pedúnculo destacado y aletas entrantes rectas u obtusas, limbo lanceolado o triangular y base rectilínea (Hocsman 2006).

¹⁰ Pedúnculo destacado y hombros, limbo triangular de bordes convexos y base convexilínea (Hocsman 2006).

¹¹ Apedunculada lanceolada de bordes subparalelos y base convexilínea atenuada (Hocsman 2006).

El alero **Punta de la Peña 4** (PP4) se encuentra ubicado a 3650 msnm en el curso medio inferior del río Las Pitas, obteniéndose de sus ocupaciones cinco fechas correspondientes al Holoceno Medio: 4560±60 AP (capa 6(3)), 4100±160 AP (capa 5(6)2), 4060±90 AP (capa 4b(1)), 3870±90 AP (capa 4a) y 3820±100 (capa 3x) (Hocsman 2006). Las capas correspondientes al segundo momento de ocupación¹² del alero, representado por las capas 6 y 5(6) (*i.e.* 4600-4000 AP), muestran importante variedad de raspadores, raederas, cuchillos y puntas de proyectil que muestran relaciones tipológicas con las capas 18 a 14 de Quebrada Seca 3 (Hocsman 2006). Las capas restantes mencionadas (*i.e.* c. 4000-3800 AP) corresponden según Hocsman (2006) a un tercer componente en el que se presentan densidades muy altas de artefactos líticos relacionados a estructuras de piedra de planta circular. Las morfologías descritas por Hocsman (2006) para los cabezales líticos recuperados de PP4 incluyen aquellos con pedúnculos destacados y limbo lanceolado o triangular (tipos morfológicos QSB, *sensu* Martínez 2003, y PChA, PChB y PChC, *sensu* Hocsman 2006), puntas apedunculadas lanceoladas de bordes paralelos (tipo morfológico PChF, Hocsman 2006), cabezales apedunculados triangulares (tipo morfológico PCG, Hocsman 2006) y con pedúnculo destacado y hombros o aletas entrantes y limbo lanceolado o triangular (tipos morfológicos PPA, PPB y PPC, Hocsman 2006).

SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN PROCEDENTE DE LAS OCUPACIONES PRESENTADAS

En las líneas que siguen se resume la información central presentada en los apartados anteriores, fundamentalmente en lo referente a las dataciones radiocarbónicas citadas, las proporciones de camélidos en los registros arqueofaunísticos y de materias primas locales en los registros líticos y la morfología de los cabezales líticos presentes en los sitios descriptos. Asimismo, se mencionan los criterios utilizados en cada caso para realizar las síntesis y las observaciones principales que se desprenden de ellas.

ANÁLISIS DE LAS SERIES DE DATACIONES RADIOCARBÓNICAS

En el caso de las dataciones, las mismas fueron calibradas con el programa Calib rev. 5.0.1 en años cal. BP¹³ (AP) (ver TABLAS 1 y 2 del ANEXO DEL CAPÍTULO 2) y graficadas (GRÁFICOS 1 y 2 del

¹² En virtud que existe una primera ocupación entorno al 8900 AP ya mencionada.

¹³ Las fechas han sido calibradas con la curva de Intcal04.14c (Reimer *et al.* 2004) y el error de laboratorio tratado como varianzas acumulativas

ANEXO DEL CAPÍTULO 2) segregando las pertenecientes a una y otra vertiente de la cordillera, así como a las correspondientes al Holoceno Temprano y Medio. Asimismo, se presenta a continuación la FIGURA 2.2, resultante de la aplicación del cálculo de la suma de las probabilidades a 2 sigma de las 128 dataciones citadas (y segregadas las 69 pertenecientes a la vertiente argentina y las 59 a la chilena) con el fin de constatar la presencia de hiatos en los fechados (resaltados con rectángulos) y estimar las intensidades de ocupación durante diferentes períodos, tanto regionalmente como en cada una de las vertientes de la cordillera.

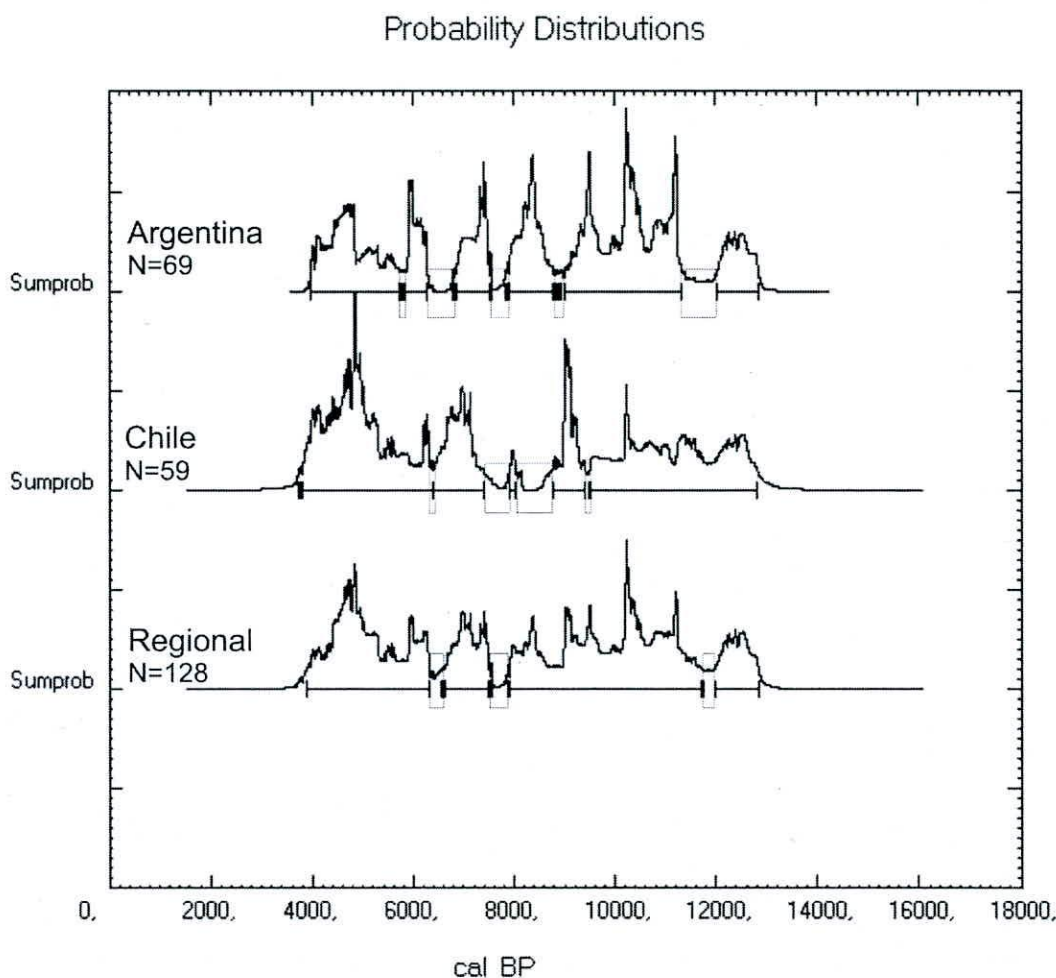


FIGURA 2.2. Suma de las probabilidades por vertiente de la cordillera y regional (general) de las 128 dataciones citadas en los apartados anteriores.

Lo primero que se observa a partir del gráfico de la suma de las distribuciones probabilísticas de las dataciones es la presencia de una mayor abundancia de hiatos tomando cada una de las vertientes por separado que en el “pool” regional de fechas. Asimismo es notable la presencia de cuatro hiatos próximos en la serie chilena, dos de ellos considerablemente extensos, entre el 10.000 y 6200 cal. BP (*i.e.* 8200 – 5700 AP aprox.), compatibles con la idea del “Silencio

Arqueológico del Holoceno Medio” aunque restringido a la primera mitad del mismo. En la vertiente argentina, en cambio, se presentan 5 hiatos, el más importante durante la transición Pleistoceno - Holoceno Temprano -entre el 12.200 y 11.400 cal BP (entre el 10.600 y 9800 AP aprox.)- y los cuatro restantes más restringidos que éste (y que los registrados en Chile) y distanciados de manera más o menos regular durante el Holoceno Medio, entre el 9000 y 5600 cal. BP. Finalmente, la observación más interesante realizable a partir de esta figura atañe a que buena parte de estos hiatos del Holoceno Medio parecen compensarse con un aumento en la intensidad de ocupaciones en la vertiente opuesta, reduciéndose así la duración y cantidad de hiatos en la serie regional, en la que se registran solo dos breves (*i.e.* no superan los 400 años), uno entre el 8000 y 7600 cal. BP (alrededor del 7100 AP aprox.)- y el otro entre 6600 y 6200 cal. BP (alrededor del 5800 AP aprox.).

SÍNTESIS DE LOS RESTOS ARQUEOFAUNÍSTICOS

En este caso los datos de abundancias relativas del NISP de camélidos en los registros arqueofaunísticos se tabularon (ver FIGURA 2.3, a continuación), para los sitios/las capas en los que este dato estuvo disponible, segregando aquellos que corresponden a ocupaciones del Holoceno Temprano de los correspondientes al Holoceno Medio. Asimismo, los datos fueron separados por vertiente, extrayendo el valor medio y desvío estándar de la abundancia relativa para cada uno de los casos.

A partir de esta síntesis pueden realizarse tres observaciones preliminares. En primer lugar, es notable el aumento en la abundancia relativa de camélidos (*i.e.* casi al doble) en los sitios del Holoceno Medio, así como la reducción en su variabilidad inter-sitio. En segundo lugar, cabe mencionarse que en ambos períodos la abundancia relativa y su variabilidad inter-sitio resulta menor en las ocupaciones de la vertiente chilena que en las de la argentina. Finalmente, si bien la información sobre sitios a cielo abierto se encuentra notablemente disminuida en relación a la procedente de aleros y cuevas (*i.e.* son minoritarios y procedentes exclusivamente de la vertiente chilena), es notable que la abundancia relativa de camélidos individual para cada sitio a cielo abierto tiende a ser similar a los valores medios registrados en la vertiente correspondiente.

AP	Sitio	Tipo de sitio	Camélidos NISP%	Media por vertiente Andina	DS por vertiente Andina	Media general Camélidos	DS general Camélidos
10000 - 8000	Tuina 1	Alero	61	50.1	23.1	46.9	26.5
	San Lorenzo 1	Alero	7				
	Tuina 5 capa IV	Alero	49				
	Tambillo 1	Cielo abierto	47.6				
	Tuán 67 V	Alero	72				
	Tuán 67 VI	Alero	64				
	Homillos 2 capa 6d	Alero	23.5	45.3	29.0		
	Homillos 2 capa 6c	Alero	21.1				
	Homillos 2 capa 6b	Alero	26.7				
	Homillos 2 capa 6a	Alero	36.6				
	Homillos 2 capa 6	Alero	42.7				
	Homillos 2 capa 5	Alero	51.7				
	Homillos 2 capa 4	Alero	60.7				
	Inca Cueva 4 capa 2	Alero	10				
	Pintosayoc 1 capa 6	Alero	12				
	Huachichocana 3 E3	Alero	87				
	Alero Cuevas F4	Alero	91.1				
Quebrada Seca 3 Nivel inferior	Alero	81					
8000-3500	Puripica 13-14	Cielo abierto	94	90.1	9.3	81.1	18.9
	Puripica 3 33	Cielo abierto	99				
	Puripica 3 34	Cielo abierto	96				
	Puripica 1	Cielo abierto	76.3				
	Tuán 52	Cielo abierto	85				
	Homillos 2 capa 3	Alero	76.2	75.5	21.6		
	Homillos 2 capa 2	Alero	60				
	Pintosayoc 1 capa 5	Alero	43				
	Inca Cueva 7	Alero	50				
	Alero Cuevas F3	Alero	94.8				
	Quebrada Seca 3 Nivel Medio	Alero	91.8				
	Alero Cuevas F2	Alero	94.2				
	Quebrada Seca Nivel superior	Alero	94				

FIGURA 2.3. Abundancias relativas NISP de camélidos en los sitios revisados y valores medios y desvíos estándar segregados por vertiente.

DIVERSIDAD DE CABEZALES LÍTICOS Y REPRESENTACIÓN DE MATERIAS PRIMAS

La diversidad de cabezales líticos fue sintetizada gráficamente en función de los tipos morfológicos generales más frecuentemente mencionadas. La FIGURA 2.4 se trata de una síntesis gráfica que muestra la presencia de cada una de los tipos morfológicos en cada vertiente de la cordillera sobre una línea de tiempo con unidades de mil años. El criterio utilizado para definir su presencia fue la existencia de al menos una mención de cada morfología en cada bloque de mil años en los sitios datados reseñados¹⁴.

¹⁴ Cabe aclarar que es posible que la presencia de la morfología “acorazonada” tipo Tambillo definida en Chile, esté enmascarada en la vertiente Argentina dentro de las “triangulares tempranas” ya que esta morfología particular no suele segregarse de las anteriores en esta vertiente, incluyéndose indistintamente dentro de esta categoría tanto las de base recta como las de base escotada.

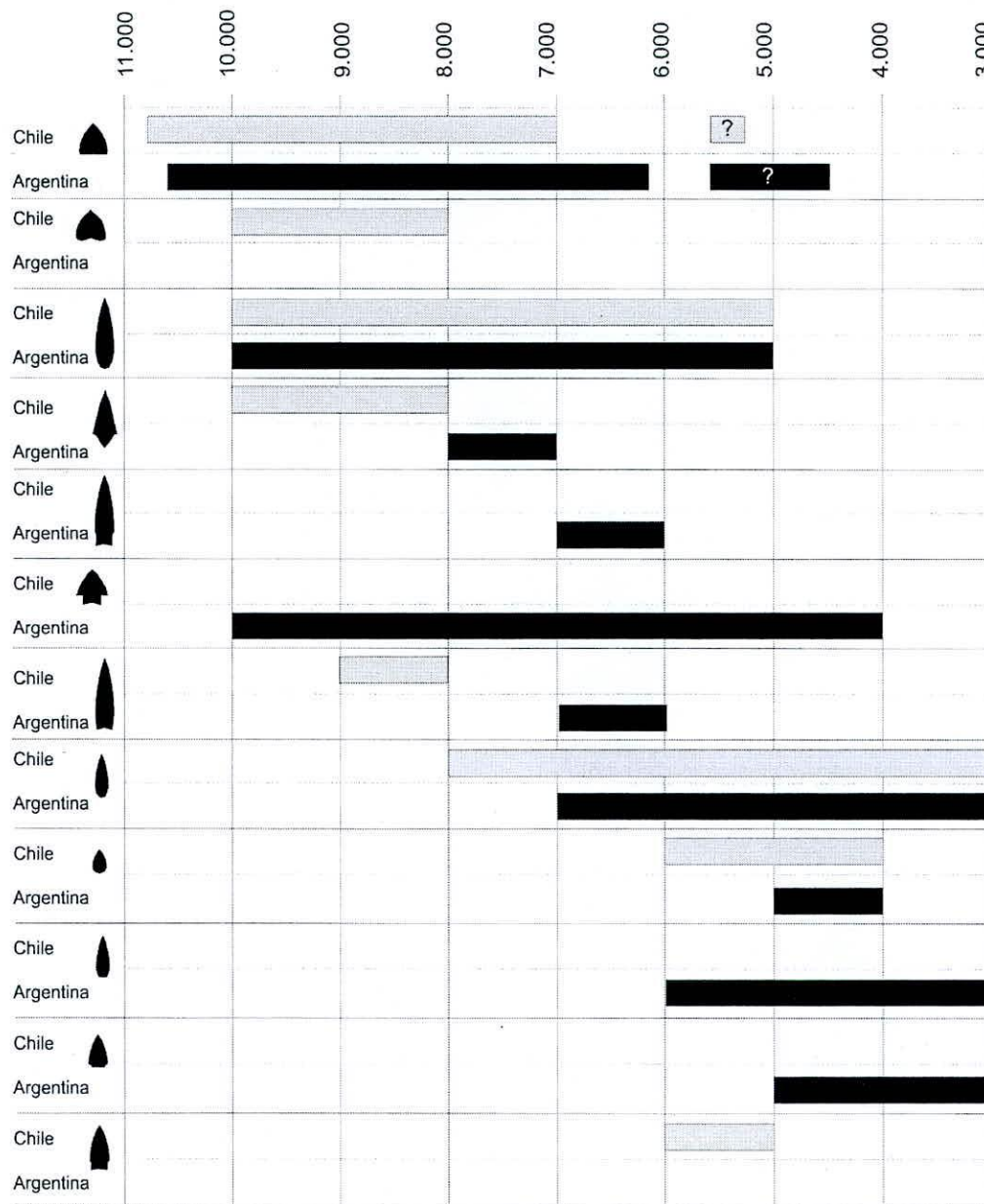


FIGURA 2.4. Presencia cronológica de los tipos morfológicos más frecuentes de cabezales líticos segregados por vertiente Andina.

Como se puede apreciar en la FIGURA 2.4, los tipos morfológicos de cabezales triangulares (tipo Tuina *sensu* Núñez 1992), lanceolados grandes (similares al tipo PCzA de Martínez 2003) y pequeños (tipo Puripica *sensu* Núñez 1992) se manifiestan como ítems con una presencia cronológica amplia, al menos durante 5000 años, en ambas vertientes de la cordillera. No obstante, las puntas lanceoladas pequeñas solo son frecuentes a partir de los 8000-7000 años AP, mientras que triangulares y lanceoladas grandes son abundantes desde las ocupaciones más tempranas de la Puna. Un cuarto tipo, el pedunculado de base escotada y limbo triangular tipo QSB (*sensu* Martínez 2003), también muestra una presencia cronológica extendida pero geográficamente restringida al área de la Puna Salada. Otros tipos morfológicos restringidos

geográficamente a la Puna Salada, y en este caso también cronológicamente al Holoceno Medio, son las puntas lanceoladas pedunculadas grandes (tipo QSC *sensu* Martínez 2003) y las lanceoladas de base escotada (tipo QSD *sensu* Martínez 2003) (salvo la mención de morfología similares a QSC más tempranas en Chile). Otras morfologías más tardías de distribución espacial limitada a Antofagasta de la Sierra son los cabezales lanceolados pequeños de base recta y los de limbo triangular, pedúnculo destacado y hombros (característicos de Peñas Chicas *sensu* Hocsman 2006, anteúltima y antepenúltima de la FIGURA 2.5, respectivamente). Dos casos especiales son los de los cabezales tetragonales tipo San Martín (*sensu* Núñez *et al.* 2006) y los lanceolados pequeños cortos ovales que muestran una amplia dispersión espacial en Chile y una presencia restringida espacialmente y más tardía en Argentina (8000-7000 AP y 5000-4000 AP, respectivamente). Finalmente, lo que se observa más claramente a partir de ambas figuras es la mayor diversidad y menor dispersión espacial de los tipos morfológicos de cabezales líticos hacia el Holoceno Medio.

En el caso de la representación de materias primas líticas la información se resumió en una tabla (FIGURA 2.5), de manera similar a las arqueofaunas, en donde figura la abundancia relativa de materias primas locales en cada uno de los sitios en que esta información estuvo disponible, sus valores medios y desvíos estándar segregados por período y vertiente. Estos valores proceden generalmente de las proporciones correspondientes a los desechos de talla, aunque se han incluido algunos casos en donde no se discrimina desechos de artefactos para establecer dichas proporciones. Se han tomado ambos casos indistintamente ya que se considera que siendo los artefactos, en general, mucho más escasos que los desechos en los sitios estudiados, no introducen modificaciones sustanciales en las proporciones mencionadas. Los valores de materias primas de media y larga distancia no fue incluida en este caso por presentarse en general de manera más fragmentaria y debido a la disparidad de criterios en la definición de estas dos categorías. De todas formas, se considera que el análisis de la abundancia de materias primas locales en los sitios resulta un dato de interés que unido a la presencia de materias primas alóctonas en casos particulares será útil a la hora de evaluar los modelos teóricos sobre ciertos patrones organizativos de cazadores recolectores que se mencionan en el próximo capítulo.

AP	Sitio	Tipo de Sitio	MP Locales %	Media por vertiente MP locales %	SD por vertiente	Media general MP locales %	SD general MP locales
10000-8000	Chulqui 1	Alero	85	82.3	16.2	54.1	23.6
	Pescador	Alero	65				
	Tuyaito 1B	Cielo Abierto	97				
	Hornillos 2 Capa 6d	Alero	46	44.7	17.3		
	Hornillos 2 Capa 6c	Alero	48				
	Hornillos 2 Capa 6b	Alero	47				
	Hornillos 2 Capa 6a	Alero	53				
	Hornillos 2 Capa 6	Alero	43				
	Hornillos 2 Capa 5	Alero	34				
	Hornillos 2 Capa 4	Alero	28				
León Huasi 1	Alero	81.7					
Alero Cuevas F4	Alero	21.2					
8000-3500	Toconce-Confluencia	Alero	81	67.8	33.8	58.84	30.3
	Huiculunche	Alero	15				
	Punta Brava	Alero	98				
	La Damiana	Alero	99				
	Tulán 67	Alero	75				
	Puripica 3 33 y 34	cielo abierto	39				
	Inca Cueva 7	Alero	71.7	45.4	21.1		
Alero Cuevas F2	Alero	49.6					
Alero Cuevas F3	Alero	21.1					
Hornillos 2 capa 2	Alero	39					

FIGURA 2.5. Abundancia relativa, medias y desvíos estándar de materias primas líticas locales segregadas por período y vertiente.

Según se observa en la tabla, en términos generales, pueden destacarse dos cuestiones. En primer lugar, no pareciera registrarse un cambio notable en la proporción de materias primas locales entre los sitios del Holoceno Temprano y Medio. Lo que si resulta evidente -a partir de los desvíos estándar- es una mayor diversidad en la representación de dichas materias primas hacia el Holoceno Medio. El otro hecho destacable es la mayor proporción media de estas materias primas en las ocupaciones de la vertiente chilena durante ambos períodos

ASPECTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS: ESCALAS DEL CAMBIO AMBIENTAL Y SU IMPACTO EN SOCIEDADES CAZADORAS-RECOLECTORAS DE ÁREAS DESÉRTICAS

CAPÍTULO

3

INTRODUCCIÓN

La interacción entre las sociedades y el ambiente que las rodea ha sido discutida en la literatura antropológica y arqueológica a lo largo de los últimos 50 años (*i.e.* Baker 1962; Dincauze 2000). Hasta la década del '70 el estudio de esta relación estuvo signada por una visión determinista en la cual las características ambientales y la disponibilidad de recursos permitía establecer mecánicamente la forma de vida de las sociedades (ver revisión en Trigger 1971). Esa visión simplista ha sido discutida ampliamente -y progresivamente abandonada- por la comunidad científica, generando un aumento de la complejidad y utilidad de los conceptos involucrados en el análisis de esta relación (Messerli *et al.* 2000, Brenner *et al.* 2001).

La visión actual más generalizada propone que las condiciones climáticas y ecológicas proveen el contexto en que los grupos humanos toman decisiones, por lo que deben ser incorporadas en la construcción de hipótesis y modelos arqueológicos (Jones *et al.* 1999, Sandweiss *et al.* 1999). Desde esta perspectiva, el estudio de las relaciones entre las sociedades y los ambientes a lo largo del tiempo parte de que el ambiente no determina la organización social de los grupos humanos, sino que fija el escenario al que los grupos humanos deben adaptarse, estableciendo límites definidos al rango de estrategias sociales que pueden ser seleccionadas y utilizadas por los grupos humanos (Dearing 2006, Leroy 2006). Así, varios estudios arqueológicos y etnográficos han intentado abordar la relación entre distintos aspectos organizativos de grupos cazadores-recolectores, pastores y sociedades agrícolas y parámetros ambientales determinados como la humedad efectiva y la biomasa primaria y secundaria (ej. Binford 2001, Marlowe 2005). El estudio de estos vínculos parte del supuesto de que el conocimiento de estos parámetros permite estimar la abundancia y distribución especio-temporal de los recursos, que es un pre-

requisito básico para el estudio de las decisiones humanas y los procesos de cambio social. Es en este sentido que las decisiones humanas vinculadas a seguir moviéndose o asentarse en un punto particular del paisaje, a invertir en almacenamiento o controlar el proceso reproductivo de animales y/o plantas útiles para la subsistencia, dependen parcialmente de la abundancia, distribución y predicibilidad de los recursos (Morales *et al.* 2009).

Esta perspectiva resulta particularmente pertinente en lo que concierne a la metodología de la presente tesis, en la que los estudios paleoambientales no se limitan a ofrecer un escenario determinado al que la información arqueológica debe acoplarse, sino que a partir de la definición de los límites impuestos por el ambiente, se establece el espectro de estrategias pasibles de ser aplicadas ante estas condiciones para evaluarlas y discutir las, posteriormente, con el registro arqueológico disponible en el área.

Tomando en cuenta lo mencionado hasta aquí, resulta clara la razón por la cual se han seleccionado definiciones operativas y herramientas metodológicas procedentes de diversos marcos teóricos -que incluyen a la Arqueología Ambiental (Dincauze 1987, 2000), la Ecología Humana (Butzer 1982), la Ecología Evolutiva (Kelly 1995, Winterhalder y Smith 1992, entre otros) y las nuevas formulaciones de la Arqueología Procesual (*i.e.* Binford 2001)- que se integran en una perspectiva ambiental amplia destinada a sentar las bases teóricas sobre las cuales se generan las expectativas arqueológicas derivadas del modelo paleoambiental mencionado. En los apartados que siguen, se detallan estas definiciones y herramientas metodológicas y se resume una serie de consideraciones teóricas que constituyen el punto de partida de los modelos e hipótesis que son el objeto principal de esta tesis

CONCEPTOS GENERALES

Como ha mencionado Butzer (1982), en biología la organización de la biosfera es frecuentemente expresada en términos de niveles verticales y horizontales. Los niveles verticales están constituidos por los genes, en primer lugar, pasando sucesivamente por la célula, el organismo, la población y la comunidad hasta llegar, finalmente, al ecosistema. Mientras que una población comprende a un grupo de individuos de una misma especie, la comunidad incluye a todas las poblaciones que ocupan un área determinada. El ecosistema, por su parte, está conformado tanto por la comunidad como por el ambiente físico en que ella funciona (Butzer 1982).

En términos de la organización vertical, la tierra puede ser dividida en biomas, que pueden definirse como grupos de animales y plantas distintivas que usualmente viven en un amplia área

climáticamente uniforme en una escala continental (Watts 1971, Huggett 1991). Los biomas incluyen un número ilimitado de hábitats que se superponen parcialmente. Finalmente, la transición, en términos espaciales, entre dos o más comunidades diferentes se define como “ecotono” (Odum 1971).

Ahora bien, los ecosistemas humanos difieren de la mayoría de los ecosistemas biológicos en el importante rol que desempeñan la información, la tecnología, la organización social y, fundamentalmente, por las capacidades de los individuos y/o los grupos humanos de comportamientos volitivos (Butzer 1982).

Si tomamos la definición de hábitat de Abercrombie *et al.* (1966), como el ambiente físico que rodea, influencia y utiliza la población de una especie, resulta clara la razón por la que Binford (2001) incluye en el concepto de hábitat humano variables ambientales tales como la temperatura, las precipitaciones, la biomasa y la diversidad de especies, presentes en un espacio determinado. Desde la perspectiva de la Arqueología Ambiental, Dincauze (2000) sugiere que la importancia de estudiar los hábitats radica en que éstos presentan problemas y oportunidades diferentes para los organismos -incluyendo a la especie humana- a lo largo del tiempo y el espacio.

Tomando como punto de partida la importancia que el hábitat tiene para los grupos humanos, es necesario mencionar una serie de consideraciones sobre la manera en que es posible estudiar los hábitats en que los grupos humanos vivieron en el pasado. Para esto, es necesario, discutir la manera en que son definidos otros conceptos clave de esta tesis vinculados al de hábitat: el clima, el ambiente y sus cambios.

CLIMA, AMBIENTE Y CAMBIO

Es frecuente hallar en la literatura arqueológica el uso alternativo de los conceptos de clima y ambiente (o paleoclima y paleoambiente) como sinónimos. Asimismo, suele ser ambiguo el significado otorgado a los conceptos de cambio climático y/o cambio ambiental. Dado que en esta tesis estas acepciones contienen significados particulares en cada caso, es necesario discutir y definir estos conceptos.

Por “clima” se entiende una serie de valores estadísticos medios sobre los elementos del “tiempo” atmosférico -como la temperatura, humedad, presión, vientos y precipitaciones- en un área y período determinado (Strahler 1962, Trewartha 1955). Esta definición de clima incluye, además, a los patrones y mecanismos de la circulación atmosférica responsable de esos valores medios y de su variabilidad durante lapsos determinados. “Cambio climático”, por su parte, es la

modificación del clima en diversas escalas de tiempo con respecto al historial climático de un área determinada en una escala global o regional, pudiendo deberse tanto a causas naturales (Crowley y North, 1988) como antropogénicas (Oreskes, 2004). Esta definición implica, como han mencionado Grosjean *et al.* (2003), que el estudio del estado (o cambio) del clima debe considerar siempre los valores medios (tendencias centrales) de cualquier parámetro, incluyendo la tendencia y variabilidad periódica (o cuasi periódica), la variabilidad de alta y baja frecuencia y los eventos raros y extremos que conforman el rango completo de complejidad del clima.

En cuanto al concepto de ambiente, si bien existen diferentes definiciones, siempre resultan más inclusivas que las de clima, ya que este último es solo una parte constitutiva del mismo. Por ejemplo, para la teoría general de sistemas, el ambiente es un conjunto de factores externos que actúan sobre un sistema y determinan su curso y su forma de existencia. Otras definiciones (ej. Dincauze 2000) se refieren al ambiente como al entorno que afecta y condiciona las circunstancias de vida de las especies y/o sociedades, incluyendo tanto a elementos naturales como el ambiente físico (ej. geografía, geología, clima, hidrografía, etc.) y el biológico (flora y fauna), como el ambiente socio-cultural (ej. demografía, tecnología, etc.) existentes en un lugar y un momento determinado. En este mismo sentido, Smith y Winterhalder (1992) entienden al ambiente como todo lo externo al organismo que influye en su probabilidad de supervivencia y reproducción, considerándolo una esfera dinámica, compuesta tanto por el ambiente físico como el social, susceptibles de modificarse mutuamente. Esto último toma particular importancia dentro de la especie humana, que a diferencia de otras especies animales, puede alterar su ambiente de manera intencional, modificando intensamente numerosos aspectos del mismo.

El concepto de “cambio ambiental”, por su parte, hace referencia a un cambio relativo en diferentes dimensiones ya que, por un lado, depende de las condiciones ambientales previas y/o posteriores y, por el otro, a que en él se incorporan valores culturales, la tecnología, la demografía y las escalas (Dincauze 2000). En este sentido, la variabilidad implicada en el cambio ambiental exhibe una estructura particular espacio-temporal y una intensidad relativa que determinan la amplitud y severidad del problema con que una determinada sociedad debe lidiar (Halstead y O’Shea 1989). Así, si bien la variabilidad ambiental suele generar condiciones que implican diferentes tipos de respuestas por parte de los grupos humanos, los mismos pueden generar mediante algunas de sus estrategias un impacto de rango variable, en cuanto a intensidad y duración, en el ambiente.

Tomando en cuenta estas definiciones ¿A que se refieren los conceptos de paleoclima y el paleoambiente en esta tesis? El concepto de “paleoclima”, se refiere a los valores estadísticos medios y los mecanismos de circulación atmosférica que generaron tales valores en el pasado. Al

abordar el concepto de “paleoambiente” es necesario realizar una aclaración en cuanto a su uso en este volumen. Si bien, como se ha mencionado, este término se refiere tanto al medio físico como el social, en esta tesis por “paleoambiente” se entiende solo al medio físico en que una población se desarrolló en el pasado, incluyendo el clima, la flora, la fauna, la geografía e hidrografía. Como se podrá observar, con esta definición que excluye al medio social, el ambiente es asimilable con el hábitat de una población (ver *supra*). La decisión de excluir el medio social de la definición de ambiente no se debe a razones teóricas, que son compartidas, sino a un recorte analítico debido a razones operativas.

Entonces, en términos de las definiciones propuestas, un cambio paleoclimático determinado implica, forzosamente, cambios en el hábitat (o ambiente) de una población en el pasado, mientras que un cambio paleoambiental no involucra necesariamente un cambio paleoclimático. A continuación se explora en profundidad esta relación.

CAMBIO AMBIENTAL Y SUS ESCALAS

Existe una serie de variables que caracteriza un cambio climático particular y que define su impacto en el hábitat de una población dada. Estas variables son la intensidad, duración, frecuencia y extensión de un cambio climático. Las características de estas variables, a su vez, establecen el tipo de impacto ejercido por los cambios climáticos sobre los patrones organizativos de las poblaciones humanas. Los cambios climáticos intensos, breves, aislados y acotados espacialmente, denominados cambios de corto plazo -como un evento de inundación o sequía-, tienden a generar respuestas coyunturales y transitorias, como la relocalización temporal de una población (Dincauze 2000, Oliver-Smith 1996, Piovano *et al.* 2006). Por el contrario, los cambios climáticos de largo plazo, usualmente de menor intensidad, prolongados en el tiempo, graduales y espacialmente extensos (ej. cambios en la insolación o los regímenes de precipitaciones de una región), modifican sustancialmente el hábitat de los grupos humanos durante el transcurso de un gran número de generaciones, produciendo un profundo impacto en la evolución y organización de las sociedades (Sandweiss *et al.*, 1999; Dincauze, 2000). Al respecto, Winterhalder y Smith (1992) sugieren que la magnitud de variabilidad en el ambiente de un organismo permite esperar una variabilidad de orden semejante en las expresiones comportamentales del mismo.

Ahora bien, para evaluar las características mencionadas del cambio climático y ambiental en el pasado, es necesario abordar el problema metodológico vinculado a las escalas espacio-temporales que reflejan las señales de los archivos paleoambientales estudiados.

Al respecto, frecuentemente se parte de la premisa de que los diferentes archivos ambientales que se pueden estudiar en una secuencia sedimentaria, registran diferentes facetas del tiempo y el clima (Grosjean *et al.* 2003) incluyendo, además, información sobre otros parámetros o grupos de parámetros ambientales (flora, fauna, etc.) en diferentes escalas de tiempo y espacio. Consecuentemente, es frecuente que se asuma que la escala de la señal paleoambiental de un archivo particular es el resultado de la propia escala de los *proxies* involucrados en su estudio (*i.e.* datos de aproximación, ver Dincauze 1987) (además, obviamente, de la derivada del intervalo de muestreo) (Dincauze 2000). Por ejemplo, los estudios polínicos generan información paleoambiental de alta resolución cronológica pero, en general, de baja resolución espacial. En cambio, la información generada mediante el estudio del contenido de fecas (o *pellets*) de roedores genera señales paleoambientales de alta resolución cronológica y espacial. Como ilustración de las escalas espacio-temporales sugeridas para los *proxies* más frecuentemente mencionados en esta tesis puede consultarse la FIGURA 3.1(A).

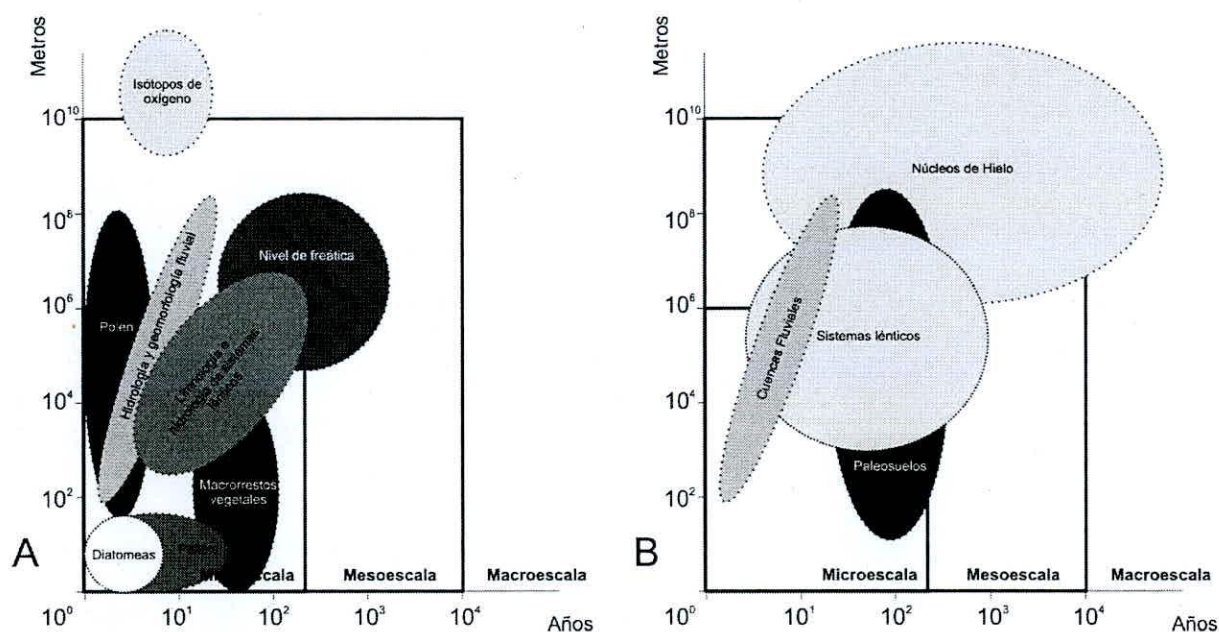


FIGURA 3.1. A) Potenciales escalas espacio-temporales de la señal paleoambiental obtenida a partir de *proxies* particulares (basado en Dincauze 2000); B) Potenciales escalas espacio-temporales de la señal paleoambiental obtenida en cada tipo de sistema (basado en Grosjean *et al.* 2003, Olivera *et al.* 2004)

Lo que suele ser considerado de manera menos frecuente es que existe otro nivel de escalas espacio-temporales que intervienen en la composición de la señal paleoambiental resultante del estudio de una secuencia sedimentaria particular: la del sistema que se encuentra bajo análisis. Al respecto, la capacidad de amortiguación, el tiempo de respuesta y la forma en que lo hace un sistema particular son sistema-específicos y no lineales (Grosjean *et al.* 2003). A modo

de ejemplo, los paleosuelos y niveles regionales de freática responden muy lentamente a las variaciones climáticas, reflejando las condiciones promedio de estos sistemas con una resolución temporal muy baja. Esto significa que este tipo de registros presentan una resolución temporal centenaria a milenaria, reflejando solo la variabilidad climática de baja frecuencia. En contrapartida, los sedimentos de lagos y salares, particularmente cuando se tratan de sistemas pequeños y/o endorreicos, presentan una mayor resolución cronológica (*i.e.* décadas a siglos) y reflejan la variabilidad climática de alta frecuencia. Para ilustrar la resolución de la información que puede obtenerse en los diferentes sistemas puede consultarse la FIGURA 3.1 (B).

De lo dicho anteriormente se desprende que a la hora de interpretar cualquier registro paleoambiental es necesario evaluar tanto la escala de los proxies involucrados en el estudio como las escalas propias del sistema estudiado. Solo así se vuelve posible inferir la escala espacio-temporal de la señal paleoambiental resultante y, consecuentemente, establecer los vínculos con cambios climáticos particulares.

CAMBIO AMBIENTAL Y ESTRUCTURA DE RECURSOS

Entonces, tomando en cuenta lo antedicho, los cambios ambientales se expresan en diferentes escalas espacio-temporales que producen impactos de diferente naturaleza en las trayectorias evolutivas y en los procesos de toma de decisión de los grupos humanos. Según Dincauze (2000) si los cambios acaecidos modifican la estructura de recursos de manera importante, producen profundas modificaciones en los patrones organizativos de la sociedad. Por estructura de recursos se entiende a las variables sugeridas por Mine y Smith (1989) en términos de la abundancia, predicibilidad, duración y extensión de las fluctuaciones de los elementos del hábitat utilizados por los grupos humanos para su subsistencia y desarrollo. Ya que Kelly (1995) sugiere que la estructura de recursos establece las condiciones iniciales del proceso de toma de decisión en los grupos humanos, es esperable que limite el rango de estrategias¹ posibles de ser implementadas por un grupo humano en un lugar y momento determinado.

Es por esto que la tarea central de esta tesis se orienta a modelar la estructura de recursos disponibles para diferentes momentos de la primera mitad del Holoceno en virtud de las condiciones paleoambientales inferidas a partir de los análisis multi-*proxy* realizados. Para poder avanzar en dicha tarea son necesarios dos elementos. En primer lugar, contar con una caracterización pormenorizada de las características ambientales actuales de la Puna que pueda ser

¹ Por estrategias se entiende a los procesos de resolución de problemas creados por el vínculo entre los hombres y su ambiente (Nelson 1991).

utilizada para construir Marcos de Referencias (*sensu* Binford 2001) que permitan inferir la magnitud de los cambios en el hábitat humano a lo largo de la primera mitad del Holoceno. En segundo lugar, contar con información paleoambiental en diferentes escalas espacio-temporales que nos permita comprender, en primera instancia, el impacto de los cambios climáticos supra-regionales en el ambiente Puneño y, en una segunda etapa, la reacción de diferentes localidades ante dichos cambios. Se considera, entonces, que la conjunción de estos elementos permitirá estimar la estructura de recursos del área estudiada en diferentes escalas espacio-temporales, y consecuentemente mediante un proceso deductivo derivar expectativas arqueológicas más precisas sobre los patrones organizativos de los grupos humanos que habitaron la Puna Seca durante la primera mitad del Holoceno.

Teniendo en cuenta estas consideraciones generales es necesario avanzar sobre el rol de la estructura de recursos en diversos aspectos organizativos particulares de los grupos humanos, particularmente – y dada la cronología que es objeto de esta tesis- en lo que atañe a grupos cazadores-recolectores.

ESTRUCTURA DE RECURSOS Y SU IMPACTO EN DIFERENTES ASPECTOS ORGANIZATIVOS DE LOS CAZADORES-RECOLECTORES

Diversos autores (Binford 1980, 2001, Bettinger 1987, 1991, Bousman 1993, Kelly 1995, Veth 2005, entre muchos otros) han propuesto que la estructura de recursos se relaciona de manera directa con distintos aspectos organizativos de los grupos humanos –particularmente en los ámbitos de la subsistencia y la movilidad-, más aún, cuando se trata de sociedades dependientes de estrategias atractivas como los cazadores-recolectores. Se ha postulado, a su vez, que la movilidad se vincula de manera estrecha con otras esferas organizativas como la demografía y las estrategias de obtención de materias primas, almacenamiento y caza, entre otras (ej. Khun 2004, Jones *et al.* 2003, Binford 1980). Esto significa que, ya sea de manera directa o indirecta, la estructura de recursos de un hábitat desempeña un rol central en distintas esferas organizativas de las sociedades.

Dado que esta tesis busca generar una serie de expectativas sobre algunas características centrales de la organización de las poblaciones cazadoras-recolectoras que habitaron la Puna Seca a partir de la estructura de recursos de diferentes momentos de la primera mitad del Holoceno, a continuación se enuncian las bases teóricas sobre las que se apoyarán dichas expectativas. Así, a continuación se abordan de manera resumida las relaciones entre la estructura de recursos y

subsistencia y movilidad en sociedades cazadoras-recolectoras, y las de esta última con el tamaño de los grupos y el aprovisionamiento de materias primas líticas.

SUBSISTENCIA, RECURSOS Y RIESGO EN SOCIEDADES CAZADORAS-RECOLECTORAS

Kelly (1995) ha afirmado que la dieta de los cazadores-recolectores está sistemáticamente relacionada con su hábitat y, consecuentemente, con la estructura de recursos disponible en él. Como ya se ha mencionado los recursos pueden variar en su intensidad, frecuencia, extensión espacial y predicibilidad a lo largo del tiempo. Esta última dimensión, la predicibilidad —i.e. el grado de certidumbre sobre la presencia futura de un recurso— puede a su vez subdividirse en dos categorías: la predicibilidad espacial y la predicibilidad temporal. Dado que la predicibilidad del alimento es un elemento clave para comprender las adaptaciones humanas en distintos hábitats (Halstead y O'Shea 1989, Yellen 1977) y que los grupos humanos rara vez poseen una información perfecta sobre el ambiente (Kelly 1995), resulta claro que los conceptos de riesgo, incertidumbre y estrés juegan un importante papel en la subsistencia. Por riesgo se entiende a las variaciones impredecibles en las condiciones ecológicas, por incertidumbre a la escasez de información respecto de esas variaciones (Cashdan 1990). En términos de la ecología del comportamiento humano (O'Connell 1995) el riesgo es definido como la probabilidad de caer debajo de un umbral adaptativo (Winterhalder y Golland 1997), mientras que el estrés se refiere a los períodos en los que esto efectivamente puede suceder. No obstante, dado que los recursos pueden variar en diferentes formas en términos espacio-temporales, existen diferentes tipos de riesgo y estrés (ver Cashdan 1990 para una revisión integral).

Los grupos cazadores-recolectores pueden responder a situaciones riesgosas al menos de dos maneras diferentes —que no son excluyentes— en términos de su subsistencia. La primera de ellas se refiere a alterar su dieta en la medida que la estructura de recursos cambia (Mac Arthur y Pianka 1966, Bettinger 1991, Grayson y Delpech 1998). Así, en condiciones riesgosas, pueden diversificar su base de recursos, volviéndolos más estables y confiables, de manera que si un recurso de la dieta falla puede ser remplazo o complementado con otro. Esta diversificación no resulta de un deseo consciente de reducir el riesgo, sino de la reducción en la disponibilidad de recursos de alto ranking en si misma (Kelly 1995). La otra manera de lidiar con recursos riesgosos es aumentar el rinde de los recursos mediante otros mecanismos como la especialización o la intensificación. La intensificación ha sido definida por Binford (2001:369) como el proceso que induce a los cazadores-recolectores a aumentar la cantidad de alimento extraído de segmentos cada vez menores de paisaje, mientras que 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).

MOVILIDAD, RECURSOS Y RIESGO EN SOCIEDADES CAZADORAS-RECOLECTORAS

Hace casi 30 años Binford (1980) definió dos tipos ideales o teóricos de movilidad residencial que representan los extremos de la variabilidad observable etnográficamente en los patrones de asentamiento en grupos cazadores-recolectores (C-R). Estos tipos ideales son los renombrados patrones *foragers* y *collectors*, que resumen dos maneras extremas de relación con los recursos disponibles en un hábitat: los *foragers* llevan los consumidores hacia los recursos alimenticios, mientras que los *collector* se movilizan residencialmente hacia emplazamientos claves no necesariamente definidos por la presencia de alimento (Kelly 1995). De esta manera quedan conformados dos patrones de movilidad diferentes en lo referente a la frecuencia de movimientos residenciales y logísticos: el patrón *forager* se caracteriza por una alta movilidad residencial, invirtiendo poco esfuerzo en movimientos logísticos, mientras que el *collector* presenta pocos movimientos residenciales y frecuentes -y usualmente largas- partidas logísticas (Binford 1980).

A pesar del extenso tiempo transcurrido desde su formulación, estos tipos ideales han estado sujetos relativamente a escasas críticas y reformulaciones (un ejemplo de ellas han sido las de Bettinger 1987, 1991) mostrando una amplia utilidad en la construcción de modelos arqueológicos. No obstante, los estudios sistemáticos de los patrones de movilidad en estas sociedades (ej. Binford 2001) han permitido enriquecer el conocimiento sobre la complejas relaciones que existen entre la movilidad, el ambiente y su variabilidad, y otras esferas de la organización de los C-R como el tamaño de los grupos y la territorialidad.

Como han sugerido Halsted y O'Shea (1989) la modificación en los patrones de movilidad es la respuesta más simple ante la variabilidad en la oferta de recursos de un hábitat. Kelly (1995) avanza sobre esta idea al proponer que la diferencia en la frecuencia de movimientos residenciales se relaciona a la densidad de alimento en los respectivos ambientes. Así, donde los recursos están homogéneamente distribuidos y regularmente disponibles a lo largo del año, es probable un patrón del tipo *forager*; mientras que en los hábitats en que los recursos muestran una distribución en parches o mosaico la mayor eficiencia predadora se obtiene mediante la agregación en áreas centrales y el envío de partidas logísticas (Kelly 1995). Esto implica que a

medida que los parches productivos de recursos se vuelven más dispersos, es esperable una reducción en la frecuencia de los movimientos residenciales y un aumento en la frecuencia y/o extensión de los movimientos logísticos.

Este tipo de situaciones toma particular importancia en ambientes desérticos, que se caracterizan por presentar una estructura de recursos -particularmente los críticos como el agua- dispersa y riesgosa. Al respecto, Veth (2005) planteó recientemente que la movilidad cumple un rol central en lo referente a las estrategias orientadas a la minimización del riego en áreas desérticas. De los estudios realizados por Binford (1980, 2001) sobre poblaciones C-R en desiertos templados emerge que la movilidad se encuentra estacionalmente condicionada, especialmente debido a la distribución espacio-temporal del agua. Coincidiendo con este autor, Kelly (1995) plantea que muchos grupos C-R de áreas desérticas eligen permanecer en un lugar con presencia efectiva de agua a pesar de que su tasa de retorno alimenticia disminuya, dada la incierta disponibilidad de fuentes de agua alternativas propicia la permanencia en dicha fuente hasta que se agote o se vuelva incierta.

Desde de la Teoría de la Depredación Óptima (*Optimal Foraging Theory*), se han formulado dos modelos que vinculan el uso del espacio y la variabilidad en la disponibilidad de recursos: a) Selección de Parches y b) Lugar Central. El primero, partiendo de la base de que los parches son las agrupaciones de recursos distribuidas heterogéneamente en el espacio (Bettinger 1991) y que es posible “rankearlos” en términos energéticos (a partir de la relación entre la inversión de tiempo y la energía obtenida), establece que, a medida que aumentan las presiones socio-ecológicas que afectan la disponibilidad o la competencia por los recursos, los individuos incluyen parches menos productivos. El modelo de Lugar Central, por su parte, predice el comportamiento óptimo en relación al emplazamiento para la obtención de recursos (Bettinger 1991, Bettinger *et al.* 1997), teniendo como variable principal la distancia a los recursos principales. Este modelo establece que en ambientes heterogéneos la mayor eficiencia se logra emplazando el lugar central en ecotonos o en áreas próximas a los recursos principales (Bettinger *et al.* 1997, Zeanah 2004).

MOVILIDAD Y TAMAÑO DE GRUPO

Existen diferentes herramientas teóricas para abordar el tema del tamaño de los grupos C-R, algunos de ellas aplicadas provechosamente en la Puna. A modo de ejemplo, Lopez (2008) a recurrido al Modelo de Tamaño Óptimo de Grupos, el cual predice los costos y beneficios de agruparse, evaluando tanto el tamaño óptimo como los límites hasta los que conviene agruparse

(Boone 1992, Smith 1983). La lógica de este modelo descansa en que la agregación incrementa la tasa de retorno *per cápita* hasta un óptimo (*i.e.* mejora la eficiencia en la obtención y manejo de los recursos de más alto ranking) (Winterhalder 1981). Sin embargo, este tipo de modelos no incorporan el vínculo existente entre la movilidad y el tamaño de los grupos cazadores recolectores, que siguiendo a Halstead y O'Shea (1989) y Veth (2005) suele ser una de los elementos clave para lidiar con la variabilidad ambiental en ambientes riesgosos.

Al respecto, Binford (2001) ha logrado obtener una serie de generalizaciones empíricas a partir del estudio de sociedades etnográficas sobre el vínculo existente entre, los recursos, la movilidad y el tamaño de grupo. Este autor establece que es esperable la presencia de grupos C-R más pequeños y una relación más consistente entre el tamaño del grupo y la movilidad en hábitats con baja productividad primaria. Partiendo de un nivel constante en la disponibilidad de alimento en un hábitat, si el tamaño de un grupo aumenta, más grande será la demanda de alimentos por unidad de área ocupada. Consecuentemente, a medida que aumenta el tamaño de un grupo C-R mayores serán el número de movimientos residenciales anuales necesarios para cubrir las necesidades como los costos involucrados en estos movimientos (Binford 2001). Así, y si el resto de las variables se mantienen constantes, los costos vinculados a la movilidad actúan como el factor limitante principal del tamaño de los grupos C-R (Binford 2001:229).

Esta afirmación, coincide con lo sugerido por Kelly (1995) en cuanto a que el incremento de la densidad poblacional exagera la reducción de la movilidad residencial debido al incremento en los costos de movilización y a la competencia por el espacio. Más aún, este autor plantea que el sedentarismo es el resultado de la interrelación entre la distribución de alimento a través del paisaje (*i.e.* estructura de recursos) y la densidad poblacional, siendo variable la velocidad del desarrollo de este tipo de proceso debido a los costos vinculados a la movilidad residencial y a las características del ambiente (Kelly 1995). Así, cuando los recursos están localizados y el movimiento en el espacio es dificultoso -como en ambientes en mosaico (parches)- es esperable una implementación de estrategias orientadas a la reducción de la movilidad residencial más rápida que en ambientes homogéneos (Kelly 1995).

En el marco de las estrategias de reducción de la movilidad en relación con la estructura de recursos debe incorporarse, además, posibles ciclos de agregación y dispersión de grupos, frecuentemente mencionada para los grupos C-R de la literatura etnográfica (Blackburn 1996; Guenther 1996). Se entiende por agregación (o nucleamiento) a la reunión de diferentes grupos locales en un lugar específico, más allá de las causas que la promuevan (Aschero *et al.* 1999). Desde un punto de vista ecológico, agregarse y dispersarse constituye una opción más en el rango de decisiones relacionadas con la organización social, seleccionada como un modo de afrontar el

riesgo ambiental o social (Kelly 1995). En este sentido, en ambientes con una estacionalidad marcada y/o con una variación altitudinal importante en el paisaje es posible que los cazadores-recolectores adecuen su movilidad a ciclos estacionales de agregación y dispersión (Guráieb 2001). Así, en sistemas áridos los límites estacionales de disponibilidad de agua pueden favorecer una conducta de agregación, como una de las estrategias organizativas seleccionadas para minimizar el riesgo ambiental o social entre C-R (Lee 1979).

MOVILIDAD Y FORMAS DE APROVISIONAMIENTO DE RECURSOS LÍTICOS

Como se ha visto, el grado de movilidad de un grupo es una variable central a la hora de analizar las estrategias vinculadas con la forma de obtención de recursos disponibles en el paisaje. En este sentido, las estrategias usadas por la gente para mantenerse aprovisionadas de cualquier recurso, están influenciadas por un amplio rango de factores como la territorialidad, las redes de interacción, la cantidad de movimientos residenciales y el tiempo de permanencia en lugares particulares (Kuhn 2004). Si bien hasta el momento nos hemos referido principalmente a recursos alimenticios y críticos como el agua, las materias primas líticas merecen un tratamiento aparte debido a que presenta la particularidad de encontrarse fijos en el espacio y regularmente disponibles a lo largo del tiempo.

Como se ha sugerido frecuentemente, consideramos que la materia prima usada en la tecnología lítica se encuentra condicionada tanto por sus propiedades mecánicas como por su disponibilidad (Beck y Jones 1990). Kuhn (2004) ha sugerido recientemente tres estrategias diferentes de aprovisionamiento directo de materias primas líticas. Las dos primeras involucran un grado de planificación considerable y se relacionan con conductas de conservación (*i.e. curated, sensu* Nelson 1991) incluyendo, en primer lugar, el equipamiento de espacios donde las tareas serán desarrolladas y, en segundo, el equipamiento de los individuos con los artefactos o las materias primas que serán utilizadas. La tercera estrategia se concibe en el marco de escasa o nula planificación y es definida como “actividades de aprovisionamiento” implicando la producción *ad hoc* de artefactos a medida que éstos son requeridos (Kuhn 2004).

Cabe aclarar que no es esperable que un grupo C-R determinado responda exclusivamente a una única estrategia de aprovisionamiento, sino más bien que la importancia de cada una de ellas dependa de la interacción de numerosas variables que incluyen la distribución y calidad de las materias primas, la movilidad residencial del grupo, el grado de planificación y la naturaleza de las tareas que son llevadas a cabo usualmente (Kuhn 2004). El rol de la movilidad en estas estrategias resulta claro en términos de que, cuanto mayor sea la frecuencia de

movimientos residenciales y más cortos los eventos de ocupación, se vuelve mucho más práctico equipar a los individuos. Contrariamente, a medida que la movilidad residencial se reduce resulta evidente la ventaja de equipar los espacios (Kuhn 2004). En cuanto a la tercera estrategia, ésta presupone una cuestión crítica: la ubicuidad de materias primas o el conocimiento de la disponibilidad de materias primas en el lugar donde será llevada a cabo la tarea, ya que si estas condiciones no se dan, el aprovisionamiento *ad hoc* es riesgoso y posiblemente muy costoso.

De la misma manera, la abundancia y características de los artefactos son informativos de los rangos de movilidad y estrategias de aprovisionamiento llevadas a cabo por un grupo. Jones y colaboradores (2003) han propuesto que a medida que se incrementa el período de residencia en una misma localidad aumenta el número de artefactos descartados, asumiéndose a su vez, que los artefactos “viajan menos” desde las fuentes de aprovisionamiento. Esto tiene una implicación directa en la representación relativa de las materias primas utilizadas en los sitios arqueológicos: la diversidad de materias primas alóctonas funcionan como un dato *proxy* acerca del tiempo de permanencia en un sitio; esto es, que a mayor tiempo de permanencia en un sitio, es esperable una menor diversidad en las fuentes de aprovisionamiento representadas (Jones *et al.* 2003).

En virtud de todo lo visto a lo largo de este capítulo, resulta notable la importancia que posee el ambiente en el proceso de decisiones por parte de los grupos cazadores-. Por esto, el siguiente capítulo se aboca a describir y analizar uno de los elementos constitutivos fundamentales del ambiente: el clima.

PARTE II

MARCOS DE REFERENCIA

CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA PRESENTE Y PASADA EN LOS ANDES Y CLIMA DE LA PUNA JUJEÑA

CAPÍTULO

4

INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene cuatro secciones que se integran en un objetivo principal: la definición de un escenario teórico general sobre la circulación atmosférica, sus cambios y variabilidad y el impacto que esta tuvo en los parámetros climáticos de la Puna Jujeña durante los primeros 6000 años del Holoceno. Estos elementos constituyen el soporte básico de un modelo multi-escalas más amplio que sintetiza las condiciones ambientales del paisaje puneño en el citado período.

La primera sección apunta a resumir los patrones observables en la circulación atmosférica actual, yendo de lo general a lo particular, en este caso de Sudamérica a la Puna Jujeña. La razón por la que es necesaria su descripción es que resulta virtualmente imposible generar o comprender los resultados de cualquier estudio paleoambiental -y mucho menos apreciar sus alcances en diferentes escalas- sin contar con un conocimiento extendido del sistema general del cual el registro bajo análisis es una pequeña y particular expresión.

En la segunda sección se analizan y describen los resultados de las condiciones medias del clima de la Puna Jujeña y su variabilidad, particularmente en lo que atañe a precipitaciones y temperaturas. Este estudio, realizado de manera directa sobre datos de estaciones meteorológicas del área, amplía la información preexistente y nos brinda precisiones sobre la naturaleza y magnitud cuantitativa de la variabilidad climática del área. El análisis de estas series temporales se enfocó en la obtención de valores cuantitativos que nos permitan realizar estimaciones más precisas sobre la magnitud de los cambios observados en los registros paleoambientales estudiados en esta tesis y evaluar los vínculos entre dichos cambios y su impacto en los recursos bióticos y abióticos importantes para las poblaciones humanas. Dentro de este estudio se abordó con particular detalle el rol de ENSO (*El Niño Southern Oscillation*) como generador de la

variabilidad climática de corto plazo observada para el área, buscando estimar cuantitativamente su impacto en las precipitaciones y temperaturas.

La tercera sección recopila los estudios que trataron de manera directa con las características de la circulación atmosférica y su variabilidad de corto y largo plazo en el pasado. Como se ha efectuado en la segunda sección, se resumieron con particular detalle los registros en que se ha abordado el desarrollo e impacto de ENSO a través del tiempo ya que puede resultar un elemento importante a la hora de realizar estimaciones cuantitativas sobre parámetros climáticos en el pasado.

La última sección se orienta a vincular las tres secciones anteriores con el fin de resumir el escenario teórico sobre las características climáticas de la región durante la primera mitad del Holoceno.

CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA Y OCEÁNICA EN SUDAMÉRICA

Dos elementos fundamentales hacen de Sudamérica un caso excepcional en términos de su circulación atmosférica y de la diversidad de climas que exhibe a lo largo de su extensión, incluyendo características tropicales, sub-tropicales y extra-tropicales (Garreaud *et al.* 2008). El primero es su forma estrecha, que limita los efectos de la continentalidad sobre su régimen climático. El segundo es la altitud de la Cordillera de los Andes, que interrumpe parte de la circulación troposférica y define la llamada “diagonal árida” al bloquear los vientos cargados de humedad procedentes del este y el oeste alternativamente. Tres regímenes de circulación dominantes actúan sobre nuestro continente: a) los vientos predominantes del oeste (*westerlies*) asociados a una fuerte gradiente de presión sobre el Pacífico Sur, b) los potentes centros anticiclónicos de los océanos Pacífico Sur y el Atlántico Sur y c) la Zona de Convergencia Intertropical (*Iner-Tropical Convective Zone, ITCZ*), un corredor semipermanente de baja presión ubicado próximo al ecuador que genera la mayor convergencia, convección, nubosidad y precipitaciones en el área (Cerverney 1998)(FIGURA 4.1).

Los vientos con dirección oeste-este (*westerlies*) se encuentran ubicados predominantemente al sur del paralelo 40°S y son producidos por el fuerte contraste entre las masas de aire extremadamente frías de la Antártida y las cálidas aguas tropicales, intensificados a su vez, por la ausencia de grandes masas de tierra al sur del paralelo 35°S y, en altura, por la corriente de chorro troposférica. En general estos vientos son particularmente intensos durante el verano en la zona más austral del continente entre el 45° y 55°S. Durante el invierno, la corriente de chorro se mueve hacia áreas subtropicales (su eje se ubica alrededor del 30°S) y los *westerlies* de

bajo nivel se expanden hacia el norte, aunque debilitados (Garreaud *et al.* 2008). Así, las lluvias en la vertiente oeste de los Andes se expanden hasta el 30°S en invierno, para retraerse hasta el 40°S en verano. Estos vientos son los principales responsables de la marcada asimetría zonal de las precipitaciones al oeste (más húmedo) y este (más seco) de los Andes en la zona extratropical (*i.e.* Patagonia). En este sentido, el ascenso forzado por los Andes de los *westerlies* de bajo nivel produce precipitaciones orográficas en la vertiente chilena, y por subsidencia genera condiciones particularmente secas en la Patagonia Argentina (Guerreaud *et al.* 2008).

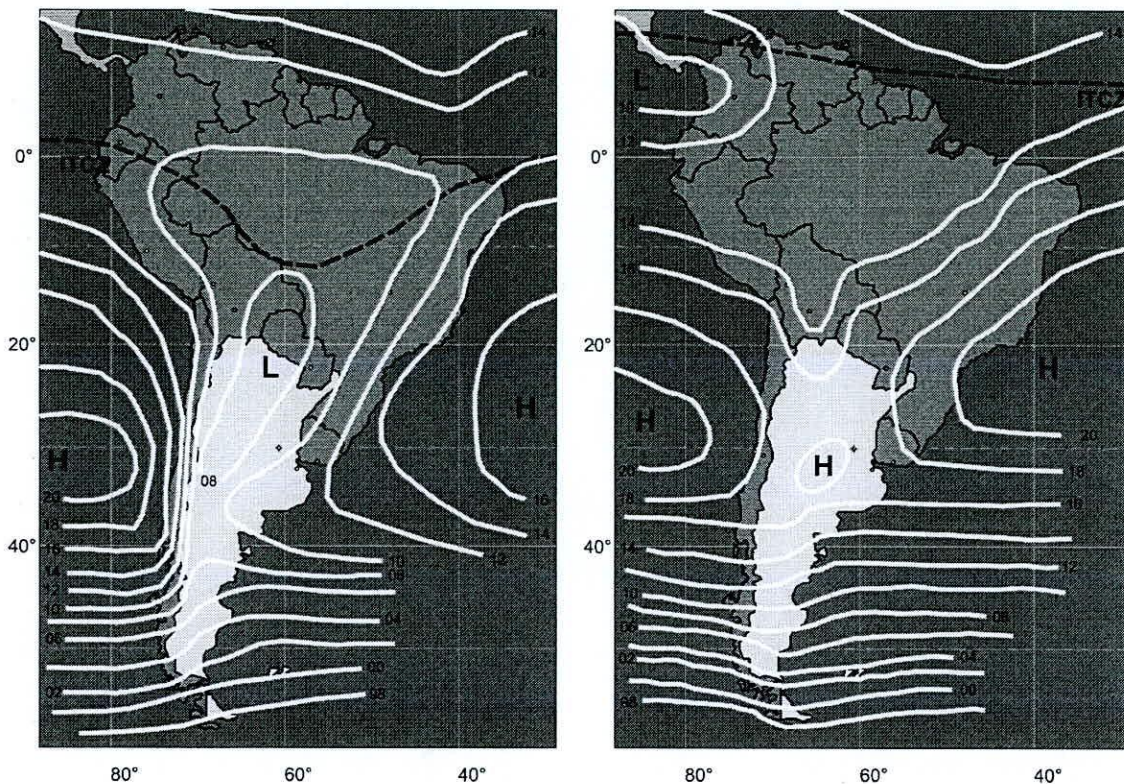


FIGURA 4.1. Isobaras durante el verano (DEF, izquierda) y durante el invierno (JJA, derecha), centros de alta y baja presión y posición relativa de la ITCZ. 20=1020 hPa. Tomado de Cerveny (1998)

Al norte del paralelo 40°S la cordillera de los Andes interrumpe la corriente zonal generando dos grandes anticiclones semipermanentes, uno sobre el Océano Pacífico y el otro sobre el Atlántico (ver FIGURA 4.1), que no solo intervienen en el clima continental mediante su posición relativa e intensidad, sino que como veremos más adelante también lo hacen en la dinámica de las corrientes oceánicas.

El tercer elemento que controla el clima de Sudamérica es la ubicación y migraciones de la ITCZ (*Inter-Tropical Convective Zone*)(ver FIGURA 4.1). Este corredor de baja presión es el principal responsable del ciclo anual de precipitaciones en Sudamérica. Al desplazarse hacia el norte entre Junio y Setiembre/Octubre produce el máximo de precipitaciones en el norte del continente y el caribe (Cerveny 1998); y cuando lo hace hacia el sur, entre Diciembre y Marzo, se adentra en la

cuenca del Amazonas alcanzando el norte de la Argentina produciendo los valores máximos de precipitaciones (Marengo y Hastenrath 1993). Finalmente, hacia fines del verano la ITCZ retrocede progresivamente hacia su posición ecuatorial. Esta migración ha llevado a varios investigadores a proponer para la zona central del continente un sistema “tipo-monzónico” para Sudamérica (Zhou y Lau 1998). El clima no puede ser definido completamente como monzónico debido a que los vientos de bajo nivel nunca revierten su dirección, ya que a lo largo del año los mismos soplan hacia el continente debido al gradiente de presión entre el océano Atlántico (mayor) y el continente (menor) (Garreaud *et al.* 2008).

Durante el verano también se forma un centro de baja presión sobre la región del Chaco (25°S) (ver FIGURA 4.1) que fuerza a los vientos del este que pasan sobre la cuenca del Amazonas a transportar gran cantidad de humedad hacia el sur, alimentando tormentas convectivas en las planicies ubicadas hasta el 35°S. Al mismo tiempo, se forma una celda de alta presión en altura el “*Bolivian-High*” que atrae los vientos del este hacia el Altiplano (Garreaud *et al.* 2003, Vuille y Keimig 2004) y genera las lluvias estacionales de las tierras altas andinas. En consecuencia las precipitaciones sobre el Altiplano son el resultado de una circulación compleja en la que entran en juego la convección, la orografía y la distancia a la fuente de humedad, el Amazonas (Cerveny 1998).

Por otra parte, las corrientes oceánicas también poseen un profundo impacto en el clima del continente. Dos corrientes fundamentales lo flanquean. La primera es la Corriente de Humboldt, extremadamente fría y rápida, que procede de la Antártida traccionada por el giro del Pacífico Sur y baña las costas occidentales del continente con dirección norte. La segunda es la Corriente de Brasil, una masa de agua cálida y muy salada que desciende por la costa brasileña traccionada por del giro del Atlántico Sur, teniendo como contrapartida la Corriente de Benguela que baña las costas del sudeste de África. Como veremos más adelante la primera de estas corrientes se encuentra estrechamente ligada el fenómeno de El Niño.

VARIABILIDAD, OSCILACIONES Y TELECONEXIONES

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 (*i.e.* inter-anales e inter-decadales) se debe principalmente a tres fenómenos globales: 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).

ENSO es un fenómeno de interacción inestable entre el océano y la atmósfera modulado por los movimientos estacionales de las zonas de convergencia atmosférica (Philander 1989), caracterizado por fases irregulares cálidas (El Niño) y frías (La Niña) que ocurren con una periodicidad variable de entre 2 y 7 años (Garreaud *et al.* 2008). Los eventos “El Niño” se caracterizan por la presencia de una corriente cálida procedente del este asiático que se desplaza hasta las costas pacíficas sudamericanas, moderando las bajas temperaturas de la Corriente de Humboldt, para luego desplazarse hacia el norte generando lluvias torrenciales en la árida costa peruana. Estos cambios en la circulación oceánica surgen como resultado de los cambios en el gradiente de presión entre el este y oeste del océano Pacífico y, consecuentemente, en los vientos superficiales que controlan los océanos. En cuanto a sus impactos en Sudamérica, existe cierto acuerdo en que una parte importante de la variabilidad inter-anual que se registra en las precipitaciones y temperaturas anuales sobre el continente está relacionada al fenómeno ENSO (Aceituno 1988, Aceituno y Montecinos 1993, Garreaud *et al.* 2003). Su impacto en el área Andina y en nuestra área de estudio en particular será discutido más adelante.

La Oscilación Decadal del Pacífico o PDO (*Pacific Decadal Oscillation*) es un fenómeno pan-pacífico de variabilidad inter-decadal recurrente en su clima y sistemas ecológicos (Mantua *et al.* 1997) que presenta similitudes notables con los efectos de ENSO, al punto de no estar comprendidas acabadamente las relaciones entre uno y otro fenómeno (Garreaud *et al.* 2008). Las oscilaciones de la PDO pueden ser asimilables a una oscilación tipo El Niño pero de muy larga duración. Esto es, mientras que las anomalías de El Niño duran 6 a 18 meses, las de la PDO de 20 a 30 años. Las similitudes principales radican en que ambas poseen fases calidas y frías (aunque la amplitud de las variaciones atribuibles a la PDO rara vez supera el 10% de la variabilidad interanual) y que ambas poseen efectos de escala global, registrando teleconexiones de estos eventos entre el hemisferio norte y otros lugares del planeta (ej. Sudamérica).

Finalmente, la Oscilación Antártica o AAO es un patrón emergente de la variabilidad en la circulación troposférica al sur de los 20°S, caracterizándose por anomalías de un signo en la Antártida y de signo opuesto en la banda de latitud ubicada entre los 40-50°S (Thompson y Wallace 2000). Las fases positivas (negativas) de AAO se vinculan a la intensificación (debilitamiento) y desplazamiento hacia el sur (norte) de los *westerlies* (Garreaud *et al.* 2008).

CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA Y SUS ANOMALÍAS EN LAS TIERRAS ALTAS DE LOS ANDES

Como veremos a continuación, las condiciones climáticas del área Andina están fuertemente relacionadas a la circulación de alto nivel (troposférica), donde la intensificación de la circulación de vientos del este permiten el acceso de la humedad del área amazónica a las tierras altas durante el verano; mientras que la intensificación de los del oeste la bloquean, produciendo momentos más secos en la región (Garreaud *et al.* 2003) (FIGURA 4.2).

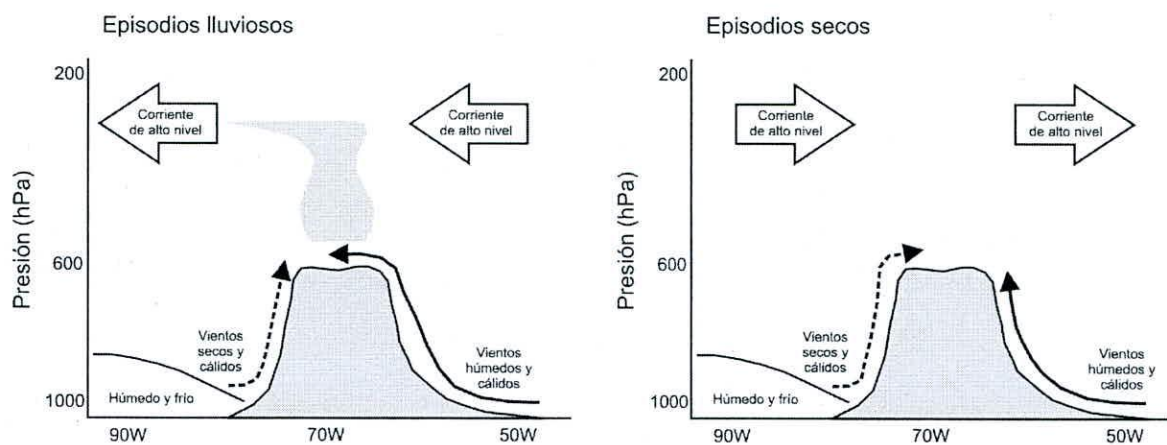


FIGURA 4.2. Representación esquemática de un corte del Altiplano, los patrones de circulación y las diferentes masas de aire intervinientes en las precipitaciones del área. Tomado y modificado de Garreaud *et al.* (2003).

Las precipitaciones en el Altiplano están producidas por el vigoroso y abrupto ascenso de aire cargado de humedad de niveles superficiales de las zonas bajas al este de la cordillera hacia la base de la tropopausa (ubicada a 15 km de altura). La pronunciada gradiente de precipitaciones este-oeste y la cantidad de precipitaciones dentro del Altiplano son claras evidencias del origen este de la humedad de las precipitaciones en el área. Estas precipitaciones están restringidas al verano austral (Noviembre - Marzo), ocurriendo al menos el 70% entre diciembre y marzo, y responden a la posición e intensidad del *Bolivian High* (BH, su posición media está centrada en 15°S - 65°W) (Garreaud *et al.* 2003). Así, el ingreso de vientos del este más potentes en el Altiplano está asociado a la intensificación y desplazamiento al sur del BH, mientras que las anomalías con vientos del oeste se deben a su debilitamiento. Estas anomalías en el Altiplano suelen coincidir con anomalías del mismo signo en el este de Bolivia y centro de Argentina, pareciendo estar en fase con el sector este del continente (Aceituno y Montecinos 1997).

EL CICLO ANUAL DE LAS PRECIPITACIONES EN LOS ANDES

El ciclo anual de precipitaciones está fuertemente relacionado a los cambios en los vientos zonales, ya que como mencionamos en un apartado anterior la corriente de chorro de vientos del oeste se desplaza hacia el norte alcanzando el 27-30°S durante el invierno, y consecuentemente prevalece la circulación del oeste en la media y alta troposfera entre Mayo y Octubre impidiendo el acceso de vientos del este cargados de humedad al Altiplano. El mecanismo por el cual estas lluvias se producen en el área puede ser resumido como la acción conjunta de los cambios en la corriente de chorro subtropical junto a la aparición del *Bolivian High*, resultando en el desplazamiento al sur y expansión del cinturón de vientos del este, más que como un mero efecto del desplazamiento de la ITCZ (Garreaud et al 2003). La conjunción de ambos elementos permite la dominancia de los débiles vientos del este sobre la media y alta troposfera en el área entre Diciembre y Marzo. Es por esto que se ha sugerido que las variaciones interanuales en las precipitaciones están más relacionadas a los cambios en el transporte de la humedad que a las variaciones en su disponibilidad en las zonas bajas (*i.e.* Amazonas), y consecuentemente a las anomalías en intensidad y posición de los vientos del oeste o *westerlies* (Garreaud et al. 2003).

Las escasas precipitaciones invernales en el área están vinculadas a alteraciones en la circulación de alto nivel propias de latitudes mayores que acceden anormalmente al norte. Estas alteraciones, descritas por Vuille y Ammann (1997), parecen impactar de manera más importante en la vertiente oeste de la cordillera. Estos autores definieron dos patrones de lluvias invernales diferentes (en forma de nieve en altitudes elevadas) en los Andes Centro Sur. Este tipo de lluvias pueden aportar entre 50 y 80 mm de nieve en altitudes de 4500 msnm en el 23°S. El primer patrón es el de eventos de frentes fríos originados en el Pacífico que generan precipitaciones en el Norte y Centro de Chile al sur del 18°S. El segundo también se genera por vientos húmedos del Pacífico pero están compuestos por aire polar que ha sido seccionado conformando una celda aislada que migra hacia el norte generando precipitaciones en ambas vertientes de la cordillera (ver Vuille y Ammann (1997) para una descripción completa de estos fenómenos). Ambos patrones muestran una frecuencia similar y pueden ser asimilados a desplazamientos hacia el norte de los *westerlies*. La penetración de estos vientos solo es posible cuando el Anticiclón del Sudeste del Pacífico (ASP) está debilitado o se ha desplazado al norte de su posición usual.

VARIABILIDAD INTERANUAL Y ENSO EN LOS ANDES

Las tierras altas de los Andes se caracterizan por presentar una fuerte variabilidad interanual en sus precipitaciones. Como ya se ha mencionado líneas arriba, esta variabilidad está relacionada en mayor medida a los cambios en el transporte de la humedad que a las variaciones en su disponibilidad en las tierras bajas al este de los Andes. Esto significa que las variaciones están relacionadas de manera más directa a la cantidad de eventos de lluvia (*i.e.* frecuencia) que a las variaciones en el volumen de las precipitaciones (*i.e.* intensidad) (Garreaud y Aceituno 2001). Es por esto que existe un grado importante de acuerdo en que buena parte de la variabilidad en las precipitaciones de verano sobre el Altiplano está vinculada a fenómenos de la Oscilación del Sur El Niño (ENSO) (Aceituno 1988, Garreaud *et al.* 2003), si bien su influencia e impacto es espacialmente heterogénea. Los estudios disponibles sugieren que en el Altiplano las fases cálidas de ENSO (eventos El Niño) tienden a reducir las precipitaciones en el área, presentando condiciones más secas, mientras que las fases frías de ENSO (eventos La Niña) favorecen las precipitaciones, produciendo condiciones de mayor humedad (ver Garreaud *et al.* (2003) y Williams *et al.* (2008) para una descripción pormenorizada de su funcionamiento). La heterogeneidad mencionada se expresa claramente en la existencia de una mayor sensibilidad a los efectos de ENSO en la vertiente occidental de la cordillera. A modo de ejemplo, durante los eventos El Niño, la presencia de los *westerlies* anormalmente al norte de su posición bloquean los vientos con humedad procedentes del este en el occidente de la cordillera, mientras que la vertiente oriental puede continuar recibiendo algo de humedad.

Otro elemento a tomar en cuenta sobre la influencia de ENSO en el área es su efecto sobre la temperatura. Dicha influencia se debe a que las anomalías en las temperaturas medias del Altiplano responden a las anomalías en la temperatura de la superficie del mar en el Pacífico (*Pacific Sea Surface Temperature Anomalies* o *Pacific SSTA*). Durante las fases cálidas de ENSO (El Niño) el aumento de la SST impacta sobre la temperatura troposférica (aumentándola) y consecuentemente hace decrecer la formación de nubes, incrementado así la insolación, hecho por el cual se produce un aumento de temperaturas en la región durante los eventos El Niño (Garreaud *et al.* 2003).

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA PUNA JUJEÑA

Si tomamos como base los mapas con las isohietas e isotermas (FIGURA 4.3 A Y B) de nuestra área de estudio, podemos observar que en líneas generales corresponden con lo esperable a partir de los patrones de circulación resumidos anteriormente. De todas formas en los apartados

siguientes se plantea un análisis detallado de diferentes aspectos de las precipitaciones (*i.e.* frecuencia, distribución, variaciones interanuales, etc.) y las temperaturas del área. Los resultados de este análisis serán una herramienta central tanto para comprender los registros paleoambientales disponibles y nuevos, como para evaluar los posibles agentes involucrados en los cambios ocurridos en el pasado.

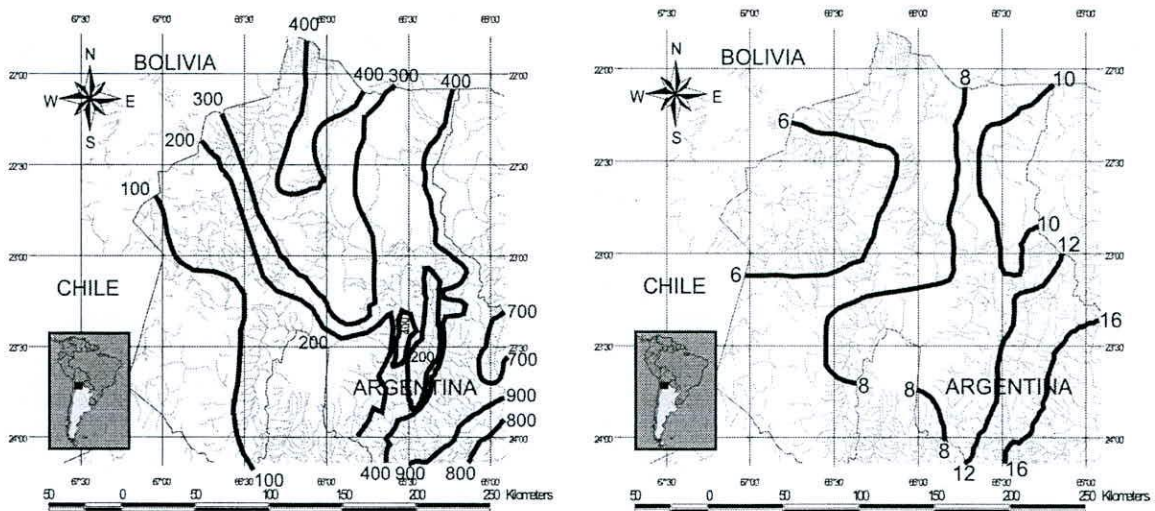


FIGURA 4.3. (a) Isohietas (izquierda) y (b) isotermas (derecha) de la provincia de Jujuy. Los valores representan mm/año precipitados (derecha) y grados Celsius (derecha). Re-graficados a partir de mapas del SIG Climático del NOA, INTA, disponibles en <http://geointa.inta.gov.ar>

PRECIPITACIONES EN LA PUNA JUJEÑA

Las precipitaciones en el área presentan una gradiente de variación que va de mayores a menores en los sentidos norte-sur y este-oeste, resultando coherente con la ubicación relativa a Amozonia (ver FIGURA 4.3 A). Cabe destacar dos particularidades en cuanto a la distribución espacial de las lluvias en Jujuy¹. Por un lado, son notables los bajos valores de las precipitaciones que ocurren anualmente sobre la Quebrada de Humahuaca, siendo considerablemente inferiores que su área circundante inmediata. Se considera que esta particularidad se debe principalmente a la estrechez de la Quebrada y la sombra de precipitaciones que proyecta la serranía de Zenta, reduciendo la descarga de humedad procedente del este sobre el sector medio de ésta. El segundo hecho a resaltar es la posición de la isohieta de 200 mm que marca el límite entre la Puna Seca,

¹ Para una descripción completa de la distribución de las precipitaciones en provincias aledañas, así como para una explicación de los mecanismos particulares por los que se producen las precipitaciones en cada sector del NOA, ver Bianchi *et al.* (2005).

con precipitaciones más abundantes, sobre todo en el sector más septentrional (*i.e.* 300-400 mm/año), y la Puna Desértica, el área ecotonal o de transición entre Puna Seca y Salada.

Como hemos visto en apartados anteriores la estacionalidad en las precipitaciones es muy marcada, concentrándose al menos el 80% de las mismas en los meses entre Diciembre y Marzo (Bianchi *et al.* 2005), compartiendo, de esta manera, el sistema tipo monzónico de la región Andina. Ahora bien, estos autores junto a otros (*i.e.* Muscio 1998-99) también han sugerido la presencia de una fuerte variabilidad de baja frecuencia o interanual ¿Es esta variabilidad espacialmente homogénea? ¿Está vinculada al fenómeno ENSO? Los apartados siguientes buscan responder estos interrogantes.

VARIACIONES EN LAS PRECIPITACIONES DE LA PUNA JUJEÑA

Para abordar estas preguntas se recopiló y analizó la información procedente de treinta estaciones meteorológicas correspondientes a cuatro organismos: el INTA, la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Jujuy, el Ferrocarril General Belgrano y el Servicio Meteorológico Nacional. Dichas estaciones presentan series de datos con diferente cantidad de años de registro y períodos de relevamiento (ver TABLAS 1 Y 2 y GRÁFICOS 1, 2 Y 3 del ANEXO DEL CAPÍTULO 4), por lo cual, en algunos casos, ha sido necesario estandarizar los años registrados para realizar análisis estadísticos. Así, en ciertas oportunidades, se ha reducido la cantidad años de series extensas priorizando la representación espacial sobre la cronológica. Por el contrario, en los casos donde se buscó observar variabilidad de largo plazo, se recortó la cobertura espacial en pos de utilizar registros completos y extensos que en algunos casos superan los 50 años. Asimismo, para abordar el tema de ENSO, se obtuvo la serie del SOI² (*Australian Bureau of Meteorology*) para realizar comparaciones con las series de precipitaciones pertinentes.

Para analizar si existen patrones geográficamente relevantes en cuanto a las variaciones interanuales en las precipitaciones, se analizaron las 19 estaciones que presentaron series con el período 1972-1987 menos los años 79, 80 y 81. Como se aprecia en el GRÁFICO 4 y en la TABLA 3 del ANEXO DEL CAPÍTULO 4, existen 3 grupos cuyas correlaciones son estadísticamente significativas (*i.e.* Spearman, $p < 0,01$; $r = 0,704$, ver matriz con los valores de correlación individuales en la TABLA 3 del ANEXO DEL CAPÍTULO 4). Estos grupos son: a) Palca de Aparzo –Susques, b) Quiaca (SMN y Ferr) Santa Catalina, Tafna y Cieneguillas y c) Abra Pampa Ferr e INTA, Tumbaya,

² El *Southern Oscillation Index* (SOI), o Índice de la Oscilación del Sur, se calcula a partir de las fluctuaciones mensuales de la diferencia en la presión atmosférica entre Tahiti and Darwin. Los valores negativos se encuentran asociados a eventos El Niño, mientras que los positivos a eventos La Niña. Para obtener detalles sobre los protocolos de medición y los métodos de cálculo de SOI por el *Australian Bureau of Meteorology* consultar en <http://www.bom.gov.au/climate>.

Coctaca, Tres Cruces, Humahuaca, Iturbe, Tilcara, Huacalera y Rinconada. Agrupados de esta manera, resulta evidente que el grado de correlación entre las series que integran los grupos está influenciado por su ubicación geográfica. Así, las variaciones interanuales en las precipitaciones de la Quebrada de Humahuaca son muy homogéneas hacia el interior de la misma -similares a las de Tumbaya y Abra Pampa- y considerablemente diferentes a las de la Quiaca y sector norte de la Puna jujeña. La excepción a lo dicho la constituye la fuerte similitud en las variaciones interanuales entre Susques y Palca de Aparzo que como se observa en la FIGURA 4.4, aún tomando la serie 1972-1990 completa, muestran una notable similitud a pesar de sus diferencias en las magnitudes absolutas precipitadas.

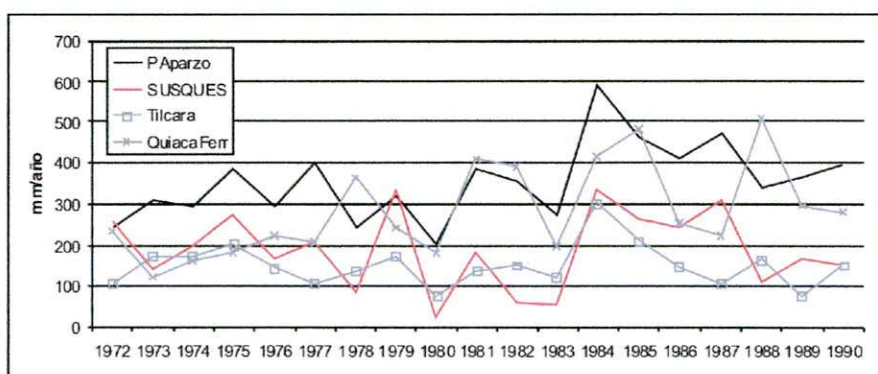


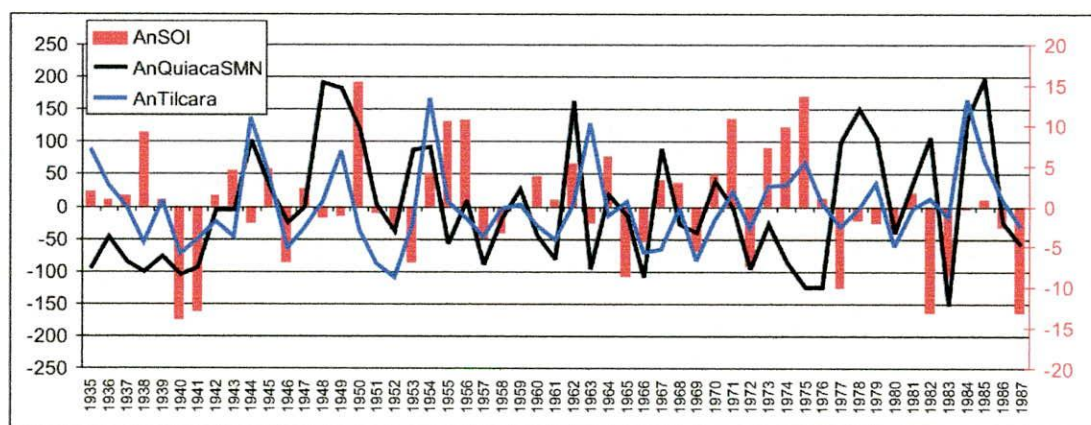
FIGURA 4.4. Series de los valores de precipitación anuales de Susques (rojo) , Palca de Aparzo (negra) Tilcara y La Quiaca FGMB (grises) del período 1972-1990.

En relación a la segunda pregunta sobre si existe una relación entre las variaciones interanuales en las precipitaciones y el fenómeno ENSO, Bianchi y colaboradores (2005) han sugerido que no parece haber una clara relación entre ellos. Estos autores sugieren que el impacto de ENSO en las precipitaciones se manifiesta como años excepcionalmente húmedos posteriores al evento, debido al aumento en las precipitaciones en Brasil. A modo de ejemplo citan el caso de 1984, posterior al evento El Niño 1982-83, donde Santa Catalina, Cieneguillas y Rinconada recibieron 1046, 742 y 1042 mm respectivamente. Sin poder descartar esta explicación, y tomando en cuenta que 1984 fue año La Niña (ver más adelante), consideramos que estas anomalías no responderían a efectos de ENSO, ya que se contraponen a lo propuesto por Gerreaud y colaboradores (2003). Recordemos que estos autores sugieren que las variaciones interanuales en las precipitaciones estarían más relacionadas a los cambios en el transporte de la humedad que a las variaciones en su disponibilidad en las zonas bajas, y que las fases cálidas de ENSO (eventos El Niño) tienden a reducir las precipitaciones en el área altoandina. Por otra parte, Muscio (1998-99) propone que las señales de baja frecuencia hallada en los análisis

espectrales que realizó sobre cuatro estaciones en Salta y la de la Quiaca en Jujuy se encontraban en fase entre sí y podrían estar asociadas a ENSO.

Ante la falta de acuerdo en este tema se decidió abordar aquí este problema de tres formas. En primer lugar, se evaluaron las correlaciones entre la serie del SOI del período 1935 y 1987 y las series de Tilcara (como caso testigo de la Quebrada de Humahuaca) y la Quiaca SMN (Puna Seca) del mismo lapso; y la de Susques (Puna Desértica) de un lapso menor y más reciente (1972-1996). En todos los casos los valores estarán expresados en anomalías (*i.e.* diferencias con la media de la serie) ya que resulta más pertinente al graficar un fenómeno que presenta fases positivas y negativas. En segundo lugar, se analizaron los espectros de las tres series citadas y que se encuentran relativamente distantes entre sí (que como hemos visto anteriormente presentaban una variabilidad interanual espacialmente heterogénea), para determinar las frecuencias significativas en cada una de ellas y si las mismas son compatibles con las frecuencias de ENSO para ese período. Finalmente, se evaluaron el valor y signo de la media de las precipitaciones de estas series y períodos durante las fases catalogadas como El Niño y La Niña para analizar el tipo de efectos que ENSO pudo haber tenido en las lluvias del área.

En la FIGURA 4.5 se encuentran graficados los valores de anomalía del SOI (barras rojas), de las precipitaciones de la Quiaca (curva negra) y de las de Tilcara (curva azul) del período 1935-1987. Como se observa, muchos de los eventos El Niño (SOI con valores negativos elevados, por ejemplo los eventos de 1982-83 y 1987) presentan valores positivos de precipitaciones, mientras que otros (*i.e.* los eventos de 1940-41, 1946, etc) muestran valores negativos. Lo mismo puede ser observado para los eventos La Niña. Los valores de correlación de Spearman no son significativos con un valor de $p < 0,01$ en ninguno de los casos, aunque si lo son con un $p < 0,05$ entre el SOI y la serie de Tilcara. Cabe notar, en virtud de la heterogeneidad de las precipitaciones en el área, la falta de correlación aún en niveles de $p < 0,05$ entre las series de la Quiaca y Tilcara.

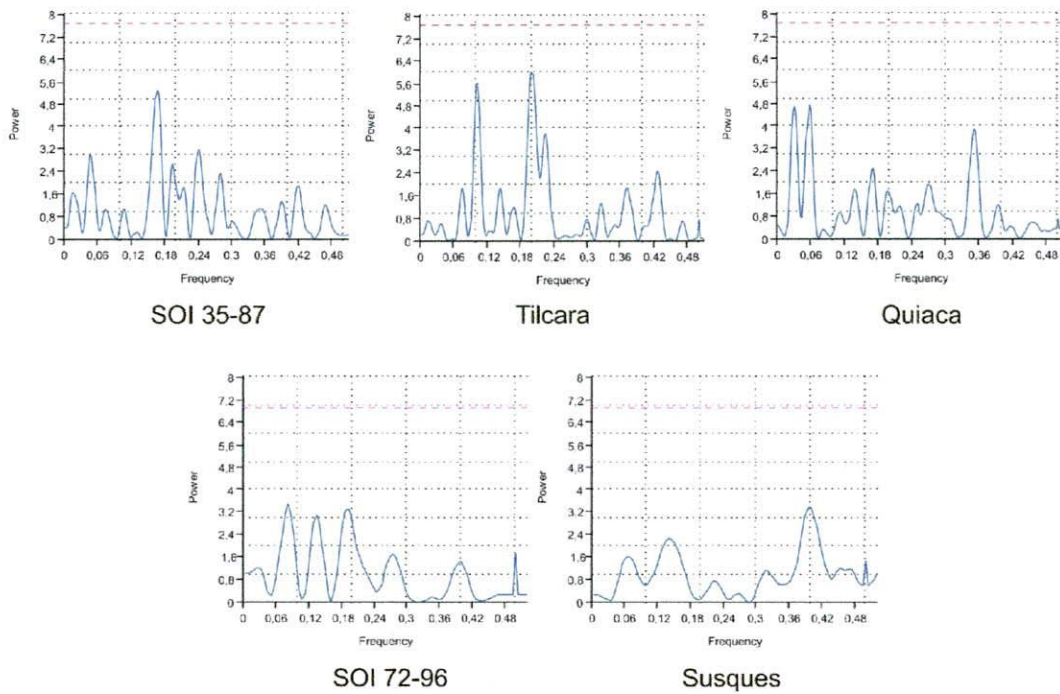


Spearman rs	SOIIndex	QuiacaSMN	Tilcara
SOIIndex		0,39289	0,048856
QuiacaSMN	0,11979		0,0603
Tilcara	0,27194	0,25979	

FIGURA 4.5. Series de valores de anomalías del SOI y de las precipitaciones de La Quiaca SMN y Tilcara (arriba) y matriz de correlaciones de Spearman (abajo) con los valores de correlación (izquierda y debajo en la tabla) y valores de significación (derecha y arriba en la tabla).

En relación con la comparación entre las frecuencias de la serie SOI y las series de precipitaciones citadas anteriormente, al observar los gráficos de análisis espectral (periodogramas de Lomb, FIGURA 4.6) la primera observación evidente es que en ninguno de los casos surgen frecuencias estadísticamente significativas (el límite mínimo de significación está indicado por una línea roja punteada). Los picos primarios y secundarios, sus frecuencias y los lapsos anuales que ellas representan se encuentran resumidos en la misma figura. Si observamos estos últimos, lo primero que sale a relucir es la falta de coherencia entre las dos series contempladas de SOI³, y a su vez la falta de ajuste de estas con el período que usualmente se contempla para los eventos ENSO, manifestando el principal problema derivado del trabajo con series temporales cortas. De todas formas, como Muscio (1998-99) ya lo había planteado, es notable la presencia en todos los casos (ver nota 3) de una variabilidad importante de alta frecuencia, consolidando su afirmación (y la de otros como Yacobaccio 1994) sobre la fuerte variabilidad de corto plazo existente en las precipitaciones en el área, así como su comportamiento estocástico. Por el contrario, no se observa -a diferencia de lo expresado por Muscio (1998-99)- una fuerte homogeneidad en las frecuencias de las estaciones analizadas, sino más bien diferencias notables (ver periodogramas de Tilcara, Quiaca y Susques) que confirman la heterogeneidad en el comportamiento de las precipitaciones en el área estudiada.

³ En el caso de SOI 1935-87 el menor valor de lag es 8,8, pero como puede apreciarse en el gráfico, existe un tercer pico importante con casi el mismo valor de significación que el pico 2 en una frecuencia de aproximadamente 0,05 que es equivalente a unos 3 años. Así si tomamos los picos 1 y 3 nos encontramos con frecuencias de 3-8,5 años próximas a lo definido para el fenómeno (3-7 años).



Lomb periodograms	SOI 35-87	Tilcara	Quiaca	SOI 72-96	Susques
Peak Primario	5,3103	5,9464	4,7652	3,456	3,338
Frec Primaria	0,166	0,1995	0,0576	0,0833	0,4041
Δt Primario (años)	8,8	10,6	3	2,1	10,1
Peak Secundario	3,1393	5,5892	4,4819	3,276	2,235
Frec Secundaria	0,2403	0,1037	0,3365	0,1927	0,1406
Δt Secundario (años)	12,7	5,5	17,8	4,8	3,5

FIGURA 4.6. Periodogramas de Lomb (arriba) y tabla de los resultados del análisis espectral (abajo) citando picos, frecuencias y lapsos temporales primarios y secundarios. La línea roja punteada indica el valor de $p < 0.05$.

Sobre la base de los años definidos por Quinn y Neal (1992) como eventos El Niño para el período 1935-1987⁴ y de los definidos como La Niña por el IRI⁵ se ha calculado la media de los valores de precipitaciones para ambos tipos de evento sobre 10 estaciones que contemplan el período completo en el caso de El Niño y el de 1950-1987 para La Niña. Asimismo, se incorporaron 5 estaciones más que presentan solo el período 72-87 pero que amplían el área de cobertura para el estudio de los eventos. Los valores de las medias totales y parciales se resumen en la FIGURA 4.7, los datos de origen y las medias para cada una de las estaciones se presentan en las TABLAS 1 Y 2 y GRÁFICOS 1, 2 Y 3 del ANEXO DEL CAPÍTULO 4.

⁴ Los años el Niño tomados son 1939, 1940-41, 1943, 1951, 1953, 1957-58, 1965, 1969, 1972-73, 1976, 1982-83 y 1987. El estudio de estos autores excede este período ya que enumeran los eventos El Niño para los últimos 500 años y los categorizan desde Muy Intensos a Moderados.

⁵ The International Research Institute for Climate and Society, para más detalles recurrir a <http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/background/pastevent.html>

1935-87 N Niño=16	Diferencia mm/año	Serie 35-87 mm/año	% Diferencia (El Niño)
Media general Niño	-38.02	230.20	-16.52
Quebrada	-31.83	181.16	-17.57
Puna Seca Este	-38.49	274.32	-14.03
Volcán	-125.00	392.08	-31.88
1972-87 N Niño=6	Diferencia mm/año	Serie 72-87mm/año	% Diferencia (El Niño)
Media general Niño	-81.46	395.83	-20.58
Puna Seca Oeste	-93.95	445.66	-21.08
Puna Desértica	-31.50	196.50	-16.03
N estaciones=15	Diferencia mm/año	Media general mm/año	% Diferencia (El Niño)
Media ambas series Niño	-64.15	297.94	-20.12
1950-87 N Niña=11	Diferencia mm/año	Serie 50-87 mm/año	% Diferencia (La Niña)
Media general Niña	47.24	235.75	20.04
Quebrada	43.13	169.10	25.50
Puna Seca Este	50.81	258.46	19.66
Volcán	43.13	344.20	12.53
1972-87 N Niña=4	Diferencia mm/año	Serie 72-87mm/año	% Diferencia (La Niña)
Media general Niña	107.86	397.29	27.15
Puna Seca Oeste	115.85	448.21	25.85
Puna Desértica	75.93	193.57	39.23
N estaciones=15	Diferencia mm/año	Media general mm/año	% Diferencia (La Niña)
Media ambas series Niña	65.77	282.71	24.55

FIGURA 4.7. Datos areales y generales sobre las diferencias en los volúmenes precipitados durante El Niño (arriba) y La Niña (Abajo).

Dos observaciones preliminares pueden hacerse antes de abordar los resultados centrales de este análisis. Por un lado, en todas las estaciones estudiadas el resultado de la media de los años El Niño resultó de signo negativo y los de La Niña positivo. Por el otro, paradójicamente, todos los casos estudiados presentaron al menos un año (en varios de los casos, como los de la Quebrada de Humahuaca, hasta cuatro o cinco) con valores inversos a lo esperable para cada caso, esto es muy por encima de la media en las fases El Niño y por debajo en La Niña. Estas observaciones nos brindan alguna certeza, como que el efecto promediado de El Niño es la generación de condiciones más secas y La Niña más húmedas. También confirma que no es esperable predecir sequías durante años El Niño ni años lluviosos durante La Niña en la Puna Norte y Quebrada de Humahuaca.

Si observamos la FIGURA 4.7 surgen otras observaciones. La reducción promedio en las lluvias durante años El Niño asciende hasta casi 100 mm/año en las zonas más húmedas de la Puna y hasta 30 mm/año en la Puna Desértica y Quebrada de Humahuaca, representando entre un 30 y 15% de las precipitaciones anuales respectivamente. En contrapartida, durante las fases frías de ENSO (*i.e.* La Niña) se observa un aumento en las precipitaciones que asciende hasta más de 100 mm/año en la parte más húmeda de la Puna Seca, 70 mm/año en la Puna Desértica y más

de 40 mm/año en la Quebrada de Humahuaca y Puna Seca Este, representando un 26, 39 y 25% de aumento en las precipitaciones medias de cada sector. En definitiva, podemos resumir que en el área durante los lapsos estudiados ha precipitado en promedio un 20% menos (*i.e.* >60 mm/año) durante los años con eventos El Niño en pleno desarrollo y un 24% más (*i.e.* >65 mm/año) durante las fases frías de ENSO (La Niña).

Resumiendo todo lo visto hasta aquí en cuanto a la variabilidad en las precipitaciones, resulta claro que en el área estudiada las lluvias varían fuertemente y son poco predecibles en el corto plazo (*i.e.* <5 años), mostrando un comportamiento espacialmente heterogéneo en distancias relativamente cortas, como lo han evidenciado los análisis de espectro. Que esta variabilidad de corto plazo esté estrictamente vinculada a los efectos de El Niño/La Niña en la región deja serias dudas. Lo que resulta claro es que ENSO tiene un impacto real en las precipitaciones del área alcanzado a reducir en promedio hasta el 20% de las mismas durante eventos El Niño y aumentarlas hasta un 24% durante las fases La Niña. De todas formas, también resulta claro que no todos los eventos El Niño registrados, al menos entre 1935 y 1987, han tenido un impacto vinculado a años secos. Algo similar puede observarse con La Niña y los años húmedos. El ejemplo más ilustrativo que puede ser citado es el caso de Tilcara, que si bien muestra una correlación significativa ($p = <0,05$) entre la serie SOI y sus precipitaciones, al analizar sus datos anuales de precipitación se observa que 5 de los 16 eventos El Niño presentes entre 1935-1987 mostraron niveles de precipitaciones por encima de la media, y que 4 de los 11 eventos la Niña presentes en el período 1950-1987 mostraron un comportamiento inverso al esperado.

TEMPERATURAS EN LA PUNA JUJEÑA

Si observamos el mapa con las isotermas (FIGURA 4.3) resulta coherente que la variación espacial en las temperaturas se corresponda con el gradiente altitudinal de la región. Esto es, las temperaturas claramente son más bajas en las altitudes mayores del oeste de la provincia, aumentando a medida que nos movemos hacia las tierras bajas del este. La gradiente de variación de temperatura en relación a la altura puede calcularse en aproximadamente el descenso de un grado cada 300 m de incremento en la altitud. En cuanto al estudio de su variación diacrónica, se utilizaron las mismas herramientas que para el análisis de las precipitaciones: evaluación de la correlación entre las series, análisis espectral y media de los años asignados a eventos El Niño por Quinn y Neal (1992) y La Niña por ISI. En este caso, el trabajo que se ha podido realizar es más limitado debido a que solo se cuenta con la serie 1935-1977 de La Quiaca del Servicio

Meteorológico Nacional. De todas formas, ya que sabemos que las temperaturas muestran un comportamiento espacialmente más homogéneo, la utilización de una serie como ésta resulta suficiente para evaluar de manera sumaria su desarrollo general a través del tiempo.

El valor resultante de correlación de Spearman ($r=-0,3124$) fue significativo ($p= <0.05$) y negativo, lo que sugiere una correlación inversa entre la serie de SOI y las anomalías de temperatura en La Quiaca. En otras palabras, los años con eventos El Niño tienden a ser más cálidos que la media y la Niña más fríos. Esto resulta claramente observable para los años El Niño de la serie (*i.e.* 1939, 1940-41, 1943, 1951, 1953, 1957-58, 1965, 1969, 1972-73) (FIGURA 4.8).

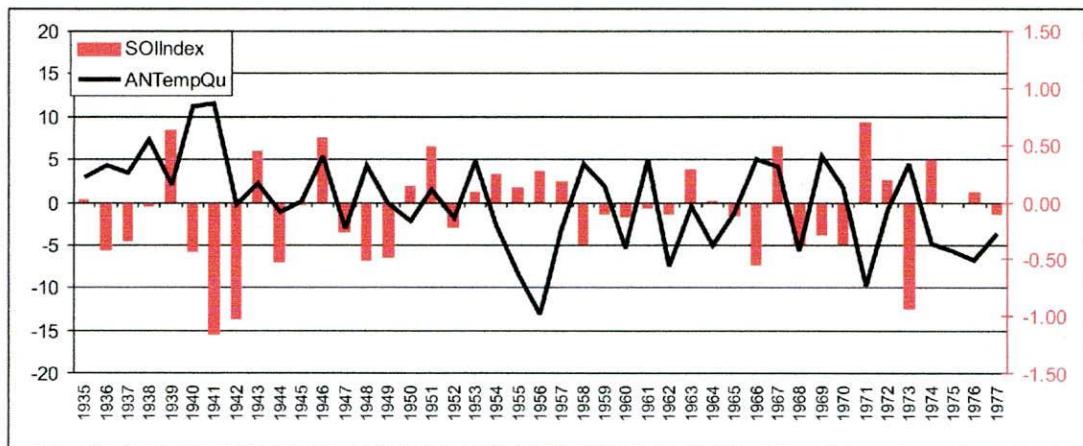


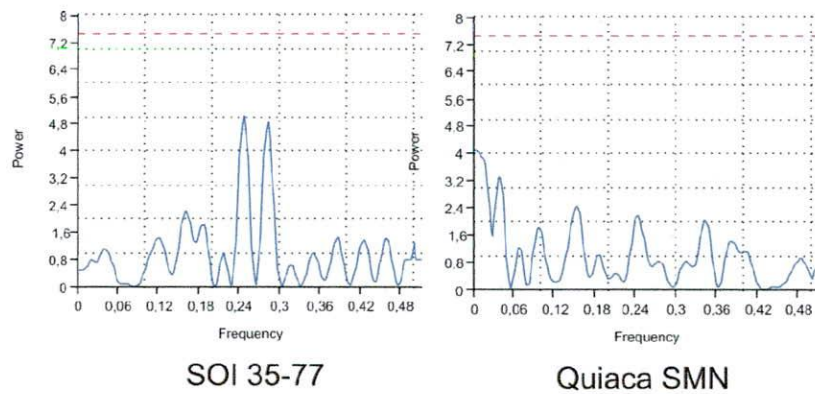
FIGURA 4.8. Series de anomalías del SOI y de las temperaturas de La Quiaca SMN del período 1935-1977.

Esta tendencia pareciera confirmarse si comparamos la media de la serie 1935-1977 de $9,38\text{ }^{\circ}\text{C}$ con la de los años determinados como El Niño de $9,65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($N=12$) y de $9,02\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($N=12$) para La Niña durante este mismo lapso. Esto estaría indicando un aumento promedio de $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ en las temperaturas anuales del área durante las fases cálidas de ENSO y una baja de $0,63\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $0,6-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ en los últimos 150 años (según datos del *National Climate Data Center*⁶), 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 (*i.e.* 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.

⁶Perteneciente al NOAA (*National Oceanographic and Atmosphere Administration*) de los Estados Unidos. Para ver las reconstrucciones de las tendencias en las temperaturas desde 1850 como indicadores del Calentamiento Global consultar <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/globalwarming/instrumental.html>

Los resultados del análisis espectral de la serie de temperaturas de La Quiaca SMN (FIGURA 4.9) sugieren que no presenta ciclos con frecuencias significativas. Dentro de los ciclos relevantes se vuelve a observar la fuerte variabilidad de alta frecuencia observada para las precipitaciones, que en este caso se acerca a un período bianual. Luego el pico secundario podría estar en fase con el ciclo de 7 años propuestos para El Niño, aunque al comparar los resultados del espectro de La Quiaca con el del SOI para el mismo período el único en que se aproxima es el de una frecuencia de 0,24 que implicaría un Δt próximo a los 10 años.

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 con temperaturas más frías. Estas observaciones parecen reafirmar lo sugerido por Garreaud y colaboradores (2003) para el resto del área andina.



Lomb Periodograms	SOI 35-77	Quiaca 35-77
Peak Primario	5,0235	3,3069
Frec Primaria	0,24702	0,03869
Δt Primario (años)	10.37	1.62
Peak Secundario	4,8348	2,4314
Frec Secundaria	0,28274	0,15476
Δt Primario (años)	11.88	6.50

FIGURA 4.9. Periodogramas de Lomb y resultados del análisis espectral para la serie SOI 35-77 y la de temperaturas de La Quiaca SMN.

CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA Y SUS ANOMALÍAS EN LOS ANDES A TRAVÉS DEL TIEMPO

Kull y Grosjean (1998) han demostrado que procesos como la renombrada fase lacustre Tauca (10.500-13.000 AP) no surgen exclusivamente de forzantes climáticos como los cambios ocurridos en la insolación sobre el área debidos a los ciclos de Milankovitch o a forzantes locales como los cambios en el albedo, sino que lo hacen como una respuesta general del Altiplano a los cambios en sus fuentes de humedad y de sus teleconexiones con otras regiones. Por esta razón, y debido a que esta tesis no se orienta a explicar los orígenes de los cambios sino a describir y explicar sus consecuencias, se resume brevemente la manera en que se ha interpretado la circulación atmosférica y su variabilidad en el área en el pasado.

El modelo de circulación atmosférica que se propone para el Máximo Glacial (*sensu* Villagrán 1993) contempla una circulación oceánica caracterizada por un desplazamiento hacia el Ecuador de aguas subpolares, gradientes térmicos agudizados en las regiones templadas y una ITCZ ubicada próxima, o ligeramente al norte, de sus posiciones modernas. Estos cambios implican una intensificación de la circulación oceánica y probablemente atmosférica durante este período, con un robustecimiento y probable migración al norte de los *westerlies*. Esta intensificación de los *westerlies* estaría acompañada por vientos más intensos sobre Sudamérica en general, vinculados a la presencia de anticiclones más vigorosos en ambos océanos. Los efectos más importantes sobre el altiplano estarían vinculados a la formación de frentes fríos de orientación SO – NE, desviándose luego hacia el norte hasta el Ecuador. Los cambios de la magnitud y características aquí descritas coinciden con las condiciones sugeridas por Hastenrath (1971) de mayores precipitaciones y bajas temperaturas –vinculadas también según este autor a migraciones de los *westerlies*- responsables de un importante descenso de la línea de nieve en el NOA (*i.e.* entre 700 y 1200 m) durante el máximo glacial. Si bien este autor otorga particular importancia al incremento de las precipitaciones en el cambio de la altitud de la línea de nieve, un descenso de este tipo puede corresponder a un descenso en la temperatura anual media de entre 2 y 4 grados.

Para el Tardiglacial -particularmente hacia el 13.000 AP- Villagrán (1993) ha sugerido un debilitamiento del Anticiclón del Atlántico Sur. Este debilitamiento pudo haber favorecido la actividad monzónica en el este de Sudamérica. Estas variaciones en el régimen de lluvias explicarían las oscilaciones de los niveles de paleo-lagos del Altiplano de Bolivia que alcanzaron sus máximos durante la Fase Tauca (13.000-10.500 AP), en fase, a su vez, con los de la laguna Lejía en el Norte de Chile (Grosjean *et al.* 1991). En general, todos los autores han atribuido estas fases lacustres altas a una intensificación de las lluvias procedentes del NE.

Finalmente, Villagrán (1993) propuso para el Holoceno un proceso de reversión de la asimetría preexistente entre el Anticiclón del Pacífico y el del Atlántico, hasta producir un balance

inverso que se consolida hacia el 7500 AP. Esto pudo haber generado que en el Pacífico Sur entre el 11.000 AP y la transición entre el Holoceno Temprano y Medio, se produzca un descenso gradual de la presión atmosférica. A su vez, el desplazamiento hacia el Ecuador de la vanguardia atlántica de la ITCZ, asociado al aumento de las temperaturas oceánicas postglaciales, pudieron haber robustecido el Anticiclón del Atlántico Sur durante la transición Holoceno Temprano-Medio (Villagrán 1993). Hacia el Holoceno Tardío la ITCZ volvería nuevamente hacia su posición más meridional y los anticiclones comenzarían a presentar su actual balance. Este vínculo entre la variabilidad climática del Pacífico y los cambios en la ITCZ y, consecuentemente, en la abundancia de las precipitaciones estivales, fue estudiado por Haug y colaboradores (2001) mediante series de titanio (Ti) y hierro (Fe) de los sedimentos de la cuenca de Cariaco, en la costa Venezolana. Este estudio sustenta lo sugerido por Villagrán (1993) en lo referente a la migración hacia una posición más ecuatorial que la actual de la ITCZ durante el Holoceno Medio y su posterior avance septentrional durante el Holoceno Tardío. Estos cambios en el balance de los anticiclones también fue sugerido por Markgraf (1998), aunque esta autora observa que la recuperación del Anticiclón del Pacífico habría comenzado hacia el 9000 AP y que las migraciones estacionales de los *westerlies* se consolidaron hacia el 4000 AP. Al respecto, los estudios geomorfológicos y pedológicos realizados por Veit (1996) en la región de Norte Chico, Chile (27°-33° S), sugieren un incremento en la actividad de los *westerlies* en estas latitudes durante el período previo a 7300 AP, entre 5000 y 3700 AP, entre 3.000 y 1.800 AP y alrededor del 270 AP. Esto coincide con lo propuesto por Villagrán (1993), como veremos en el próximo apartado, con los eventos más frecuentes e intensos de El Niño que se instalarían entorno al 5000 AP.

ENSO A TRAVÉS DEL TIEMPO

En un trabajo reciente Bradley (2000) ha sugerido que la frecuencia de ENSO a través del tiempo no ha sido constante. Por ejemplo, durante el siglo XIX su variabilidad parece haber tenido una frecuencia decadal, mientras que en el XVIII similar a los 3-7 años del siglo XX (Bradley 2000). Por esta razón, numerosos trabajos han usado distintos *proxies* para abordar el tema de la presencia y frecuencia de ENSO en el pasado.

Un análisis de moluscos procedentes de sitios arqueológicos de la costa norte y central de Perú, entre los 5°S y los 20°S, sugirió que los eventos ENSO entre 8800 y 5800 AP estaban ausentes o eran significativamente diferentes, incrementando su frecuencia entre 3200 y 2800 AP (Sandweiss *et al.* 2001). Otros análisis litoestratigráficos y mineralógicos realizados por Riedinger y colaboradores (2002) del lago hipersalino del cráter Bainbridge de las Islas Galápagos brindaron

un registro que permitió estudiar la intensidad y frecuencia de los eventos ENSO de los últimos 6100 años (FIGURA 4.10). Estos datos mostraron que la actividad de ENSO en el Holoceno Medio era poco frecuente, al menos durante el período 6100-4000 AP, incrementando su frecuencia e intensidad en los últimos 4000 años. Estos mismos autores (Riedinger *et al.* 2002) también sugirieron que debió haber existido actividad de tipo ENSO entre el 8000 y el 6200 AP en Galápagos en virtud de los altos niveles de lagos que pudieron ser registrados.

Cronología		Eventos Intensos/ Muy Intensos	Eventos Moderados	Total de Eventos	Media por Período
Holoceno Tardío	1000 AP – Presente	36	5	41	89
	2000 – 1000 AP	14	152	166	
	3000 – 2000 AP	30	29	59	
	4000 – 3000 AP	7	83	90	
Holoceno Medio	5000 – 4000 AP	9	4	13	40
	6100 – 5000 AP	14	52	66	

FIGURA 4.10. Abundancia intensidad de eventos El Niño registrados en Bainbridge, Islas Galápagos por períodos de 1000 años y valores medios cada 1000 años para Holoceno Medio y Tardío. Tomado y modificado de Riedinger *et al.* (2002).

Por su parte, Villagrán (1993) sugirió que en Sudamérica entre el 8000 y 7000 AP se registran cambios análogos a los que ocurren durante los actuales eventos ENSO. Esta autora (Villagrán 1993) cita resultados de estudios realizados por otros investigadores que han sido interpretados como efectos de ENSO, por ejemplo, que entre 5000 y 4000 AP se registran siete eventos en la costa de Brasil central, inferidos a partir de las variaciones en la dirección del transporte de arenas eólicas, y que antes del 4000 AP parecen existir evidencias de numerosos períodos con condiciones análogas a eventos ENSO más largos e intensos que los actuales. Markgraf (1998) define a estos siete eventos registrados en Brasil como eventos mega-ENSO, registrándose solo otros tres en esta área entre el 2500 AP y la actualidad, y ninguno en el período comprendido entre 3600 y 2500 AP. Información procedente de análisis sedimentarios de un núcleo de la laguna Pallcacocha, Ecuador, sugieren que los eventos tipo El Niño entre el 15000 y 7000 AP eran extremadamente débiles y aislados (*i.e.* ciclos >15 años), incrementado progresivamente su intensidad y frecuencia a partir del 5000 AP (Rodbell *et al.* 1999).

A pesar de estos eventos puntuales y de intensidades variables previos al 7000-5000 AP, en general, todos los estudios sobre ENSO sugieren que los eventos de este fenómeno parecen haber adquirido la dinámica actual hace 4000-3000 años, resultando de por sí interesante debido a la variedad de líneas de evidencia involucradas.

La información sobre este fenómeno procedente de regiones distantes presenta evidencias coherentes con los resultados citados hasta aquí. Por ejemplo, los datos de la

estratigrafía de partículas de carbón del Holoceno Tardío en Sierra Nevada, California, indican una intensificación de El Niño a partir del 3000 AP. Por su parte, información polínica procedente del sudoeste de la península de Florida, parece registrar eventos ENSO periódicos a partir del 7000 y el establecimiento de su intensidad moderna a partir del 3500 AP (Donders *et al.* 2005). Otro dato en el mismo sentido procede de registros polínicos y de carbones de Nueva Zelanda y Australia que muestran influencias de ENSO solo después del 5800 AP y un desarrollo completo de este fenómeno con posterioridad al 3200 AP (Sandweiss *et al.* 2001).

EXPECTATIVAS TEÓRICAS SOBRE EL CLIMA Y SU VARIABILIDAD EN EL PASADO A PARTIR DE LOS MODELOS DE CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA

A partir de los modelos de circulación atmosférica propuestos para los últimos 18.000 años, su funcionamiento y las características actuales del clima de la Puna Jujeña es posible generar una serie de expectativas sobre su impacto climático en ambas vertientes de la puna entre los 22° y 25° S. La FIGURA 4.11 resume tanto las tendencias teóricas regionales de largo plazo, en cuanto a precipitaciones y temperaturas, como su variabilidad de corto plazo, en términos de frecuencia e intensidad (*i.e.* el grado de inestabilidad climática). En cuanto a las últimas, se buscó estimar la magnitud relativa de los cambios en diferentes períodos tomando como base las frecuencias e intensidades derivadas de los datos disponibles sobre ENSO.

Sobre la figura cabe aclarar que se han incluido en las tendencias de largo plazo de las precipitaciones, la presencia de *westerlies* al norte de su posición habitual. Esto se realizó con el fin de indicar los períodos en los cuales es esperable un comportamiento más asimétrico de las precipitaciones entre ambas vertientes de la cordillera. Como hemos mencionado en apartados anteriores, durante estos eventos resultan más frecuentes las precipitaciones invernales y se reducen las estivales en la vertiente occidental de los Andes. Asimismo, debemos recordar que existe una asimetría en las precipitaciones estivales que favorecen a la vertiente oriental y parece haberse consolidado a comienzos del Holoceno Medio. Así, los casos donde las precipitaciones invernales pueden haber tenido una influencia significativa, en cuanto a su aporte en la media anual, parecen comprender desde el MG hasta el comienzo del Holoceno Medio (ver FIGURA 4.11). Durante este período son esperables, entonces, tanto momentos con mayor abundancia de precipitaciones invernales en la vertiente chilena (*i.e.* durante el MG y entre el 11.000 y el 7500 AP), como otros con mayores precipitaciones estivales sobre el área Argentina (*i.e.* entre el 14.000 y el 11.000 AP y del 7500 en adelante). De todas formas, la relación entre ambas vertientes en términos de las abundancias absolutas de precipitaciones resulta elusiva. Esto se debe a que si

bien conocemos la significancia actual, por ejemplo, del aporte de fenómenos de precipitaciones invernales derivados de frentes fríos para el área chilena, resulta demasiado especulativo estimarlos dentro de modelos de circulación diferentes, donde su naturaleza en cuanto a frecuencia, intensidad y duración es aún desconocida.

Una observación relevante que puede realizarse frente a las expectativas teóricas generales que se desprenden de la síntesis antecedente es la marcada humedad y estabilidad en cuanto a la variabilidad de corto plazo presente entre el Máximo Glacial y comienzos del Holoceno Medio. Estos factores, sumados al aumento de las precipitaciones y descenso de las temperaturas inferidas para el MG -precipitaciones de 2 a 4 veces mayores y temperaturas de 4,5 a 8 °C menores a la media actual (Kull *et al.* 2003)- implicarían un aumento regional, gradual y sostenido, de los niveles de freática, permitiendo el desarrollo de abundantes ambientes ecológicamente productivos. Estas condiciones, que parecen haber mantenido niveles de algo más del doble de precipitaciones hasta el 9000 AP (Grosjean *et al.* 1995), tienen que haber favorecido, a su vez, la expansión regional de suelos orgánicos, aunque en zonas altas dichos procesos pueden haber estado debilitados por una descomposición más ineficiente de la materia orgánica debida a las bajas temperaturas.

A la inversa, lo remarcable a partir del comienzo del Holoceno Medio es la inestabilidad climática que se infiere tanto en escalas reducidas (interanual) como amplias (milenaria). En este sentido, tanto la variabilidad de corto plazo como la milenaria presentan variaciones en su frecuencia e intensidad. A modo de ejemplo, el período comprendido entre el 5000 y el 4000 AP muestra variaciones poco frecuentes (una quinta parte de los eventos esperables a partir de la media) pero muy intensas, mientras que entre el 2000 y 1000 AP presenta el doble de los eventos esperables pero de una intensidad moderada. En términos ecológicos, la variabilidad de alta frecuencia sumada al aumento observado en las temperaturas medias del área (y el consecuente impacto de esta última en la evaporación) implica una menor posibilidad de desarrollo de ambientes productivos, que éstos sean más inestables e impredecibles en el corto y mediano plazo y que estén más heterogéneamente distribuidos.

Hasta aquí se han descripto y analizado los principales elementos del clima -presentes y pasados- tanto de los Andes, en general, como de la Puna Jujeña, en particular. En el siguiente capítulo se revisan los aspectos geográficos y bióticos del área de estudio, completando con ellos una caracterización ambiental detallada de la Puna Seca Argentina.

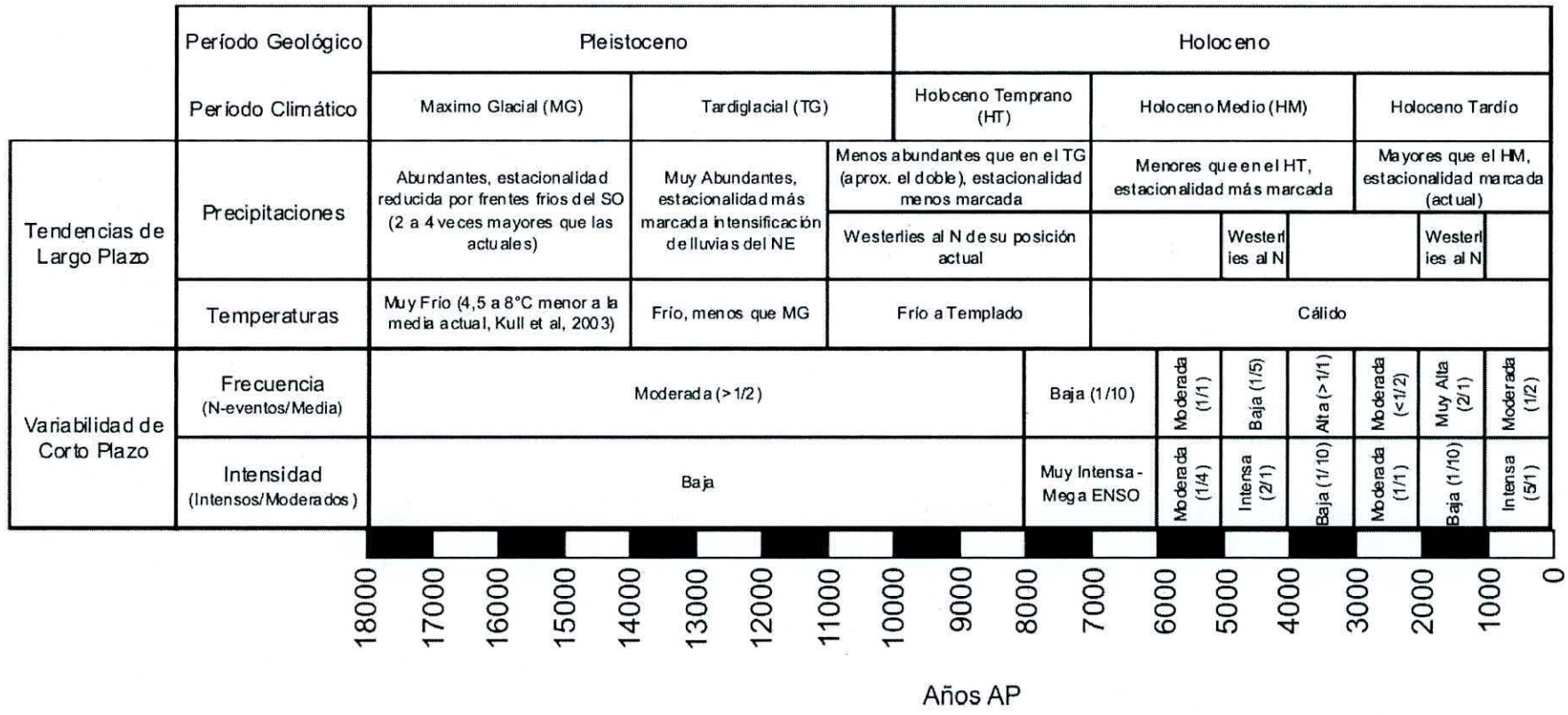


FIGURA 4.11. Esquema teórico de las Tendencias de Largo plazo y la Variabilidad de Corto Plazo esperables para el área Andina

ASPECTOS GEOGRÁFICOS Y BIÓTICOS DE LA PUNA SECA Y SU DIMENSIÓN ECOLÓGICA

CAPÍTULO

5

INTRODUCCIÓN

Los desiertos constituyen uno de los mayores hábitats del mundo, formando bandas de tierras áridas a lo largo de los Trópicos que cubren aproximadamente un 20% de la superficie terrestre (Smith y Hesse 2005). Aunque los desiertos del Hemisferio Sur conforman menos del 25% de estos ambientes, presentan una diversidad notable que incluye ambientes hiperáridos como los desiertos del Namib y Atacama, pasando por los pastizales áridos de las sabanas del Kalahari, los campos de dunas continentales de Australia y, el caso que aquí nos ocupa, las áridas tierras altas de la Puna Argentina.

Ya que en esta tesis se abordan con particular detalle las características del ambiente y los cambios que se sucedieron en el paisaje puneño en el pasado, resulta esencial realizar una descripción pormenorizada de los elementos bióticos y abióticos fundamentales que lo integran, sus características y relaciones. Con particular detalle se abordan aquellos elementos del ecosistema puneño que pudieron haber resultado centrales para la supervivencia humana en el área de estudio. Este capítulo, por lo tanto, se abocará a la caracterización ecológica de la Puna, su diversidad espacial y cronológica en cuanto a flora, fauna e hidrografía, entre otros elementos.

LA PUNA: GENERALIDADES

Como ya se ha mencionado, la altura que alcanza el territorio Argentino en su borde occidental ejerce un efecto fundamental sobre las características del ambiente. Desde la frontera con Bolivia en el extremo norte hasta la porción septentrional de la provincia de Catamarca, se extienden entremezclados dos paisajes caracterizados por su altitud: la Puna y los Altos Andes. La

Puna se caracteriza por presentar un paisaje desértico, fragmentado, con escasos humedales y una exigua cobertura vegetal dominada por especies arbustivas, mientras que los Altos Andes, ubicados por encima de los 4000 msnm, presentan menor densidad de humedales enmarcados en una extensa estepa de gramíneas.

La Puna ha sido definida geográficamente como la región ubicada por encima de los 3000 msnm entre los 22° y 27° de latitud Sur, surcada por numerosos cordones montañosos en sentido NE-SO (Olivera 1991). En términos ecológicos se trata de un bioma¹ de desierto de altura (Muscio 1998-99) que presenta una alta variabilidad climática interanual no predecible (ver Capítulo 4) y una baja productividad primaria (ver más abajo) que ha limitado la diversidad de las especies de ungulados que la habitan, en comparación con otros desiertos del hemisferio sur como el Namib o el Kalahari (Santoro *et al.* 2005).

En la Puna, la altura, la radiación solar y el agua son las variables mejor correlacionadas con la variación de sus comunidades vegetales, y en consecuencia, con la estructura total de la biodiversidad del bioma (Muscio 1998-99). Existe también una heterogeneidad de procesos que producen una notable variabilidad de escala local, debida principalmente a la incorporación diferencial de distintas propiedades del paisaje, siendo su expresión más significativa el desarrollo de suelos (Huggett 1991). A modo de ejemplo, la altitud genera diferencias marcadas en la pedogénesis y en la composición de las comunidades florísticas en diferentes fajas altitudinales dentro de una misma banda latitudinal (Huggett 1995). La interacción de esta variedad de propiedades da como resultado una estructuración del paisaje en forma de mosaico (Yacobaccio 1994), con una productividad primaria extremadamente dispar entre zonas relativamente cercanas. Las áreas de mayor productividad en relación a sus colindantes fueron denominadas por Yacobaccio (1994) como Zonas de Concentración de Nutrientes (ZCN), en virtud de la abundancia de energía y biodiversidad disponible en estas zonas en relación con la media regional.

Esta región presenta ciertas regularidades y diferencias de escala subregional que ha permitido la división de la Puna en: Puna Seca (o Puna Norte), Puna Salada (o Puna Sur) y Puna Desértica (o Puna Transicional, el ecotono entre las dos anteriores). Sus características propias están regidas en gran medida por el particular balance entre la radiación solar y el agua disponible en cada una de las subregiones y por procesos de escala local que regulan la oferta energética a lo largo del paisaje (Muscio 1998-99). A modo de ejemplo, la Puna Desértica no posee extensiones de gramíneas tan grandes como la Puna Seca, mientras que los sectores con pastos no están tan restringidos geográficamente como en el ámbito de la Puna Salada. Esta tesis aborda

¹ Por bioma se entiende a una comunidad animal y vegetal que ocupa un área climáticamente uniforme en una escala continental (Huggett 1991).

fundamentalmente los cambios sucedidos en la Puna jujeña y norte de la Puna salteña, por lo que resulta pertinente enfocarnos en el análisis detallado de las características de la Puna Seca, aunque eventualmente se incluyan las características de ciertas variables de la Puna Salada para realizar comparaciones.

HIDROGRAFÍA Y MODELOS HIDROLÓGICOS CON ESTRATIFICACIÓN ALTITUDINAL

El escaso desarrollo de la red hidrográfica de la Puna se explica por la presencia de los cordones montañosos a ambos lados de la misma, que reducen la llegada de humedad tanto del Atlántico como del Pacífico. Por lo tanto, cabe decir que la existencia de una extensión tan amplia como la Puna surcada exclusivamente por cursos de agua endorreicos está principalmente producida por sus características orográficas y sus efectos sobre el clima. Dado el reducido aporte meteórico (ver Capítulo 4), el desarrollo de la red hidrográfica de la Puna no ha alcanzado un gran desarrollo (Würschmidt 1975). El área de estudio incluye seis subcuencas hidrográficas (*i.e.* Pozuelos, Salinas Grandes–Guayatayoc, Vilama, Zapaleri, Cauchari-Olaroz, Jama) cuyos ríos de régimen permanente más importantes son el Pastos Chicos-Coranzuli-Las Burras, Rosario de Susques, Zapaleri, Tinte, Pircas, Cincel, Santa Catalina y Miraflores en Jujuy y los ríos San Antonio de los Cobres, Potreros y Olacapato en el norte de la Puna salteña. En general, el régimen hidrológico es torrencial (coincidiendo con la temporada de precipitaciones), escurriendo e infiltrándose rápidamente. Cuando las precipitaciones alcanzan el volumen suficiente, llegan hasta los fondos de las cuencas donde se evaporan totalmente formando los clásicos depósitos salinos del área (Würschmidt 1975). Además de las crecidas estacionales se producen importantes crecidas diarias debidas a los procesos de congelamiento y licuación de las aguas en las cuencas que poseen sus cabeceras en las altitudes mayores y que constituyen los mencionados cauces permanentes (Würshmidt 1975).

Tchilinguirian (2009) ha modelado recientemente la reacción de los sistemas fluviales de diferente tamaño pertenecientes a cuencas de aporte ubicadas a diferente altitud ante variaciones en las precipitaciones con el fin de entender su impacto en los registros paleoambientales. La FIGURA 5.1 muestra las variaciones producidas debido a un aumento sostenido de las precipitaciones en sistemas con sus cuencas de aporte por encima y debajo de los 4500 msnm. En las primeras, el impacto del monto precipitado produce la activación de nuevas vertientes y cauces tributarios que pueden incluso llegar a activar la cuenca principal ubicada fuera del área de recarga. Asimismo, produce el corrimiento del ecotono de las comunidades del Pajonal sobre las

del Tolar. En el segundo caso, los sistemas con sus cuencas de aporte por debajo de los 4500 msnm, no se producen modificaciones significativas más allá de su impacto en la vegetación.

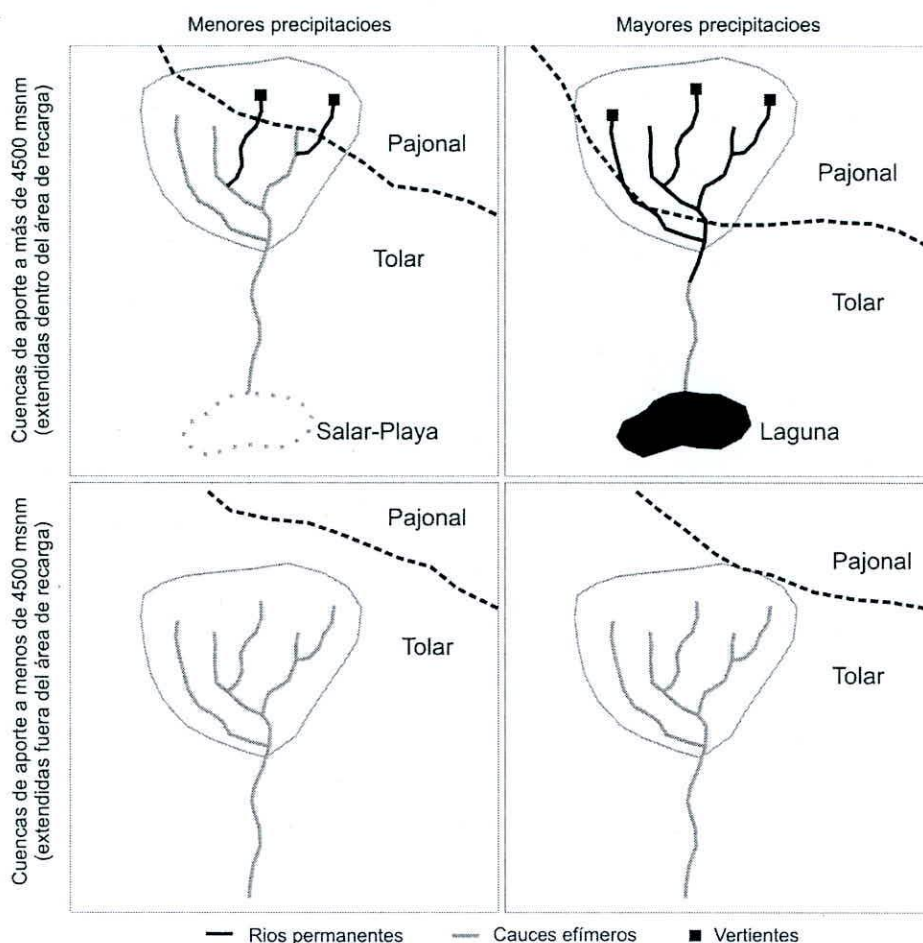


FIGURA 5.1. Modelo de comportamiento diferencial de los sistemas fluviales ubicados por encima y debajo de los 4500 msnm ante modificaciones en la abundancia de precipitaciones (modificado de Tchilinguirian 2009).

En el caso de la FIGURA 5.2 se presenta el comportamiento diferencial que se produce en sistemas fluviales de diferente tamaño cuyas cuencas de aporte también se encuentran ubicadas por encima y debajo de los 4500 msnm. Como se observa, los sistemas pequeños con sus cuencas de aporte ubicadas por encima de los 4500 msnm tienden a generar un ambiente de humedal en la zona de descarga, mientras que las grandes generan sistemas lénticos con un humedal asociado en el curso inferior. Los sistemas con sus cuencas de aporte por debajo de esta cota tienden a generar salares o playas independientemente de su tamaño (ver Tchilinguirian 2009 para una descripción detallada de lo procesos involucrados en estas variaciones).

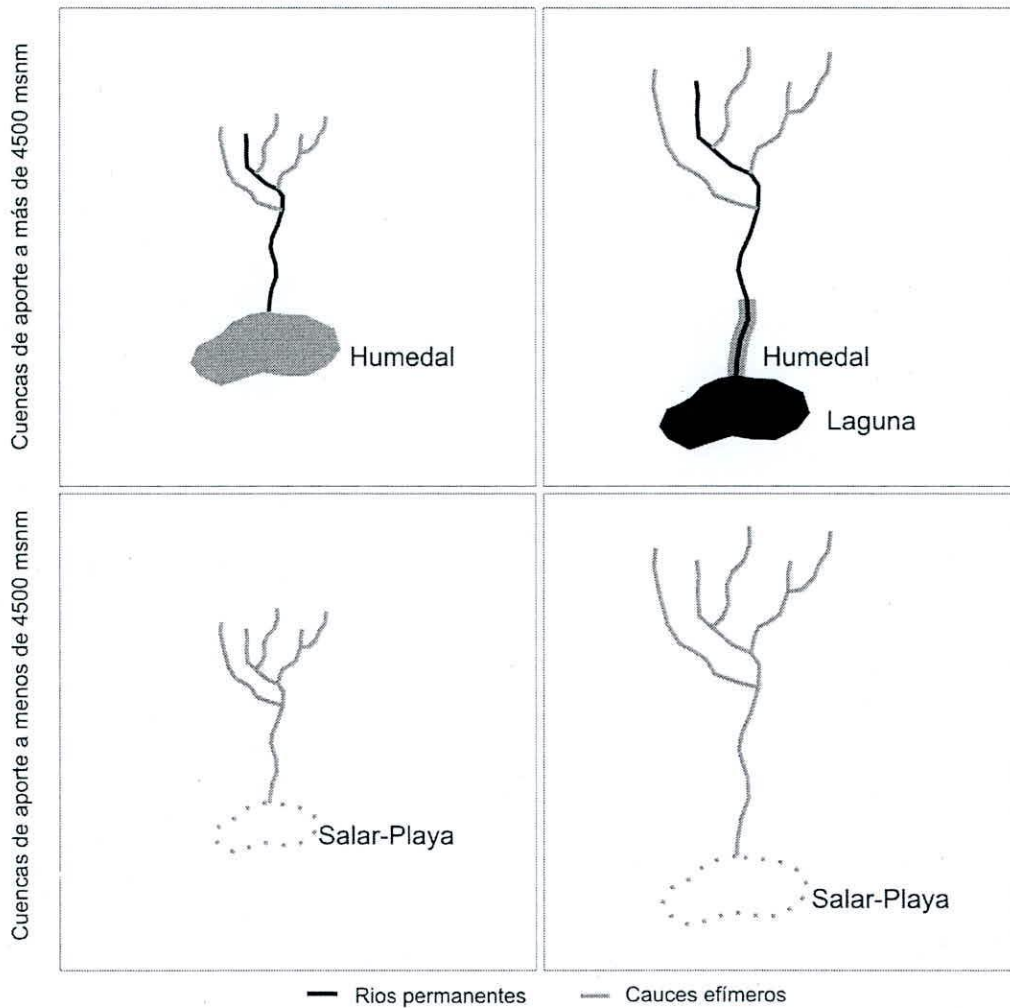


FIGURA 5.2. Modelo de comportamiento diferencial de los sistemas fluviales ubicados por encima y debajo de los 4500 msnm en relación al tamaño del área de captación de humedad (modificado de Tchilinguirian 2009).

Por otro lado, numerosas cubetas lacustres que se generaron durante el levantamiento orogénico y las glaciaciones que lo hicieron durante el Postglacial, formaron grandes lagos que quedaron aislados en cuencas endorreicas o arreicas y al desecarse conformaron en algunos casos los actuales y característicos depósitos de sales de la puna. En la actualidad existen una serie de lagunas activas, siendo L. Pozuelos, L. Vilama y su grupo (Pululos, Catal y Arenal del área de Alto Pululos) y la de Guayatayoc, las más importantes del área.

Las respuestas de este tipo de sistemas lénticos ante descensos en los valores precipitados y ascenso de las temperaturas medias también han sido modeladas por Tchilinguirian (2009). Ambos factores producen un aumento de la evaporación en los ambientes involucrados, una disminución de la recarga subterránea, del nivel de freática y una regresión y desecación de los humedales perilacustres, resultando que los cambios climáticos impactan de manera más intensa a los sistemas de régimen efímero (ver Tchilinguirian 2009 para una descripción completa de los vínculos entre los elementos de los sistemas).

LOS HUMEDALES Y LAS VEGAS

En los trópicos, el 3,4 % de la tierra comprende zonas de alta montaña y cerca del 3 % de la superficie terrestre está cubierta por ecosistemas acuáticos de altura (FAO, 2001). En zonas áridas o semiáridas, como el área de este estudio, los humedales contribuyen al establecimiento de microclimas más estables ya que la evaporación y la evapotranspiración se compensan parcialmente con los niveles locales de humedad y precipitaciones. En la Puna, muchos de estos humedales están relacionados tanto a lagunas someras (*i.e.* sistemas lénticos) como a cursos fluviales (*i.e.* sistemas lóticos) o surgentes de aguas que permiten el desarrollo de ambientes particularmente importantes en el paisaje puneño: las vegas. Estos ambientes representan las áreas con la mayor densidad de productividad primaria (*ver infra*) en el ecosistema de la Puna y, consecuentemente, concentran las mayores ofertas energéticas del paisaje para la biomasa animal en una escala local.

Fernández (1996) describe las vegas como ambientes generalmente reducidos, cubiertos por un tapiz vegetal afelpado compacto y siempre verde, formado por plantas rizomatosas que solamente prosperan en terrenos con irrigación permanente. Resulta difícil pensar que dicha demanda de humedad provenga de manera exclusiva de las lluvias estivales características de la Puna (usualmente chaparrones torrenciales estivales, *ver* Capítulo 4). Por esto la existencia de estas vegas suelen estar en estrecha relación con los ríos y arroyos de régimen endorreico de la Puna que mantienen su caudal durante los meses secos gracias a la licuación y rápida infiltración de las nieves caídas por encima de los 4600 msnm. Según Fernández (1996) se desconocen los detalles del sistema circulatorio seguido por las aguas tras su infiltración, pudiendo tanto incorporarse parcialmente a los caudales que escurren subterráneamente o formando masas detríticas cementadas por hielo, que componen reservas acuíferas que permiten mantener una oferta de humedad parcialmente constante durante todo el año, capaces de mantener los ecosistemas de vega.

En este sentido, estudios recientes muestran diferencias notables entre la génesis de las vegas de la Provincia Altoandina (>4000 msnm, *ver infra*) y las de altitudes menores (<4000 msnm) que presentan profundas implicancias en la interpretación del funcionamiento de estos sistemas en el pasado. Tchilinguirian (2009) plantea que los humedales de la Puna pueden ser divididos en términos generales entre los que se forman por encima y por debajo de los 4000

msnm². En los primeros intervienen dos variables fundamentales asociadas: 1) el crecimiento de *Oxychloe* sp. y 2) el congelamiento estacional y discontinuo del suelo húmedo. Estas vegas Altoandinas presentan una morfología conspicua de cojines formados por el enraizamiento de *Oxychloe* y nódulos de hielo intersticial que frecuentemente embeben los cauces fluviales, formando túneles de drenaje y encharcamientos de aguas quietas. Por debajo de los 4000 msnm los montículos de permafrost no pueden desarrollarse, por lo que la génesis de vegas se vincula a la presencia de freáticas someras y permanentes en ambientes peri-palustres y planicies aluviales de cursos fluviales con poca pendientes. Estos dos tipos de génesis generan suelos diferentes que pueden ser discriminados en el registro sedimentario. En el primer caso (>4000 msnm), estas condiciones tienden a formar suelos laminados constituidos principalmente por materia orgánica descompuesta, mientras que en el segundo (<4000 msnm), generan suelos minerales con escasa materia orgánica.

LA VEGETACIÓN DE LA PUNA Y SUS DIMENSIONES ECOLÓGICAS

En términos de la flora del área, Cabrera (1976) ha caracterizado de manera general a la Provincia Puneña por la presencia de vegetación xerofítica con tres tipos de formaciones vegetales: las vegas, los tolares y los pajonales. Las primeras están compuestas por pastos tiernos entre los que predominan las especies rizomatosas (ej. *Hypsella oligophylla* y *Werneria pygmaea*) que se encuentran a lo largo de toda la gradiente altitudinal de la Puna. Los tolares, usualmente localizados entre los 3.000 y los 4.000 msnm en la Puna Seca y entre los 3000 y 3800 msnm en la Puna Salada, conforman estepas arbustivas de tola (*Parastrephia lepidophylla*), tolilla o checal (*Fabiana densa*) y ciertas variedades de poaceas como *Festuca ortophylla*. Finalmente, los pajonales ubicados entre los 4.000 y 5.000 msnm en la Puna Seca y 3800 y 4800 msnm en la Puna Salada, conforman una estepa herbácea dominada por *Festuca ortophylla*, *Festuca chrysophylla* (iros), *Poa gymnantha* y otros pastos cespitosos (Cabrera 1976).

Una caracterización más detallada de la flora de la Puna Seca es la que realizaron Ruthzats y Movia (1975), dividiendo la flora del área en dos Provincias, la Altoandina y la Puneña (FIGURA 5.3). La Provincia Altoandina tiene su límite inferior alrededor de los 4100 msnm, y comprende las vertientes y cumbres de los grandes macizos, presentando tres comunidades principales de fisonomía diferente, asociadas a "escalones altitudinales" (FIGURA 5.3). El primer escalón se ubica por encima de los 4800 msnm y muestra una vegetación muy espaciada de arbustos enanos y pulviniformes, acompañados por algunas hierbas perennes con raíces o rizomas, y fue

² Esta altura es válida para la Puna Salada, en donde fue realizado el estudio. Los límites para la Puna Seca deben ser ubicados a una altitud 100-200 msnm mayor en promedio.

denominada "vegetación de pedregales y roquedales". El escalón intermedio corresponde a la estepa de gramíneas con hojas duras y punzantes que se extiende entre los 4300 y los 4900 msnm denominado Pastizal Altoandino Puro. El escalón inferior ocupa una franja de extensión variable entre los 4100 y los 4450 msnm y se denomina Pastizal Altoandino con Arbustos, presentando las mismas gramíneas que en la comunidad anterior pero entremezcladas con varias especies arbustivas, en su mayoría compuestas. Asociados al último escalón, aparecen matorrales y bosquesillos de queñoa (*Polylepis tomentella*), que pueden llegar a penetrar en la Provincia Puneña. Otra comunidad típica de la Provincia Altoandina, aunque en general de poca extensión, es la de las vegas o turberas de manantial, integradas por plantas rizomatosas que forman un césped denso y duro con variadas especies y que se originan alrededor de los "ojos de agua" de la zona altoandina (principalmente derivados de licuación de permafrost y deshielo) y acompañan a los arroyos hasta penetrar en la Puna.

La segunda provincia descrita por estos autores es la Puneña y se presenta como una vasta estepa de arbustos xerófilos que cubre las faldas suaves de las llanuras de piedemonte, interrumpida únicamente por algunos pastizales y por las comunidades asociadas a los ríos y a las lagunas (Ruthsatz y Movia, 1975). Las asociaciones que se encuentran en esta provincia son altamente variables y su tipo depende de diversas variables como el clima, topografía y el grado de humedad, tipo y oxigenación de los suelos. Las principales asociaciones las constituyen las estepas arbustivas de a) *Fabiana densa* y *Baccharis boliviensis* (3500-4000 msnm), b) *Baccharis Boliviensis* (3350-3750 msnm), c) *Tetraglochin cristatum* (3450-3600 msnm), d) *Fabiana densa*, *Verbena seriphioides* y *Baccharis boliviensis* (3400-3750 msnm) y e) las estepas arbustivas de los abanicos aluviales y las dos variantes de estepas de Guayatayoc, la f) norte y g) sur (3500-3700 msnm). También se presentan las comunidades de h) céspedes de hierbas y gramíneas de suelos no inundados (frecuentemente asociados a la estepa de *Tetraglochin cristatum*) y los matorrales de i) *Adesmia cytisoides* (3650-3900 msnm) y j) *Adesmia tucumanensis* (3600-3800 msnm). Además de estas asociaciones se encuentran vegetaciones complejas como las comunidades de k) afloramientos rocosos (3600-4000 msnm), l) "badlands" (3000-3750 msnm), m) de laderas calientes (3500-3800 msnm) y n) los pastizales de *Pennisetum chilense* o "esporal" (3500-3600 msnm). Finalmente, discriminan entre comunidades diversas y ubicuas como, ñ) la vegetación de los médanos, o) los Matorrales de *Parastrephia lepidophylla* y *lucida* o "tolares", p) la vegetación de los cauces de los ríos, q) complejo de la vegetación de las depresiones con inundaciones temporarias y r) la variante puneña de las vegas, que se forman alrededor de los manantiales y se encuentran frecuentemente relacionadas con los tolares, en las orillas de arroyos o ríos.

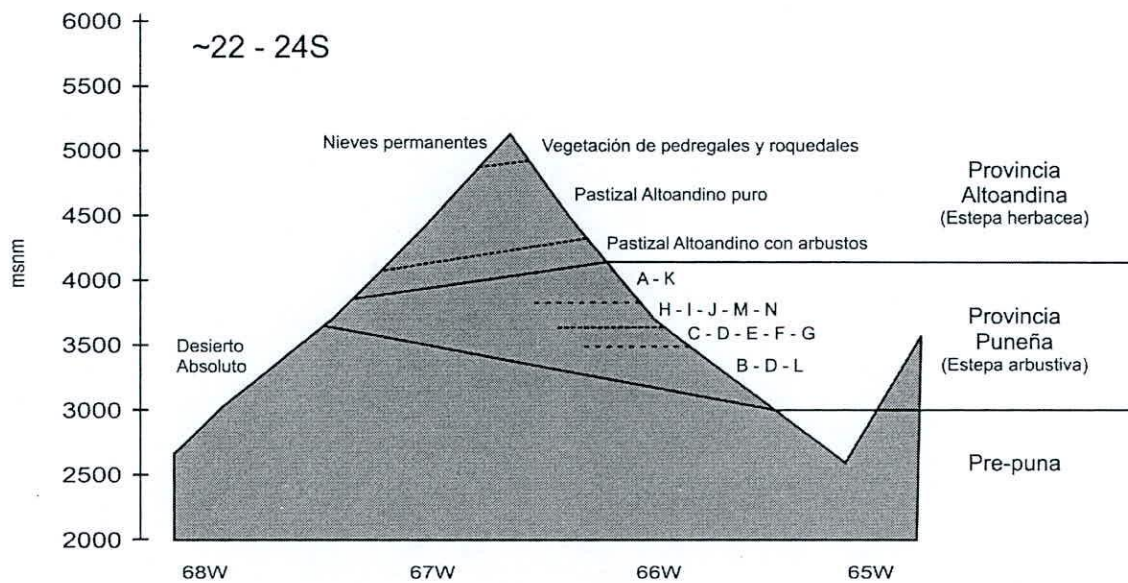


FIGURA 5.3. Esquema de la estratificación altitudinal de la vegetación en la Puna de Atacama.

Por otra parte, se ha afirmado que las cuatro fuentes principales de humedad en un ambiente árido —i.e. con precipitaciones menores a los 600 mm/año— son las lluvias, las aguas subterráneas, el rocío y la neblina, las cuales varían de desierto a desierto (Bullard 1997). Dada la importancia que la humedad posee para el desarrollo vegetal en ambientes desérticos y su correlativo impacto en las cadenas tróficas, abordamos en los siguientes apartados su relación con la vegetación y la distribución de nutrientes.

PRODUCTIVIDAD PRIMARIA Y SUS VARIACIONES ESPACIALES

Según Bullard (1997) existe una relación positiva entre precipitaciones y productividad primaria, aunque esto se orienta principalmente hacia la productividad de pastos o herbáceas más que a la biomasa de arbustos y árboles los cuales son menos dependientes de las lluvias como fuente de humedad. La densidad y composición actual de la vegetación de un área desértica, no solo depende de la cantidad de precipitaciones sino también de su ritmo y frecuencia. Así, las fluctuaciones en las lluvias permiten rápidas expansiones de vegetación en los pulsos húmedos y una reducción en la cobertura vegetal ante los momentos de reducción de aporte pluvial (Bullard 1997).

En un sentido estricto, la productividad primaria es la cantidad de materia que se produce en el medio, cuyo resultado se expresa en gramos de materia seca por metro cuadrado por año.

Los valores de Productividad Primaria Neta³ (PPN) a partir de datos climáticos se obtienen generalmente mediante la aplicación de la ecuación de Rosenzweig (1968):

$$\log_{10} \text{PPN} = 1,66 (\pm 0,27) * \log_{10} \text{ETRM} - 1,66 (\pm 0,07)$$

donde ETRM es la Evapotranspiración Real Máxima⁴.

Muscio (1996) realizó una serie de estimaciones de la PPN en 21 localidades de la Puna Argentina, obteniendo una tasa de 0,234 g/m²/año por cada milímetro de precipitación (Muscio 1998-99). A partir las localidades estudiadas, este autor delimitó tres umbrales de productividad regional: muy baja (>0<30 g/m²/año), baja (>30<60 g/m²/año) y moderada (>60 g/m²/año). En esta tesis, el problema de la productividad primaria de la Puna Seca se atacó de dos maneras diferentes. Por un lado, se calcularon los valores de PPN⁵ y otras variables bio-climáticas utilizando las ecuaciones propuestas por Binford (2001) para 21 estaciones meteorológicas de Jujuy (N= 19) y Salta (N=2) (ver ANEXO DEL CAPÍTULO 5, TABLAS 1, 2 Y 3). Los valores de PPN (o NAGP, *Net Above Ground Productivity, sensu* Binford 2001) resultantes pueden consultarse en la FIGURA 5.4 y su distribución espacial en la FIGURA 5.5. El valor medio obtenido para Puna Seca de 316,8 g/m²/año (ANEXO DEL CAPÍTULO 5, TABLA 1) resulta compatible con los valores observados en otras áreas desérticas del mundo como el Kalahari, Arizona o Patagonia (consultar valores en Binford 2001:86-93) con una tasa de 1,014 g/m²/año.

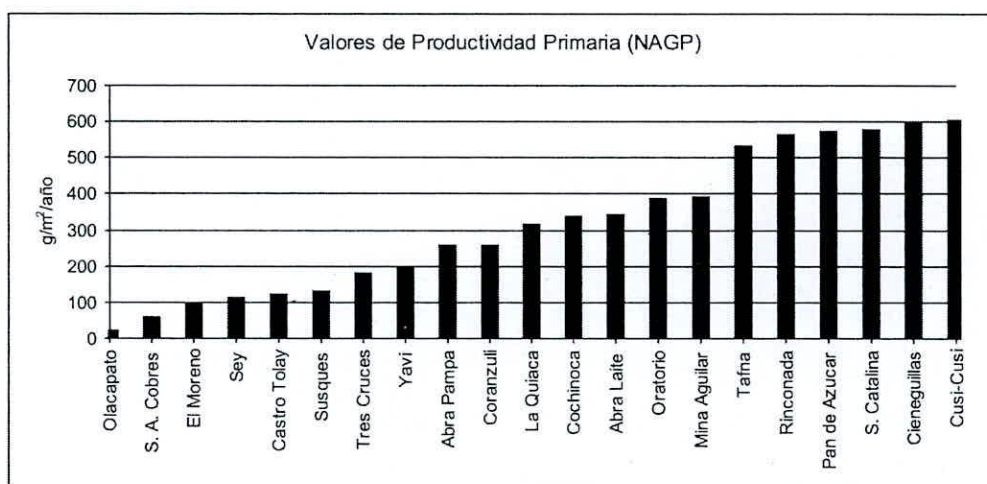


FIGURA 5.4. Valores de la Productividad Primaria Neta de las 21 localidades mencionadas de la Puna.

³ Se entiende por PPN a la Productividad Primaria Neta Aérea

⁴ ETRM es la máxima cantidad de agua que puede llegar a evapotranspirarse teniendo en cuenta la disponibilidad reales de agua en el suelo.

⁵ Aplicando el algoritmo de NAGP Net Above Groun Productivity (Binford 2001) que es el mismo de Rosensweig (1968).

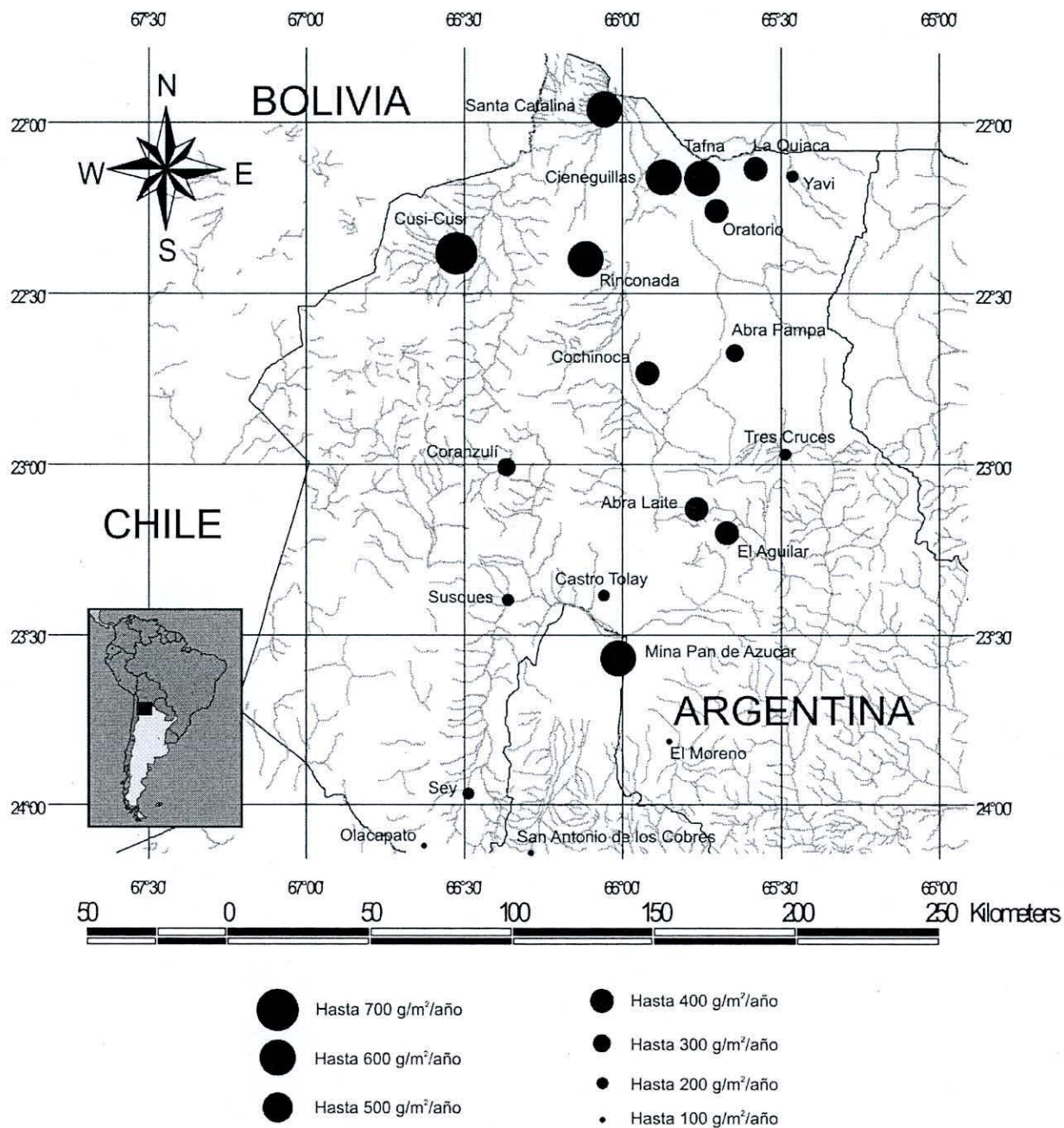


FIGURA 5.5. Distribución espacial de los valores de la Productividad Primaria Neta de las 21 localidades mencionadas de la Puna.

La limitación que presenta este tipo de enfoque es que, si bien es preciso y ofrece valores absolutos para ciertas localidades, su cobertura espacial resulta pobre, informando de manera dispar sobre diferentes localidades. Por esta razón, y con el fin de priorizar la cobertura espacial de la información sobre esta variable, se ha decidido recurrir a un segundo análisis, incorporando

los mapas de P-EVP (precipitación - evapotranspiración potencial⁶) generados mediante la utilización del SIG Climático del NOA del INTA⁷ (FIGURA 5.6).

La vinculación de los valores de P-EVP con la PPN es posible debido a que Bullard (1997) propone la existencia de una relación positiva entre precipitaciones y PPN. Ya que la variable de la fórmula de Rosenzweig (1968) (*i.e.* la evaporación real máxima) es igual a la precipitación media anual en ambientes como la puna donde la evaporación potencial (~550 mm/año) es mayor al volumen precipitado, los valores de P-EVP serían equivalentes a $EV_{Real} - EV_{potencial}$ estimando un índice de déficit hídrico que resultaría en la estimación inversa a la PPN (ver Rosenzweig 1968).

La combinación de estos datos continuos de SIG con los valores absolutos obtenidos a partir de la fórmula de PPN sobre los datos de las 21 estaciones meteorológicas analizadas nos ha permitido realizar una estratificación del área en términos de esta última variable. Así, los colores más rojizos en la FIGURA 5.6 representan las áreas con balances más deficitarios entre precipitaciones y evaporación y, consecuentemente, de valores de PPN muy bajos y bajos, correspondiendo el rojo a la Zona 4 ($PPN < 100 \text{ g/m}^2/\text{año}$), y el naranja a la Zona 3 ($PPN = 100-200 \text{ g/m}^2/\text{año}$). En contraposición, los colores ocre a azules presentan balances levemente negativos o positivos que representaría los valores moderados (Zona 2, ocre, $PPN = 200-400 \text{ g/m}^2/\text{año}$) y más altos (Zona 1, amarillos y verdosos, $PPN = 400-600 \text{ g/m}^2/\text{año}$) de PPN del área analizada. La distribución de la estimación de PPN resultante sugiere una gradiente norte (mayor) – sur (menor) y oeste (mayor) – este (menor), con la presencia de bolsones reducidos de valores de PPN mayor al interior de cada Zona. La razón principal de estos bolsones es el relieve, que produce modificaciones tanto en los montos precipitados como evaporados en áreas espacialmente restringidas.

⁶ EVP es la demanda de agua que el clima impone, siendo la suma de la cantidad de agua transpirada por la vegetación y la evaporada del suelo.

⁷ Disponible en <http://geointa.inta.gov.ar/SIGCNOA/mapviewer.jsf?width=973&height=537>.

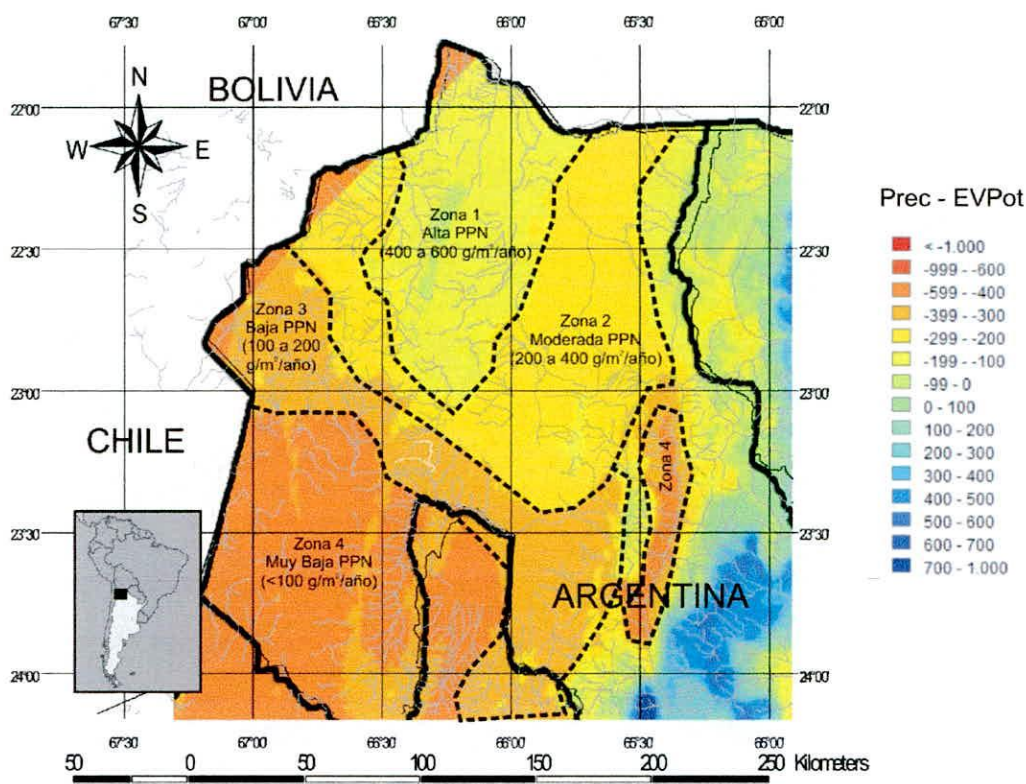


FIGURA 5.6. Zonación de la Productividad Primaria Neta de la Puna Seca en relación al balance entre las Precipitaciones y la evapotranspiración potencial (graficado sobre la base del mapa del SIG Climático del NOA del INTA).

DIVERSIDAD DE LA FAUNA SILVESTRE DE LA PUNA Y SU ROL COMO RECURSO

Este apartado no pretende enumerar de manera exhaustiva la fauna silvestre puneña, sino más bien citar aquella que ha sido importante para los grupos humanos en el pasado como recurso y realizar algunos comentarios sobre las especies de mayor representación en las arqueofaunas de los sitios arqueológicos.

Como hemos mencionado, la diversidad de ungulados en la Puna es muy limitada en comparación con otras áreas desérticas, incluyendo solamente dos especies de camélidos (*Lama guanicoe cacsilensis* (guanaco andino) y *Vicugna vicugna vicugna* (vicuña)) y un cérvido (*Hippocamelus antisensis*) como especies de alto ranking en términos alimenticios. Los guanacos y vicuñas fueron las especies más explotadas en el pasado, mientras que las tarucas (*Hippocamelus antisensis*) suelen presentarse en el registro zooarqueológico siempre en bajas frecuencias, probablemente debido

tanto a su baja densidad regional como por lo restringido del área que suelen habitar (usualmente el Pajonal de Altura) (Olivera 1997). Si bien los datos sobre tarucas en condiciones naturales son muy escasos, en reservas forman grupos que varían estacionalmente (*i.e.* grupos más pequeños durante la estación húmeda) con un tamaño medio de 6,4 individuos y con un rango que varía entre 1 y 31 animales (Merkt 1987, en Yacobaccio 1994)

La diversidad de mamíferos herbívoros de la Puna se completa con dos especies de roedores grandes (*Lagidium viscacia* (vizcacha) y *Chinchilla laniger* (chinchilla)) y varios roedores pequeños (ej. *Ctenomys* spp., *Phyllotis* spp., *Abrocoma* spp.). Los roedores grandes usualmente se encuentran de manera regular en ambientes rocosos conformando colonias que oscilan entre los 4 y los 75 individuos, estando subdivididas las colonias más numerosas en grupos familiares de 2 a 5 animales (Redford y Eisenberg 1992:350). Si bien la distribución poblacional de estos roedores es regular en estos ambientes rocosos, en una escala regional se presentan irregularmente distribuidos (Yacobaccio 1994) y su abundancia responde de manera notable a las variaciones en la humedad ambiental (Latorre *et al.* 2002, 2003).

Entre las aves grandes presentes en el área de estudio se pueden contar un representante del superorden Ratitae (*Pterocnemia pennata*, Suri), tres especies de flamencos (*Phoenicopterus jamesi*, *P. chilensis* y *P. andinus*), guayatas, gallaretas y patos (*i.e.* *Chloephaga melanoptera*, *Fulica* spp. y *Anas* spp., respectivamente) y varias especies de aves pequeñas y rapaces de escaso valor alimenticio.

Las cadenas tróficas puneñas se completan con felinos como el puma (*Felis concolor*), el gato andino (*Oreailurus jacobita*), el gato del pajonal (*Oncifelis colocolo*) y dos especies de zorros (*Pseudalopex griseus* y *Lycalopex culpaeus*, zorro gris y colorado respectivamente). La diversidad faunística de la Puna incluye además numerosos reptiles y batracios que en contadas ocasiones han sido hallados en contextos arqueológicos.

Como hemos mencionado, de la fauna enumerada el principal recurso para los grupos humanos en el pasado han sido ambas especies de camélidos. Por esta razón merecen el apartado que sigue.

LOS CAMÉLIDOS: COMPORTAMIENTO, DIETA, ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN ACTUAL

Los camélidos silvestres sudamericanos son especies poligínicas, con una estructura social definida que se organiza en grupos de tipo familiar, grupos de solteros y machos solitarios (Franklin 1983). Yacobaccio (1994) ha planteado que si bien las vicuñas y los guanacos poseen estructuras poblacionales similares presentan grandes diferencias en sus comportamientos

territoriales, en su movilidad y en la flexibilidad de los grupos sociales. Por esta razón, resumimos a continuación los datos disponibles para las dos especies puneñas.

GUANACOS

El guanaco fue el ungulado de mayor distribución en el sur del continente americano desde el Pleistoceno (Franklin 1982) alcanzando, según algún autor (*i.e.* Raedeke 1979), una población prehispánica de entre 30 y 50 millones. Actualmente se calcula que el 98% de la población mundial de guanacos se encuentran en la Argentina, estimándose para Patagonia en 1980 una abundancia mayor a los 500.000 (Cajal 1983) y en el año 2000 una de 400.000 (Amaya *et al.* 2001). Datos censales recientes sobre poblaciones ubicadas al norte del Río Colorado (Dirección de Fauna Silvestre 2008) han cuantificado solo 5500 individuos en poblaciones altamente fragmentadas y estimado la existencia total de no más de 35.000 animales para este sector de la Argentina. La densidad media de guanacos en el área censada fue inferior a 1 individuo/km² y en la Provincia de Jujuy de 0,34 ind/km².

Poco es lo que se conoce sobre la conducta del guanaco norteño (*Lama guanicoe cacsilensis*) dado que los estudios sobre la especie han sido realizados sobre poblaciones patagónicas (e.j. Cajal 1983, Franklin 1983) que pertenecen a una subespecie diferente (*Lama guanicoe guanicoe*) (ver datos sobre la diversidad genética entre ambas subespecies en Marín *et al.* (2006)). Para las poblaciones patagónicas se han sugerido variaciones temporales, espaciales y aún estacionales en su densidad. En líneas generales, los grupos familiares de guanacos están constituidos por un macho adulto, varias hembras y crías menores a los 15 meses (Franklin 1983). Los grupos de solteros, por su parte, están compuestos por individuos sexualmente inmaduros, mientras que los machos solitarios son adultos sexualmente maduros (Franklin 1983).

Dado que consideramos que la estructura ambiental puede condicionar ciertos aspectos de la conducta de las poblaciones animales, no podemos asumir para los guanacos norteños una conducta y/o distribución similar a sus congéneres patagónicos. Datos recientes sobre la subespecie norteña (*i.e.* *L. guanicoe cacsilensis*) procedentes del Primer Censo Nacional de Camélidos Silvestres al Norte del Río Colorado (Dirección de Fauna Silvestre 2008) indican que el 45% de los grupos familiares censados tuvo entre dos y cuatro hembras y que la relación media macho : hembras : crías fue de 1 : 4,62 : 4,05. La misma fuente indica que su distribución altitudinal varía considerablemente en la actualidad, teniendo una amplia dispersión entre los 463 y 4.857 msnm. En la provincia de Jujuy, por su parte, solo se registraron individuos de esta especie por encima de los 3900 msnm (Dirección de Fauna Silvestre 2008).

VICUÑAS

Algunas estimaciones sugieren que las poblaciones de vicuñas existentes en momentos prehispánicos sumaban alrededor de un millón y medio de individuos (Flores-Ochoa 1994). Los documentos históricos registran una fuerte declinación de sus poblaciones a partir del siglo XVI, hasta llegar a no más de 10.000 individuos en toda el área andina en 1967 (ver Laker *et al.* 2006 para una descripción pormenorizada de los documentos). Los trabajos censales recientes han cuantificado más de 17.000 individuos solo en nuestro país, hecho que estaría sugiriendo una progresiva recuperación de sus poblaciones. La densidad media actual de vicuñas resultante de los datos censales fue de 1,36 ind/km², mientras que para Jujuy fue de 1,41 ind/km²

Los estudios de comportamiento más recientes realizados sobre poblaciones de vicuñas de Jujuy indican que este animal suele conformar grupos familiares altamente territoriales de 7 a 9 miembros en promedio y extensos grupos de solteros de hasta 200 individuos (Arzamendia y Vilá 2006). Los datos censales (*i.e.* Dirección de Fauna Silvestre 2008) indican que el 55% de los grupos relevados presentó entre 2 y 4 hembras por grupo y la relación macho : hembras : crías para el área fue de 1 : 4,05 : 1,95. Estas observaciones coinciden con las de Vilá y Cassini (1994) que estimaban una proporción 1 : 3-4 : 2-3. En cuanto a su distribución, los datos censales indican que se detectaron animales entre los 3.164 y 4.857 msnm en el área relevada, y entre los 3.474 y 4.728 msnm en la Provincia de Jujuy.

Si bien las vicuñas suelen ser altamente dependientes del agua, un recurso crítico en la Puna, los grupos alternan estacionalmente entre diferentes unidades vegetacionales para alimentarse (Arzamendia y Vilá 2003). Estas unidades suelen ser bastante variadas a nivel composicional, prefiriendo usualmente estepas gramíneas y, en menor medida, estepas arbustivas (Arzamendia y Vilá 2006). De todas formas, la información disponible sobre dieta (Benitez, *et al.* 2006) sugiere que una parte importante de las proteínas consumidas por estos animales son obtenidas en las estepas arbustivas. Estas suelen ser más frecuentadas al final de la estación lluviosa cuando las estepas comienzan a ofrecer una vegetación de mejor calidad que las vegas (Benitez, *et al.* 2006).

RELACIÓN ACTUAL ENTRE LA ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE CAMÉLIDOS EN JUJUY Y LA PPN

El somero análisis sobre las densidades de vicuñas⁸ obtenidas en el Censo Nacional de Camélidos Silvestres al Norte del Río Colorado (Dirección de Fauna Silvestre 2008) sugiere que no existe en la actualidad una relación evidente entre la PPN de las diferentes áreas relevadas y la abundancia y distribución de camélidos. Al respecto, si comparamos las zonaciones de la PPN (FIGURA 5.6) con los valores medios de densidades de los datos censales observamos que las áreas con mayor y menor PPN muestran densidades similares (FIGURA 5.7). En el mismo sentido, se observa (FIGURA 5.7) que el mayor valor de densidad de vicuñas (*i.e.* 3.98 ind/km², JU-07-U) se encuentra en el área de menores expectativas en cuanto a su PPN.

PPN	Unidad Muestreo	Densidad	Media
Zona 1	Ju-01-b	0.51	1.965
	Ju-02-u	2.91	
	Ju-04-u	1.47	
	Ju-14-u	2.97	
Zona 2	Ju-13-u	0.43	0.86
	Ju-16-u	1.85	
	Ju-05-a	1.16	
	Ju-01-a	0	
Zona 3	Ju-03-u	1.34	0.92
	Ju-08-u	2.36	
	Ju-05-c	0.32	
	Ju-05-b	0.25	
	Ju-05-d	0.34	
Zona 4	Ju-06-u	1.04	1.803
	Ju-07-u	3.98	
	Ju-11-u	0.39	

FIGURA 5.7. Valores medios de densidad de vicuñas por km² en relación a la zonación de la Productividad Primaria Neta de la Puna Seca de la FIGURA 5.6.

Estos resultados en cierta medida se contraponen a lo sugerido por Pianka (1982:233) en donde las poblaciones están controladas por sus ambientes físicos, ya que su estructura es una consecuencia de la variabilidad ambiental. Se considera que la principal causa de esta distorsión se debe a la presión de explotación que existió sobre las poblaciones de vicuñas a la que se ha hecho referencia en un apartado anterior. Este argumento pareciera estar de acuerdo con el hecho de que parte de los valores más altos de densidad (ej. 3.98 ind/km² y 2.91 ind/km²) se encuentran en áreas protegidas (*i.e.* Res. Provincial Olaroz y P. N. Laguna de los Pozuelos, respectivamente).

Más allá de la falta de ajuste a las expectativas ecológicas, resulta oportuno considerar un aspecto importante para las estimaciones de densidades de camélidos en el pasado. Si bien la

⁸ No se realizaron cálculos sobre las densidades de guanacos ya que solo existe un valor absoluto (0,51 ind/km², JU-G-01-U) y uno relativo (Bajo, JU-G-02-U) para la Provincia de Jujuy.

densidad media actual de vicuñas en la provincia de Jujuy es de aprox. 1,4 ind/km², es notable la presencia de densidades elevadas -de hasta 4 ind/km² (y si tomamos áreas reducidas del Censo de hasta 10 ind/km²) -en las áreas de menor PPN. Así, este valor, que en una primera instancia pareciera elevado, presenta un “piso” teórico en la densidad de camélidos para la región en momentos prehistóricos.

DENSIDADES TEÓRICAS DE HERBIVOROS ESTIMADAS A PARTIR DE VARIABLES AMBIENTALES

Las relaciones existentes entre la vegetación y los animales ha sido ampliamente reconocida (Morrison *et al.* 2006) y tempranamente abordada mediante algoritmos que incorporaban diversas variables climáticas. El concepto de “zona de vida” de C. H. Merriam (1898) utilizó la temperatura para describir los límites más generales de las asociaciones vegetales y las especies animales vinculadas (zonas de vida). Holdridge (1947) desarrolló un conocido sistema para describir los agrupamientos vegetales más generales en el mundo usando la temperatura, las precipitaciones y la evapotranspiración. Por su parte, Coe *et al.* (1976), Eisenberg y McKay (1974), McNaughton *et al.* (1989) y Oesterheld *et al.* (1992) desarrollaron diferentes algoritmos que utilizan los valores medios de precipitaciones o el de PPN para estimar la biomasa de ungulados en un ecosistema determinado.

En virtud de la potencial obtención de estimaciones sobre diferentes parámetros climáticos a partir de los estudios paleoambientales que se realizan en esta tesis, es factible obtener, mediante la aplicación de este tipo de algoritmos, estimaciones sobre los cambios en la abundancia de recursos centrales como los ungulados para la subsistencia humana a través del tiempo. Ahora bien, para poder realizar comparaciones con el ambiente actual es necesario obtener, en primera instancia, valores de referencia sobre la abundancia esperable de ungulados en el área de estudio en virtud de sus características. En vistas de que la información resultante de los censos mencionados en el apartado anterior indica un fuerte impacto en el tamaño y distribución de las poblaciones de camélidos, al punto de desvincular la PPN de las diferentes zonas de la Puna Seca de la abundancia de animales, se vuelve necesario recurrir a otros mecanismos para realizar dichas estimaciones.

Por esto se ha seleccionado y aplicado⁹ uno de los algoritmos citados que permiten obtener valores de biomasa de ungulados en función de la precipitación media anual que podrán ser utilizados como marco de referencia de los obtenidos a partir de los estudios

⁹ Una de las razones por la que se ha seleccionado el algoritmo de McNaughton (1989) es que genera los valores más conservadores sobre biomasa de ungulados. Este hecho debe tenerse en cuenta ya que este algoritmo estaría fijando un “piso” en cuanto a los valores de biomasa de ungulados.

paleoambientales. Se ha optado aquí por un algoritmo generado para África en virtud de que McNaughton *et al.* (1989) ha correlacionado la PPN y precipitaciones de África y Sudamérica demostrando una relación esencialmente idéntica entre ambas variables. Una vez aplicado este algoritmo sobre los valores de PPN de cada Zona (FIGURA 5.6) y el valor medio de la Puna Seca, los valores de Kg/km² de biomasa de ungulados se han transformado en “unidades vicuña”/km² (*i.e.* dividiendo estos valores por el peso medio de vicuñas de diferente sexo y edad según los valores de Yacobaccio 2006) y se han obtenido los valores en términos de energía (Kcal/km²), proteínas (Kg/km²) y grasas (Kg/km²) aplicando los valores de referencia para camélidos utilizados por Muscio (1995). Los resultados de estos cálculos se resumen a continuación en la FIGURA 5.8.

Zonas PPN	Biomasa de ungulados Kg/km ² (McNaughton et al. 1989)	Unidades Vicuña/km ²	Energía disponible Kcal/km ²	Proteínas Kg/km ²	Grasas Kg/km ²
Zona 1 (<100 g/m ² /año)	8.78	0.20	9481	1.931	0.193
Zona 2 (100-200 g/m ² /año)	32.92	0.75	35556	7.243	0.724
Zona 3 (200-400 g/m ² /año)	108.04	2.46	116678	23.768	2.377
Zona 4 (400-600 g/m ² /año)	253.75	5.78	274047	55.824	5.582
Media Puna Seca	102.61	2.34	110818	22.574	2.257

FIGURA 5.8. Valores estimados (McNoughton *et al.* 1989) de biomasa de ungulados en relación a la zonas de PPN de la FIGURA 5.6, valor medio para la Puna Seca y valores derivados en relación a la energía, proteínas y grasas disponibles en el paisaje.

Hasta aquí ha sido posible presentar en detalle el ambiente de la Puna Seca Argentina, mediante la descripción de su clima, en el capítulo anterior, y de sus características geográficas y bióticas, en este. Tomando como base la información reseñada y analizada hasta el momento es posible, entonces, avanzar hacia la tercera parte de este volumen que se orienta a conocer las características de este ambiente en el pasado.

PARTE III

ANÁLISIS PALEOAMBIENTALES

DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS E INTEGRACIÓN DE LOS ESTUDIOS PALEOAMBIENTALES DE LOS ANDES

CAPÍTULO

6

INTRODUCCIÓN

Como se podrá observar en los apartados de este capítulo, en los últimos diez años se ha generado un importante cuerpo de estudios paleoambientales en el área Andina que aborda las características de la primera mitad del Holoceno. Otro, un poco más magro, también ha comenzado a incrementarse en los últimos tiempos en las tierras altas de los Andes Argentinos. Los resultados obtenidos en esos trabajos han generando intensos debates entorno a las características y naturaleza de los cambios ocurridos durante el Holoceno Medio, proponiéndose incluso condiciones abiertamente opuestas para la misma área geográfica (ver Grosjean 2001).

Debido a que aún continúan las disputas frente a este punto, es menester analizar y realizar una interpretación integral de las condiciones paleoambientales de la primera mitad Holoceno, en general, y entorno al Holoceno Medio, en particular. Por esto, el presente capítulo sintetiza de diversas maneras los resultados de dichos estudios, tomando en cuenta las escalas y *proxies* involucrados, para generar una interpretación integradora que se ajuste a los aspectos teórico-metodológicos que se abordaron en el Capítulo 3 de esta tesis y que constituirán el marco paleoambiental en el que se insertarán los resultados de los análisis que son objeto de este volumen.

Los criterios de organización para la presentación y análisis de resultados paleoambientales nunca resulta una tarea fácil. Esto se debe fundamentalmente al problema de la multiplicidad de escalas involucradas en estos estudios, que en este caso deben contemplar: la de los *proxies* utilizados, la de los sistemas estudiados y la de los diseños de investigación (recordar Capítulo 3). La interacción de todas estas escalas implica la generación de interpretaciones de diferente grano (*sensu* Binford 1980) y resolución espacio-temporal que deben ser analizadas en detalle para poder realizar comparaciones entre diferentes estudios. A este problema, debemos

sumarle que parte de las investigaciones incorporan múltiples *proxies* en un mismo registro, con lo cual cada interpretación posee, de alguna manera, su propia escala.

Teniendo en cuenta este problema, se decidió organizar la información de la manera más simple posible, dividiéndola en términos de la escala de los diseños de investigación involucrados entre: “estudios regionales” y “estudios sub-regionales y locales”: Esta primera división se realiza bajo la consideración de que los primeros presentan sin lugar a duda tendencias paleoambientales regionales o supra-regionales, mientras que los otros pueden estar reflejando una suma de situaciones locales o la situación de una zona particular. Los estudios sub-regionales y locales, a su vez, fueron divididos geográficamente intentando segregarse posibles tendencias diferenciales. Finalmente, la información presentada será sintetizada gráficamente y se integrará en una síntesis regional multi-escala.

ESTUDIOS REGIONALES

Los estudios regionales realizados en el área comprenden principalmente registros de núcleos de hielo, conjuntos de secuencias polínicas y estudios sistemáticos de niveles de varios lagos y depósitos aluviales, por lo que este apartado ha sido dividido en términos de cada una de estas líneas de trabajo. Asimismo, se mencionan los *proxies* involucrados en cada una de las interpretaciones citadas, definiendo así el alcance en términos de escalas de cada una de ellas. La ubicación los registros paleoambientales mencionados a lo largo de este capítulo puede consultarse en la FIGURA 6.1. y la síntesis de los estudios regionales en la FIGURA 6.2.

NÚCLEOS DE HIELO

Los núcleos de hielo analizados incluyen el glaciar Huascarán en Perú (9°S, 6048 msnm) (Thompson *et al.* 1995, 2000) y los Nevados Sajama (Thomson *et al.* 1998) e Illimani en Bolivia (Ramirez *et al.* 2003) (18°S y 16°S, 6542 y 6350 msnm, respectivamente), en los que fueron estudiados diferentes *proxies* que incluyen principalmente isótopos de $\delta^{18}\text{O}$ y δD , NO_3^- , partículas de polvo y polen.

El registro del Nevado Huascarán evidencia, en primera instancia, un brusco descenso de los valores de $\delta^{18}\text{O}$, hacia los 12.250 AP que coincidiría con la crono-zona del *Younger Dryas*. Asimismo, sugiere un paulatino incremento de las temperaturas y la humedad desde el 10.000 AP hasta el 7000 AP evidenciado tanto por los valores isotópicos, como por el aumento del polen de componentes de la selva subtropical andina, marcando las condiciones de mayor calidez del

Holoceno durante el período 8400 – 5200 AP (Thompson *et al.* 1995, 2000). El momento de mayor nivel de temperaturas para todo el registro parece haberse producido durante el lapso 6500 - 5200 AP. A partir del 5000 AP los datos isotópicos comienzan a mostrar un progresivo descenso en las temperaturas.

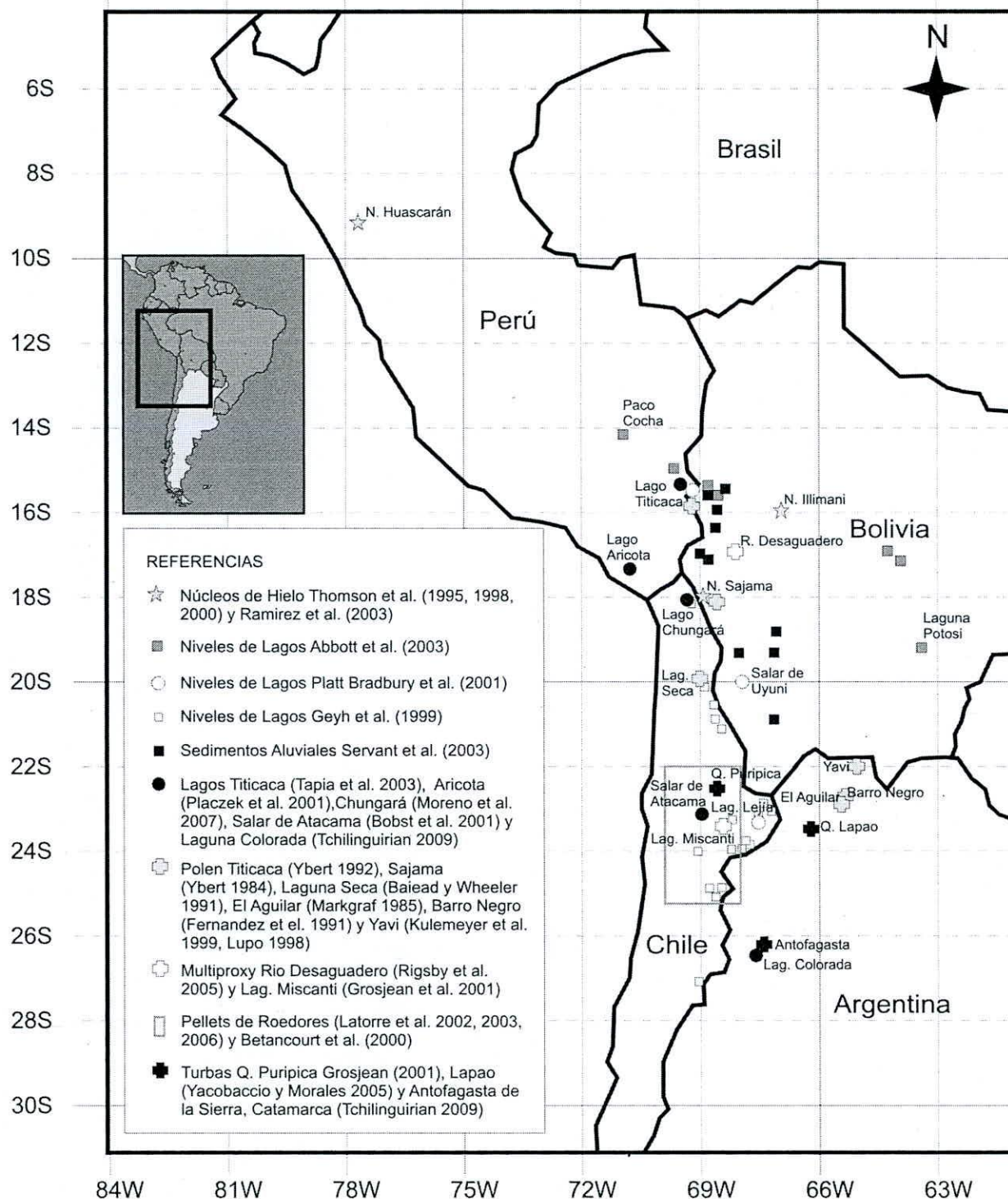


FIGURA 6.1. Registros paleoambientales regionales, sub-regionales y locales mencionados en este capítulo. Sólo se han excluido los registros de Graf 1977 y 1992 por tratarse de pocos registros citados para amplias áreas.

El registro procedente del Nevado de Sajama muestra condiciones frías y húmedas hasta el 11.500 AP, cuando se inicia un evento cálido, abrupto y no demasiado extenso (*i.e.* unos pocos siglos). Con posterioridad a este evento, las condiciones se mantienen relativamente frías y húmedas hasta el 9000 AP. A partir de aquí y hasta los 3400 AP se observan altos niveles de concentración de polvo y bajas tasas de acumulación sugiriendo condiciones más secas. Con posterioridad al 3400 AP vuelven a registrarse tasas más elevadas de acumulación (Thompson *et al.* 1998).

Los registros de $\delta^{18}\text{O}$ y δD de Illimani sugieren, en primer lugar, un 20% más de humedad que la actual durante el Máximo Glacial (~18.000 AP). En adelante, los registros isotópicos del resto de la secuencia de Illimani muestra tendencias extremadamente similares a las registradas en Huascarán, así como una marcada sincronía en la cronología de los cambios (ver Ramírez *et al.* (2003:345, Figura 4)).

ESTUDIOS REGIONALES DE REGISTROS POLÍNICOS

El principal estudio regional de polen está constituido por cinco secuencias estudiadas por Graf (1977, en Lupo 1988) entre los 16°S y 17°S y los 5500 y 3500 msnm, en Bolivia, y otras cinco en Chile (Graf 1992), entre 23°S y 23° 30' entre los 3880 y 4210 msnm. Los resultados obtenidos para el grupo de Bolivia indican una fase seca y fría entre el 10.000 y el 7500 AP, seguida de una fase cálida y húmeda que se extiende hasta el 5000-3500 AP, cuando comienza a evidenciarse el aumento en la frecuencia de plantas pioneras y una reducción del transporte de polen de larga distancia.

Para el grupo de Chile se observa que los límites de las fases varían en cada perfil, pero la tendencia general indica que entre el 10.000 y 7000 AP se incrementa progresivamente la proporción de asteráceas en detrimento de las poáceas y herbáceas (*i.e.* ascenso del Pajonal Altoandino, interpretado como un aumento en la aridez). Con posterioridad al 7000 AP Graf (1992) identifica especies indicadoras de condiciones semiáridas (*i.e.* poáceas y herbáceas) y de mayor temperatura.

ESTUDIOS REGIONALES DE CUENCAS PALUSTRES

Entre los principales estudios de lagos y salares se pueden mencionar el de Geyh y colaboradores (1999) que incorpora varias cuencas entre el 18°S y el 25°S en el Norte de Chile, el

de Abbott *et al.* (2003) en siete lagunas del sur de Perú y norte de Bolivia con las cabeceras de sus tributarios entre los 5000 y 5600 msnm (14°S a 20°S) y el de Platt Bradbury *et al.* (2001) en salar de Uyuni, lago Titicaca y laguna Lejía.

A partir de sus estudios de las fluctuaciones en los niveles de lagos de ubicados en una transecta que ocupó desde los 18°S hasta los 28°S y entre los 3500 y 4500 msnm, Geyh y colaboradores (1999) distinguen dos fases lacustres consecutivas: a) una con niveles altos comenzando hacia el 13.000-12.000 (fase Tauca) que alcanza su máxima expresión entre el 10.800 y el 9200 AP; y b) una retracción, que incluye la desaparición de muchos de estos cuerpos de agua, entre el 8400 y 8000 AP.

El estudio de Abbott *et al.* (2003) sugiere que con posterioridad al retroceso de los glaciares de drenaje de las cuencas estudiadas -ocurrido entre el 12.700 y 9000 AP, según cada caso- se mantienen niveles altos en las cuencas hasta ~7000 AP. Entre el 7000 y 6000 AP queda manifiesta en todas las localidades estudiadas la instalación de condiciones extremas de aridez, siendo esta fase más extensa y larga en las localidades ubicadas más al sur (ej. Laguna Potosí) que en las más septentrionales (ej. Paco Cocha). El fin de esta fase árida también varía localmente, ubicándose entre el 4800 y 2300 AP.

Los estudios de niveles de lagos de altura realizados por Platt Bradbury *et al.* (2001) comprenden el Lago Titicaca (Perú-Bolivia, 3810 msnm), El Salar de Uyuni (Bolivia, 3653 msnm) y La laguna Lejía (Chile, 4320 msnm). La información procedente de algas del Lago Titicaca sugiere una fase alta (evento Coipasa) registrada hacia el 9600 AP, mientras que el Holoceno Medio se manifiesta como una fase de caída del nivel del lago. El Salar de Uyuni, por su parte, coincide en registrar la denominada fase Coipasa de crecimiento del nivel del lago entre el 9500 y el 8500 AP. Con posterioridad a este evento el salar se mantuvo seco como en la actualidad. Finalmente, estudios de diatomeas y sedimentos de la Laguna Lejía sugieren que el máximo nivel registrado de la laguna se ubica durante el evento Coipasa (mediados del Holoceno Temprano), mientras que durante el Holoceno Medio se manifiesta al igual que en Uyuni y Titicaca una caída del nivel de la laguna, si bien Villagrán (1993) sugiere hacia el 6.000 AP un evento lacustre alto.

ESTUDIOS REGIONALES DE SEDIMENTOS ALUVIALES

El principal estudio regional sobre sedimentos aluviales fue realizado por Servant y Servant-Vildary (2003) en diez localidades de Bolivia, entre el 16°S y el 21°S, dos de ellas entre 3500 y 3800 msnm y el resto entre los 3990 y 4200 msnm. Estos estudios registran dos fases paleohidrológicas para la primera mitad del Holoceno: a) 11.200-8000 AP, ambientes con

humedad permanente y desarrollo de potentes turbas (más espesas en las localidades altas que en las bajas); b) 8000-3200 AP, más árida que la anterior, presenta un primer momento (*i.e.* ~8200-6600 AP) con descenso gradual de la freática y un segundo momento con intervalos de fuerte inestabilidad (*i.e.* ~5300-3200 AP).

ESTUDIOS SUB-REGIONALES Y LOCALES

La información disponible en escalas espaciales sub-regionales y locales procede principalmente de análisis polínicos y sedimentarios de registros de localidades particulares, estudios de cuencas fluviales y palustres con áreas de captación de variado tamaño y análisis *multi-proxy* de *pellets* de roedores. Como se mencionó al comienzo de este capítulo, los estudios fueron divididos, en este caso, según las áreas geográficas en los que fueron realizados (*i.e.* Andes Centrales, Norte de Chile, Puna Seca Argentina y Puna Salada Argentina). Al igual que en el caso de los estudios regionales la ubicación de cada registro se encuentra referida en la FIGURA 6.1 y su síntesis en el esquema de la FIGURA 6.6.

ANDES CENTRALES (PERÚ Y BOLIVIA)

Los datos procedentes de los análisis de testigos de fondo del Lago Titicaca (Perú y Bolivia, 15°S-16°30'S – 3810 msnm) (Tapia *et al.* 2003) sugieren condiciones húmedas desde el 11.000 Cal AP (~10.000 AP¹), fuertes fluctuaciones de desecación entre el 11.000 y 10.000 Cal AP (~10.000 y 9000 AP) y un nuevo aumento de nivel indicando condiciones más húmedas entre el 10.000 y el 8500 Cal AP (~9000 – 7800 AP). A partir del 8500 Cal AP (~7800 AP), se registra un progresivo descenso del nivel del lago y entre el 6000 y el 3500 Cal AP (~5300 – 3400 AP) se observan fuertes fluctuaciones en su nivel, conduciéndolo a las condiciones más secas de los últimos 30.000 años.

Los estudios polínicos realizados por Ybert (1992, en Lupo 1998) en el Titicaca resultan coincidentes con lo descrito por Tapia *et al.* (2003). Su estudio sugiere condiciones más cálidas y una ligera baja en el nivel del lago entre el 9500 y el 7500 AP. A partir de este momento -y hasta el 3500 AP- este sistema palustre parece presentar niveles más bajos y aguas más salobres que en el período anterior.

¹ Las fechas AP sin calibrar se obtuvieron de la Tabla 3 del trabajo de Tapia *et al.* (2003). Los valores fueron redondeados de la misma manera que las fechas calibradas citadas en el texto original.

Los estudios de los sedimentos y diatomeas realizados por Rigsby y colaboradores (2005) en el Río Desaguadero, ubicado al sur del Lago Titicaca (Bolivia, 16°30'S - 3810 msnm), indican condiciones húmedas para los períodos 14.000 – 12.000 AP, 10.000 – 7900 AP y para el comprendido entre el 4500 y la actualidad. Asimismo indica una fase seca para el lapso 12.000 – 10.000 AP y una extremadamente seca para el intervalo 7900 – 4500 AP.

Por su parte, los depósitos lacustres del lago Aricota estudiados por Placzek, Quade y Betancourt (2001) en la vertiente occidental de los Andes peruanos (17°22'S, 2800 msnm) indican condiciones opuestas a las observadas en la cuenca del Titicaca. Este cuerpo de agua alcanzó sus niveles más elevados hacia el 6100 AP, extendiéndose hasta los 2700 AP.

Los análisis polínicos de Sajama (Bolivia, 18°S - 4500 msnm) realizados por Ybert (1984) tampoco coinciden con las condiciones observadas en la cuenca del Titicaca. Sus estudios han indicado mayores frecuencias de poáceas y menores de *Pohlylepis* para el lapso 7500 – 6000 AP, que han sido interpretadas por el autor como indicadoras de un clima frío y seco. Para el lapso comprendido entre 6000 y 3500 AP sugiere condiciones húmedas y más frías.

NORTE DE CHILE

Los estudios geoquímicos realizados en el lago Chungará (18°14'S, 4570 msnm) por Moreno y colaboradores (2007) indican una transición hacia las características del Holoceno entre el 10.500 y el 9500 Cal AP (~9700 – 8800 AP²). Se detectan también varios pulsos secos breves (< 100 años) entre 8200 y 6100 Cal AP (~7300 - 5400 AP), siendo particularmente intenso el primero, y se define una fase árida extensa que comprende el lapso 7500 – 5500 Cal AP (~ 6500 - 5000 AP).

Los datos polínicos procedentes de la secuencia de Laguna Seca, (Baicad y Wheeler 1993) (18°S, 4500 msnm) sugieren condiciones frías y húmedas, por el predominio de poáceas, durante el Holoceno Temprano (10.000 a 8000 AP). El período comprendido entre el 8500 y el 6500 AP es interpretado como cálido y seco por la ausencia de polen arbóreo. Las evidencias indican, además, que hacia el 6000 AP se recuperan condiciones frías y húmedas que finalizan hacia el 3500 AP cambiando drásticamente hacia una fase de sequía. Los autores aclaran que no cuentan con evidencias de que ninguna de las fases secas haya correspondido a un ambiente más árido que el actual.

² Se han adjudicado las edades aproximadas AP a las fechas calibradas a partir de la vinculación del modelo de edad profundidad de la Figura 8 con la Tabla 1 de Moreno *et al.* (2007). En este caso, además, se debieron ajustar a la corrección del efecto reservorio de ~2300 años en las dataciones radiocarbónicas sin calibrar mencionado en el texto.

Los estudios multi-proxy realizados en la laguna Miscanti (22°45'S, 4140 msnm) por Grosjean y colaboradores (2001) sobre los últimos 22.000 años sugieren que la trasgresión palustre de finales del Tardiglacial comenzó hacia el 12.000 AP y concluyó alrededor del 8000 AP. Esta transgresión presentó dos fases particularmente altas, la primera hacia el 11.000 AP y la segunda hacia el 9000 AP. Los cambios fueron vinculados a un aumento en las precipitaciones de más del doble de las actuales del área (~200 mm/año). A partir del 8000 y hasta el 3600 AP, aproximadamente, se registraron niveles palustres bajos y condiciones de hipersalinidad en la laguna, adscribibles a numerosas alternancias entre condiciones secas y eventos húmedos. Finalmente, se sugiere que hacia el 3000 AP se establecen las condiciones actuales.

El estudio de Bobst *et al.* (2001) sobre un núcleo de sales del Salar de Atacama (23°S, 2300 msnm) que presenta datos sobre los últimos 106.000 años, indica breves períodos de humedad comprendidos entre 11.400 y 10.200 AP y entre 6200 y 3500 AP.

Numerosos estudios del contenido polínico, macrorestos vegetales e isótopos de *pellets* de roedores fueron realizados por Latorre y colaboradores (2002, 2003 y 2006) y Betancourt *et al.* (2000). Estos estudios indican diferentes momentos húmedos a lo largo de la primera mitad del Holoceno en un amplia área comprendida entre el 22° y el 25°S. A modo de ejemplo, Betancourt *et al.* (2000) sugieren fases húmedas en el río Loa entre el 4900 y 3500 AP, en el río Salado entre 6700 y 4300 AP, en la quebrada de Puripica entre 7100 y 4400 AP, en la quebrada de Tulán entre 8200 y 3000 AP y en Tarajne entre 15.400 y 9000 AP. Los trabajos de Latorre *et al.* (2002, 2003 y 2006) sugieren una fase particularmente húmeda entre el 11.800 y 10.500 AP, registrada en diferentes localidades entre los 2300 y 3000 msnm e inferida a partir de un descenso de casi 1000 metros de varias especies pertenecientes a una comunidad de estepa herbácea, característica del pajonal de altura. Asimismo, en estas altitudes detectan un pulso secundario de humedad entre el 7100 y el 3500 AP. Los estudios realizados en el área comprendida entre las cotas de 3100-3300 msnm muestran condiciones más húmedas que las actuales entre 13.500 y 9600 AP, entre 7600 y 6300 AP y entre 4400 y 3200 AP. Las fases secas más notables en esta área se ubican cronológicamente entre los 9400 y 8400 AP y posiblemente alrededor del 5100 AP.

Finalmente, Grosjean (2001) registró el desarrollo de turberas en la quebrada de Puripica (22-24°S, 3200-3600 msnm) en el período comprendido entre el 8000 y el 3000 AP. Dichos depósitos han generado fuertes controversias en lo referente a las condiciones ambientales generales en las que se dio su origen. Grosjean (2001) ha planteado que se originaron en un contexto de niveles palustres y freáticos en descenso, mientras que recientemente Reach y colaboradores (2003) han sugerido que se formaron bajo condiciones de aumento de los niveles

de freática y del incremento de la cubierta vegetal (ver Reach *et al.* 2003 para una revisión completa de esta discusión).

PUNA SECA ARGENTINA

La secuencia polínica de El Aguilar (23°S, 4000 msnm) estudiada por Markgraf (1985) evidencia un movimiento descendente de las comunidades vegetales Altoandinas entre el 10.000 y los 7500 AP (*i.e.* herbáceas y gramíneas), bajo condiciones más húmedas que en la actualidad y más cálidas que en el Pleistoceno. El intervalo 7500 - 4000 AP incorpora en su composición arbustos típicos de Puna (*i.e.* Asteráceas, Chenopodiaceas y *Ephedra* sp., entre otros) que sugieren una disminución en las precipitaciones -y consecuentemente en la humedad ambiental- y un aumento en las temperaturas. Finalmente, a partir del 4000 AP se instalan condiciones similares a las presentes.

Los estudios de polen e isótopos estables (*i.e.* $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$) realizados en Barro Negro (23°S, 3820 msnm) por Fernandez *et al.* (1991) han ofrecido información para la transición Pleistoceno Final/Holoceno Temprano. Los análisis polínicos muestran una presencia muy abundante de herbáceas antes del 11.000 AP, mientras que las gramíneas y compuestas son notablemente escasas (esto último particularmente alrededor del 12.000 AP). Estos resultados son interpretados como el descenso de la vegetación Altoandina, actualmente dominante por encima de los 4100 msnm, durante el Pleistoceno Final. Los autores sugieren que la abundancia de las gramíneas y compuestas crece, en detrimento de las herbáceas, con posterioridad al 11.000 AP en Barro Negro y que resulta notable la semejanza en su composición con lo registrado para el Holoceno Temprano en la secuencia de El Aguilar.

Por su parte los estudios de Kulemeyer *et al.* (1999) y Lupo (1998) de secuencias sedimentarias y polínicas de Yavi (22°S, 3400 msnm) sugieren condiciones más húmedas entre el 10.500 y 8100 AP y la instalación de condiciones áridas hacia el 8000 AP. Los autores indican que este período de aridez se extendería hasta el 6100 AP, cuando comienzan a instalarse condiciones levemente más húmedas que se consolidan hacia el 3500 AP.

De manera similar a lo ocurrido en la quebrada de Puripica, Yacobaccio y Morales (2005) han demostrado la presencia de acumulaciones de depósitos de turba en la quebrada de Lapao (23°22'S, 3650 msnm) durante el lapso 8700 - 7200 AP. Dichos depósitos fueron interpretados como vinculados al desarrollo de un humedal en lapso mencionado. Estas secuencias estratigráficas serán retomadas oportunamente y analizadas en detalle en el desarrollo de esta tesis.

PUNA SALADA ARGENTINA

La secuencia sedimentaria de Laguna Colorada (~26°S, 3420 msnm) estudiada por Tchilinguirian (2009) es el registro de mayor profundidad cronológica del área. Esta secuencia muestra condiciones de planicies aluviales, con freáticas someras y ambientes costeros con desarrollo de turba, entre el 9900 y el 8400 AP y condiciones de un humedal más reducido, con desarrollo de suelos minerales en el centro de la laguna, entre el 8400 y el 6350 AP que sugiere la instalación de condiciones de mayor aridez. A partir de 6300 AP se observan condiciones considerablemente más secas que las anteriores y que continúan hasta el 3900 AP. En ese momento se registra una transgresión lacustre que indica características de una laguna somera, interrumpida hacia el 3400 AP por una discontinuidad erosiva en la sedimentación que sugiere el reestablecimiento de condiciones áridas.

Estudios realizados en diferentes secuencias fluviales en Antofagasta de la Sierra, Catamarca (25-27°S, ~3000-3600 msnm) (Tchilinguirian 2009) sugieren múltiples desarrollos de planicies aluviales y suelos durante el Holoceno Medio. El arroyo Mirihuaca (Grana y Morales 2005, Tchilinguirian 2009) indican el desarrollo de un paleosuelo mineral hacia el 5900 AP que indicaría condiciones relativamente húmedas durante un corto lapso incluido en el Holoceno Medio, aunque más secas a las del período 3000 -1500 AP, cuando se desarrolló una planicie aluvial más importante que la actual. La confluencia del río Punilla con los Colorados indican el desarrollo de un paleohumedal, conformado por una planicie aluvial encharcada entre el 4600 y 4100 AP, mientras que en el río Las Pitas se han detectado condiciones similares entre el 3900 y el 3600 (Tchilinguirian 2009). Otros estudios realizados en los perfiles de La Hoyada y Ojo de Agua ubicados la zona de Fiambalá (Dpto. de Tinogasta), también han presentado facies orgánicas con dataciones ubicadas entre los ~8800 y 5000 AP compatibles con las fases húmedas del 9000 AP sugeridas para otras zonas de la Puna Catamarqueña (Montero López *et. al.* 2009).

RESUMEN E INTEGRACIÓN REGIONAL DE LA INFORMACIÓN PUBLICADA

CRITERIOS EN LA ORGANIZACIÓN, REPRESENTACIÓN Y SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS

La información citada en el apartado anterior se ha resumido gráficamente de dos maneras. El primer resumen gráfico está constituido por dos esquemas que incorporan el lapso cronológico completo de los estudios citados (*i.e.* Tardiglacial y los primeros 7.000 años del

Holoceno, entre el 14.000 y el 3000 AP) y buscan representar con el mayor detalle posible las tendencias citadas. El primer esquema (FIGURA 6.2) sintetiza la información de los estudios regionales, mientras que el segundo (FIGURA 6.6) lo realiza sobre los estudios de escala sub-regional y local, con el fin de evaluar semejanzas y diferencias en las tendencias de los diferentes tipos de estudio. El segundo resumen gráfico lo constituyen tres figuras en las que se han ubicado las tendencias paleoambientales citadas para el Holoceno Temprano y Medio (*i.e.* 10.000 – 4000 AP) en un mapa del área Andina, que representan lapsos de 2000 años cada uno, con el fin de observar si existe algún patrón geográficamente relevante en cuanto a la gradiente y cronología de los cambios ambientales observados.

Dada la diversidad de datos *proxy* de los registros citados, la manera en que los resultados fueron presentados varía. En general, se ha optado por indicar condiciones más húmedas o más secas que las actuales, con el mayor detalle posible y una escala cromática para los casos en donde datos sobre la temperatura estuviesen disponibles. Cuando se trata de niveles de lagos, en los esquemas se ubicaron umbrales de nivel (alto, actual y medio) y en el caso de depósitos aluviales de turba sólo se indica su presencia en un período determinado. En los mapas, se ha optado por mantener una escala cromática tanto para humedad como temperatura, independientemente de cual sea el tipo de estudio realizado, para que pudiesen ser identificadas las tendencias visualmente de manera más sencilla.

Los criterios seguidos para ordenar la información en los esquemas ha sido fundamentalmente la altitud de los sistemas estudiados. En el caso del segundo esquema, además, se han separado previamente los estudios realizados en la vertiente oriental y occidental de la cordillera de los Andes y por región geográfica. Con el objetivo de definir fases ambientales que nos permitan analizar la diacronía/sincronía de los diferentes cambios, en estos esquemas, se han unido las transiciones del mismo sentido o características con líneas punteadas (verdes). Estas fases, unidas a la información de la altura y área geográfica de los registros estudiados han permitido observar la existencia de patrones homogéneos en el *tempo* y sentido de los cambios paleoambientales. Uniendo dichos patrones a la información de la circulación atmosférica del área en el pasado (recordar Capítulo 4) y a las explicaciones sugeridas para dichos cambios por los autores citados se busca realizar una integración general que describa las tendencias regionales y subregionales de los cambios ambientales y su diversidad de expresión en diferentes localidades.

PATRONES Y TENDENCIAS REGIONALES

El esquema de la FIGURA 6.2 muestra, en general, señales notablemente compatibles (salvo en el caso de Graf 1977) con leves diacronías que ha permitido dividir los cambios observados en 5 fases y una subfase.

La primera fase, que finaliza hacia el 12.000 AP, corresponde a un gradiente de desecación intensa desde condiciones muy húmedas, que puede ser cronológicamente asignada al final de la renombrada Fase Tauca (Platt Bradbury *et al.* 2001, Sylvestre *et al.* 1999).

La segunda fase puede ser caracterizada como un lapso árido y frío ubicado alrededor del 11.500 AP. Esta cronología es compatible con lo que varios autores (Clapperton *et al.* 1997; Rodbell y Seltzer, 2000; Peteet 1995; entre otros) han sugerido como la expresión Andina de la fluctuación denominada *Yunger Dryas* (*sensu* Alley *et al.* 1993) en el Hemisferio Norte.

Hacia el 11.000 AP las condiciones se vuelven progresivamente más húmedas definiendo la tercera fase, un lapso de 3000 a 3500 años con condiciones frías y húmedas (aunque en menor medida que la Fase Tauca según Geyh *et al.* 1999) y que muestra su momento de máxima humedad entre el 10.000 y 9000 AP. Esto resulta claramente observable en el primer mapa (FIGURA 6.3) donde el período 10.000 – 9000 AP resulta húmedo y frío en todas las áreas geográficas. Varios autores (Baker *et al.* 2001, Platt Bradbury *et al.* 2001, Sylvestre *et al.* 1999; entre otros.) han denominado a este lapso Fase Coipasa, aunque su extensión y cronología exacta ha estado sujeta a discusión y en los estudios aquí analizados ha mostrado notables variaciones espaciales y cronológicas (ver *infra*).

La observación más evidente que se puede realizar en la cronología del Holoceno es la presencia de un extenso momento con condiciones secas y cálidas que se extiende entre ~8.000 y el 3500 AP (ver ambos esquemas, FIGURAS 6.2 y 6.6, y el segundo y tercer mapa FIGURAS 6.4 y 6.5, respectivamente), compatible con la crono-zona del Hypsitermal y que caracteriza la cuarta fase. Es notable también, la sincronía de un momento particular caracterizable como el más árido del área desde el último Máximo Glacial (FIGURAS 6.2 y 6.6). Al respecto, varios de los registros estudiados permiten caracterizar a este momento como una subfase de ~1500 años entre el 5500 y 7000 AP con condiciones cálidas y particularmente secas, que al igual que la fase 3, parece mostrar diacronía espacial en su inicio y duración. Al igual que en el caso de la fase Coipasa la señal parece ser más temprana en las latitudes mayores (ver esquemas, FIGURAS 6.2 y 6.6), pero en este caso, además, la fase muestra una mayor duración con el incremento en la latitud y una notable disparidad en las respuestas locales entre la vertiente oriental y occidental de la cordillera (ver las señales de Chile y costa peruana en contraposición al resto de los registros en el tercer mapa, FIGURA 6.5).

Hacia el 3500 AP comienza la quinta fase que en general se caracteriza por una transición hacia las condiciones actuales de cada área.

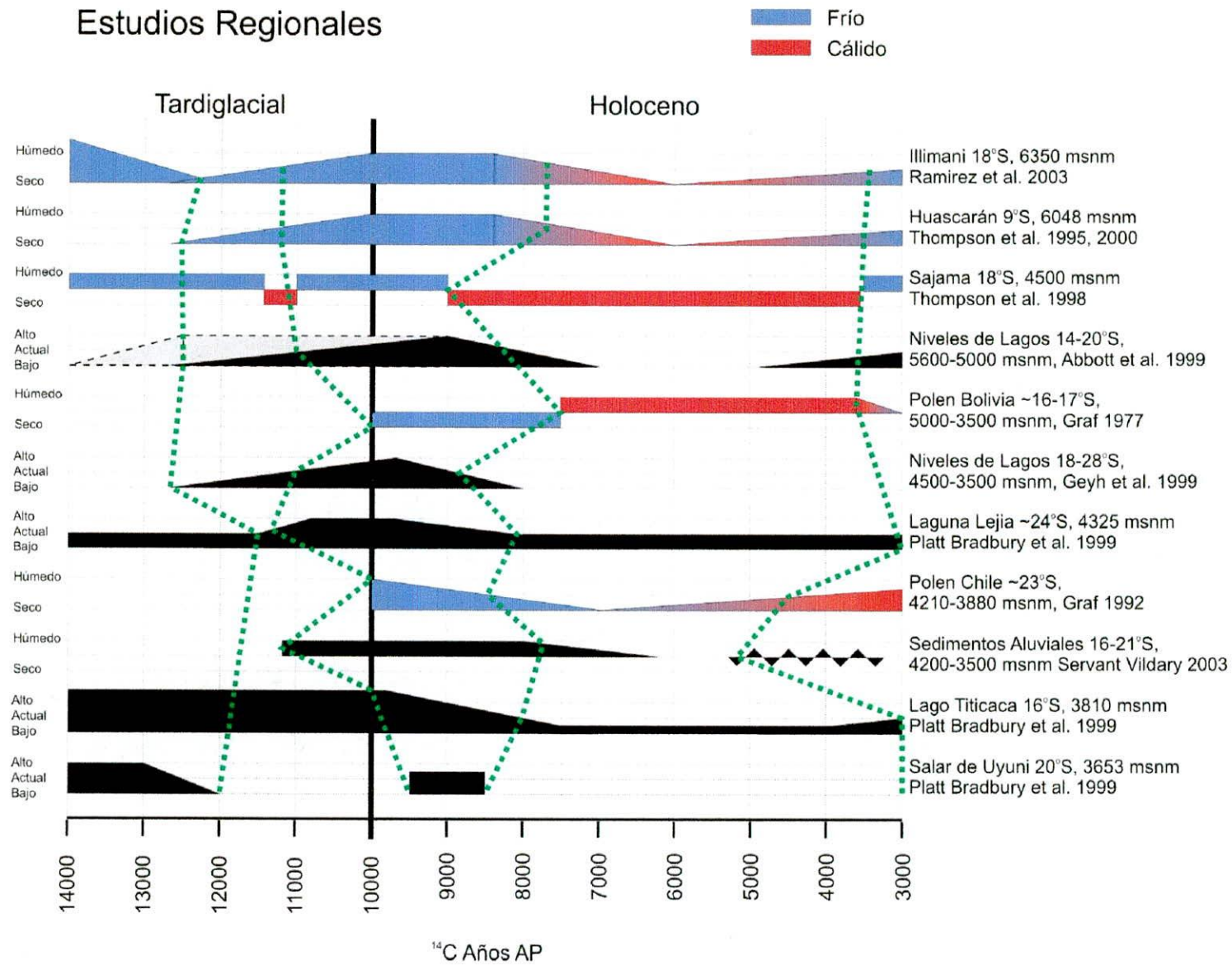


FIGURA 6.2. Síntesis de los estudios regionales disponibles para el área.

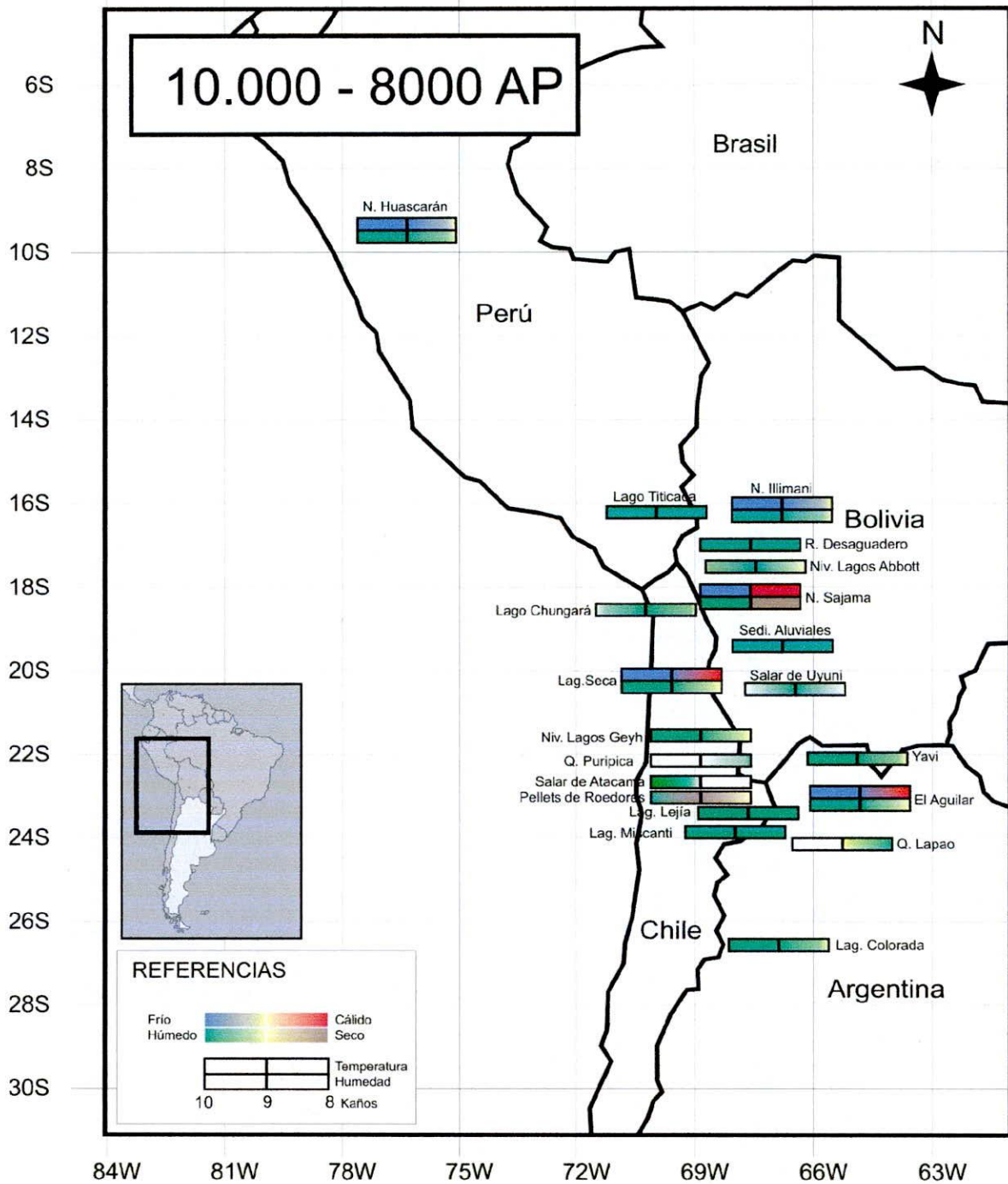


FIGURA 6.3. Ubicación y tendencias en la humedad y temperatura de las diferentes localidades citadas para el lapso 10.000 – 8000 AP.

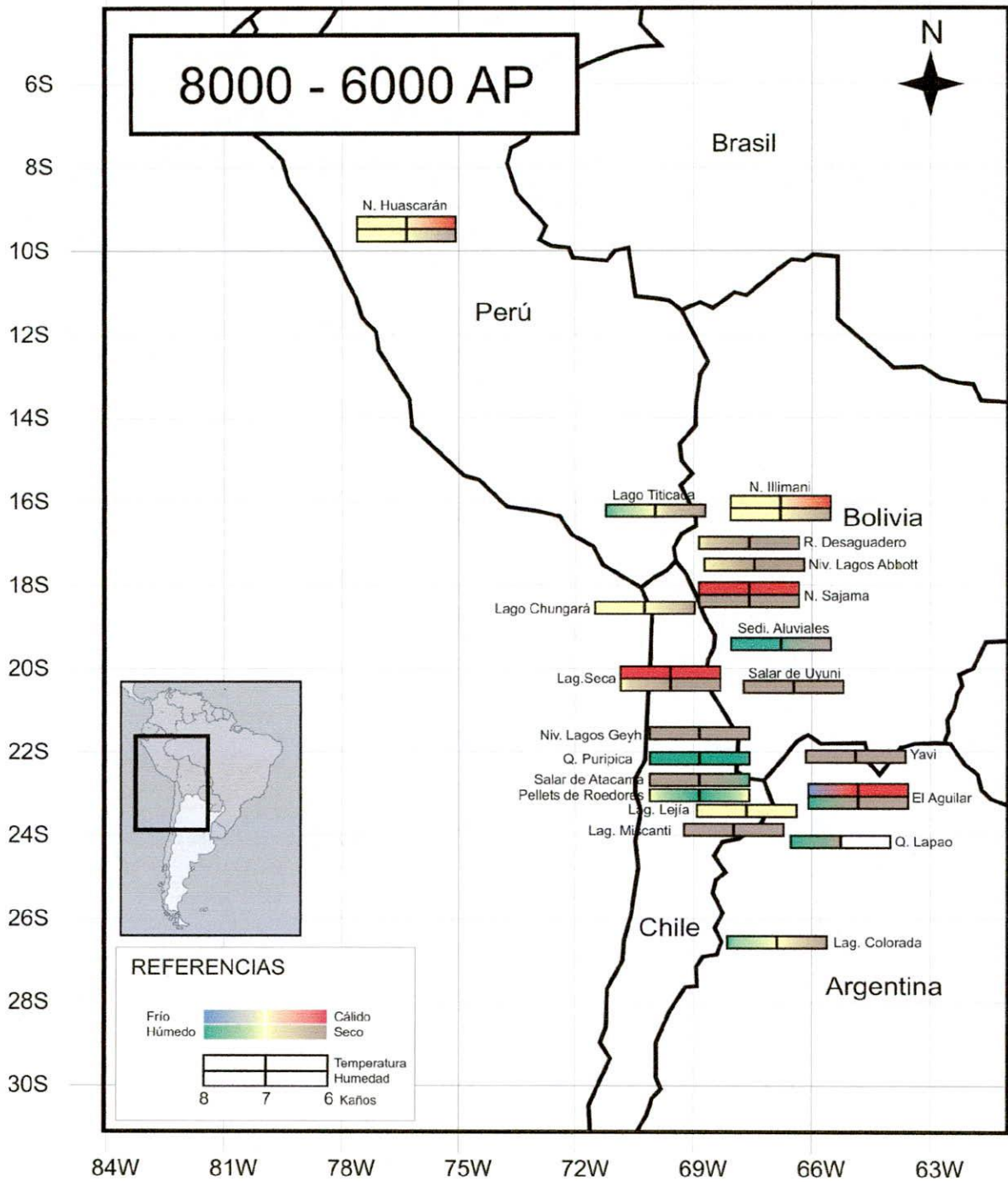


FIGURA 6.4. Ubicación y tendencias en la humedad y temperatura de las diferentes localidades citadas para el lapso 8000 - 6000 AP.

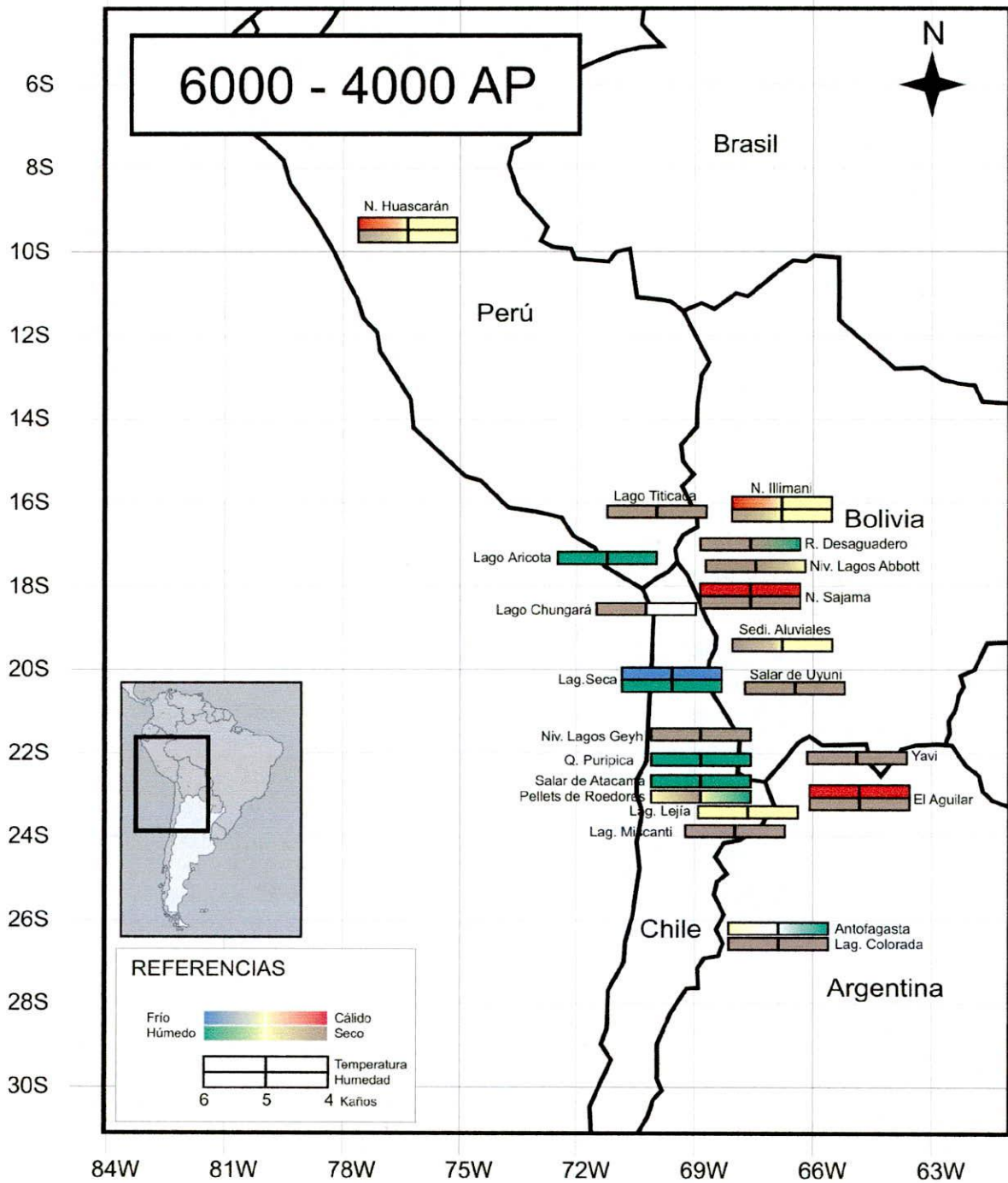


FIGURA 6.5. Ubicación y tendencias en la humedad y temperatura de las diferentes localidades citadas para el lapso 6000 - 4000 AP.

PATRONES Y TENDENCIAS SUB-REGIONALES Y HETEROGENEIDAD DE LAS RESPUESTAS LOCALES

La primera y más evidente observación que puede realizarse a partir del esquema de la FIGURA 6.6 es que la mayoría de los resultados de la vertiente occidental parecieran presentar una notable incompatibilidad con los de la vertiente oriental de los Andes. Los estudios realizados en la vertiente oriental, si bien prácticamente no presentan datos sobre el Tardiglacial (con la excepción de las condiciones húmedas y frías sugeridas por la secuencia de Barro Negro), muestran que las características y cronologías de las fases 3, 4 y 5 son compatibles con las tendencias regionales discutidas en el apartado anterior. Solo cabe señalar la permanencia del desarrollo de turbas en la Puna Argentina un poco más allá de lo esperable para esta latitud a partir de las tendencias inferidas a partir de Núcleos de Hielos y Niveles de Lagos, aunque coincidente con las cronologías de sedimentos aluviales de Bolivia y las turbas de Puripica. Este tema será retomado más adelante -una vez presentados y analizados los resultados paleoambientales que son objeto de esta tesis- para completar un análisis pormenorizado de las tendencias y variabilidad local y subregional en la Puna Argentina.

Por su parte, los datos procedentes de la vertiente occidental no muestran la compatibilidad observada entre los datos de la vertiente oriental y la tendencia regional y, además, evidencian heterogeneidad interna. Por ejemplo, mientras que Laguna Miscanti (~4100 msnm) y Chungará (~4500 msnm) sugieren condiciones similares, en cuanto a sus características y cronologías, al resto de las lagunas altoandinas estudiadas regionalmente, los niveles del lago Aricota (~2800 msnm) y del Salar de Atacama (~2300 msnm) evidencian niveles altos en el momento más seco de la cronología estudiada (la subfase de la fase 4)(ver esquema de la FIGURA 6.2). De la misma manera, la información procedente de los estudios de *pellets* de roedores realizados por debajo de los 3000 msnm y el desarrollo de turberas en la quebrada de Puripica (3200-3400 msnm) (que pueden ser interpretados como indicadores de condiciones locales según Grosjean *et al.* 2003), coinciden con las tendencias del Salar de Atacama y Lago Aricota. Por su parte, los *pellets* estudiados por encima de los 3000 msnm coinciden en cierta medida con las tendencias observadas en el estudio polínico de Laguna Seca (4500 msnm) que indican condiciones secas durante el Holoceno Medio, interrumpidas por extensos lapsos más húmedos (FIGURA 6.2). Estas incompatibilidades fueron el núcleo de la discusión sobre la aridez/humedad del Holoceno Medio que ya hemos mencionado (Grosjean 2001)

Si bien resulta arriesgado en el estado actual de los estudios paleoambientales de la región explicar las razones de estas incongruencias, es posible intentar una interpretación preliminar que obliga a retomar algunas cuestiones vertidas en el Capítulo 4 y mencionar unas consideraciones planteadas por Grosjean (2003) en términos de la escala y significado de las señales ambientales

de los estudios de *pellets* o *pack rat middens*. Como se mencionara en el Capítulo 4 -en virtud de lo sugerido por Garreaud *et al.* (2003) y de los análisis realizados sobre estaciones meteorológicas del área estudiada en esta tesis- el impacto de los eventos El Niño tienen una señal más clara en la vertiente occidental de la cordillera, produciendo condiciones más cálidas y secas en el área Altoandina y más húmedas a medida que nos aproximamos a la costa pacífica. En relación con esto, según lo sugerido en el mencionado capítulo y derivado de los modelos de circulación atmosférica planteados para el área y trabajos pertinentes como el de Riedinger *et al.* (2002), entre el 7000 y 5000 AP los eventos tipo El Niño pasan de tener una frecuencia baja a moderada e intensidades de altas a moderadas. En relación a lo sugerido por Grosjean (2003) sobre la interpretación de las señales de *pellets*, este autor ha propuesto que, en realidad, su abundancia total en los estudios realizados por Latorre *et al.* (2002,2003) y Betancourt *et al.* (2000) resultan un mejor indicador de las condiciones subregionales inferibles para el área. Grosjean (2003) observa que la abundancia total de *pack rat middens* estudiados se reduce notablemente durante el Holoceno Medio, hecho que puede ser interpretado como condiciones de descenso en los niveles poblacionales de roedores del área (ya que no parece haber indicios de sesgos derivados de una preservación diferencial) vinculado a condiciones más áridas; y que las especies indicadoras de humedad presentes en los *pellets* en realidad pueden deberse a cortos momentos de humedad relacionados a breves pulsos de proliferación de los roedores.

Entonces, estas consideraciones permiten sugerir -a modo de hipótesis- que es posible explicar la variabilidad de resultados observada en la vertiente occidental de los Andes como el efecto derivado de la influencia diferencial de eventos tipo el Niño en diferentes altitudes y escalas espaciales. Esta idea se sustenta, en primera instancia, en la coincidencia cronológica entre el comienzo de la recurrencia de eventos tipo El Niño -entre el 7000 y el 6000 AP- y la presencia de las incompatibilidades detectadas. Asimismo, esta hipótesis resulta útil para explicar los eventos de recarga de humedad de zonas más bajas y próximas a la costa pacífica, como el observado en el Lago Aricota y Salar de Atacama y el vinculado a la proliferación de *pellets* en las cotas 2300-3000 msnm con especies vegetales indicadoras de humedad; mientras que en el área Altoandina y vertiente oriental, explica las condiciones más secas de la subfase de la fase 4 registrada en los estudios regionales que se instalan a partir de los 7000-6000 AP. Asimismo, ayuda a explicar que con la regularización del fenómeno con sus fases cálidas y frías (*i.e.* eventos El Niño y La Niña) ocurrida hace unos 3000 años (ver Capítulo 4) comiencen a instalarse condiciones similares a las actuales en ambas vertientes de la cordillera.

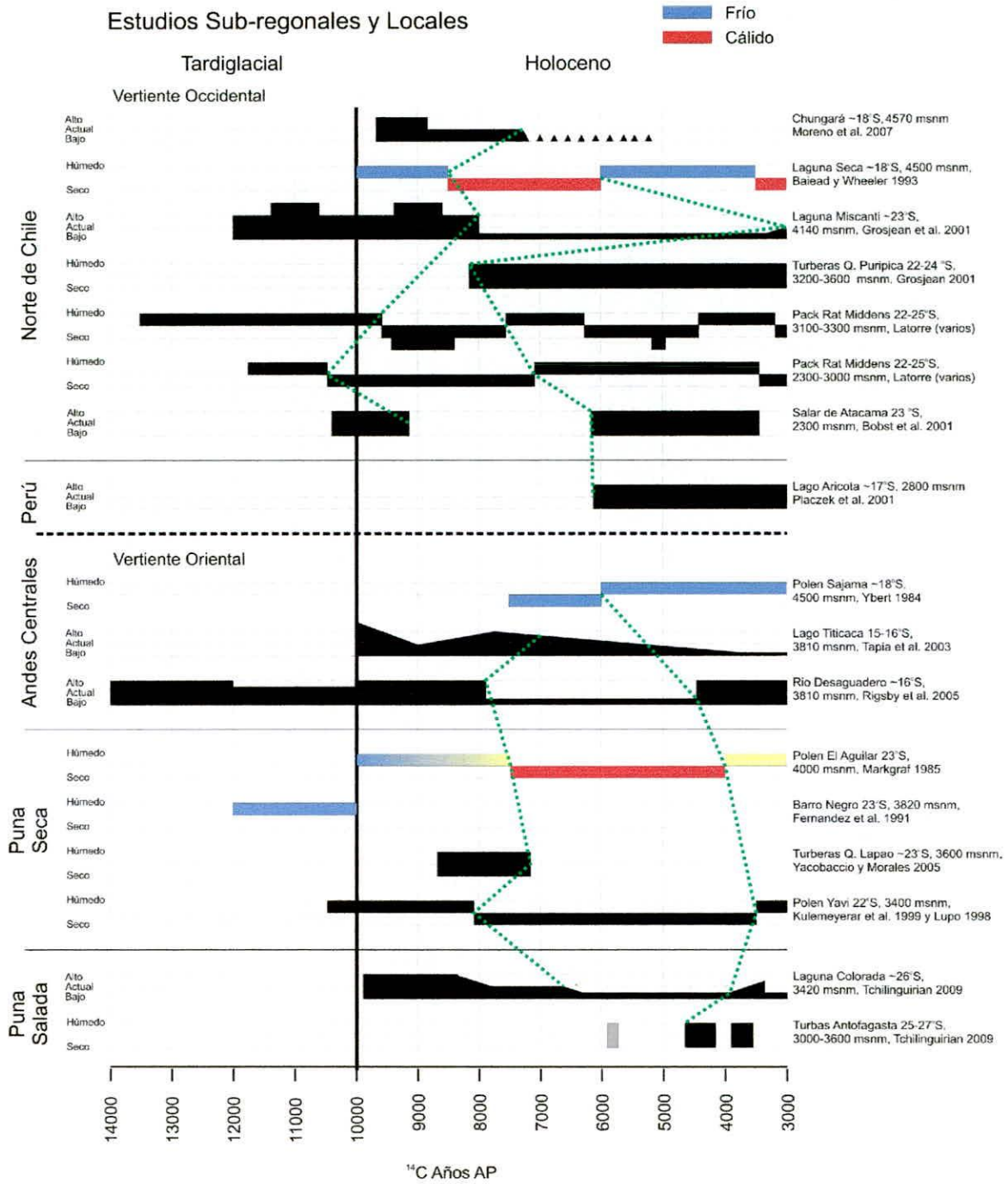


FIGURA 6.6. Síntesis de los estudios subregionales y locales disponibles para el área divididos por vertiente de la cordillera y área de la Puna.

INTEGRACIÓN: SÍNTESIS DE LAS TENDENCIAS PALEOAMBIENTALES MULTI-ESCALA PARA EL HOLOCENO TEMPRANO Y MEDIO (10.000 - 4000 AP)

Tomando lo analizado y discutido en los dos apartados anteriores es posible resumir las tendencias regionales y su variabilidad en escalas menores.

El clima durante la mayor parte del Holoceno Temprano (*i.e.* 10.000 – 8500) parece presentar una homogeneidad regional notable, con condiciones frías y húmedas (Grosjean y colaboradores 2001 han estimado hasta 200 mm/año de incremento en las precipitaciones hasta el 9000 AP³ en su área de estudio) compatibles con las características del patrón de circulación atmosférica sugerido por Villagran (1993) para el período (recordar Capítulo 4). Estas tendencias explican la continuidad en la presencia de la vegetación típica del pastizal Altoandino registrada a partir del Tardiglacial en altitudes inferiores a los 3800 msnm, remplazando la actual composición típica de la estepa arbustiva. Asimismo resulta evidente la existencia de un balance hídrico regional positivo que produjo la recarga de los sistemas palustres de altura llegando a sus niveles máximos alrededor del 10.000 AP, según lo registrado por Abbott *et al.* (1999), Geyh *et al.* (1999) y Platt Bradbury *et al.* (2001), entre otros, así como la abundancia de *pellets* de roedores en la vertiente Chilena, y su composición vegetal (Latorre 2002, 2003, 2006) que indican condiciones relativamente estables, con frecuentes eventos de recarga de humedad hasta el 8000 AP.

En consonancia con el cambio en los patrones de circulación atmosférica (Villagrán 1993) y el cambio de ciclo orbital que modificó los niveles de insolación en el área (Rowe *et al.* 2002), el lapso 8000-6000 AP se encuentra signado por la transición entre las condiciones de humedad precedentes y la aridez del período posterior. En este sentido, el final de las condiciones de humedad presentes durante el Holoceno temprano, muestra una cronología heterogénea, pareciendo ser más tardío (próxima al 8000 AP o aún algunos siglos posterior) en el sector septentrional del área estudiada y en los sistemas cuyas cabeceras se encuentran en cotas altas. Al respecto, mientras que los niveles de lagos y núcleos de hielo muestran un comienzo más o menos sincrónico para esta fase húmeda del Holoceno Temprano hacia el 11.000 AP evidencian un final más prematuro en las latitudes mayores (*i.e.* volviéndose más tardío a medida que nos acercamos hacia el ecuador, variando en ~1000 años entre los límites norte y sur del área relevada). Este patrón puede observarse con claridad si analizamos en el primer mapa (FIGURA 6.3) los segmentos que representan el lapso 9000 - 8000 AP. Las localidades ubicadas más al norte (salvo en el caso de Sajama) mantienen condiciones de humedad prácticamente durante todo el

³ Esta estimación puede resultar un tanto exagerada si la comparamos con el 20% de incremento en las precipitaciones (80-100 mm/año aprox.) sugeridas a partir de los valores isotópicos del Núcleo de Hielo Illimani estudiado por Ramirez y colaboradores (2003).

lapso, mientras que en las ubicadas más al sur la situación resulta más heterogénea. Más allá de esto, existen evidencias (FIGURA 6.4) de niveles de freática relativamente elevados que continuaron permitiendo -al menos hasta el 7000 AP- el desarrollo de extensos humedales en el sector septentrional de ambas vertientes de la cordillera, como se observa en los estudios de sedimentos aluviales de Servant y Servant-Vildary (2003), los depósitos de turba de Quebrada Puripica (Grosjean 2001) y Quebrada Lapao (Yacobaccio y Morales 2005) y la transición entre un sistema palustre y una extensa vega en Laguna Colorada (Tchilinguirian 2009). Por otra parte, como evidencian los estudios de niveles de lago realizados por Abbott y colaboradores (2003), las condiciones de humedad parecen haberse extendido durante buena parte del Holoceno Medio en cuencas cuyas cabeceras se encuentran ubicadas por encima de los 5000 msnm.

El lapso posterior comprendido entre el 6000 y 4000 AP puede ser caracterizado como un momento de extrema aridez regional, aunque con condiciones más benignas en el sector occidental, particularmente en los sectores más bajos de la cordillera. Esto resulta particularmente observable a partir de las condiciones sugeridas por la composición vegetal y abundancia de *pellets* de roedores en diferentes altitudes. Así, los datos de estos registros ubicados por debajo de los 3000 msnm muestran condiciones de humedad constante a partir del ~7000 AP –coincidiendo con los altos niveles del Lago Aricota (2800 msnm) y Salar de Atacama (2300 msnm)- mientras que los ubicados por encima de los 3000 msnm muestran una interrupción a partir del 6200 AP y un fuerte pulso de desecación hacia el 5000 AP. Al respecto hemos mencionado que la instalación de los primeros eventos tipo El Niño en el área hacia el 7000-6000 AP (Villagrán 1993, Riedinger *et al.* 2002, entre otros) resultaría claramente compatible con el patrón observado, tanto en sus indicaciones de humedad en los sectores bajos de la vertiente occidental como de la extrema aridez en el Altiplano y vertiente oriental.

Habiéndose revisado y resumido hasta aquí las características ambientales del área de estudios desde el Tardiglacial hasta fines del Holoceno Medio a partir de los análisis realizados por diferentes investigadores, es posible abordar ahora los análisis paleoambientales realizados para esta tesis, tanto aquellos vinculados a escalas amplias (supra-regional y regional) como los de escalas reducidas (sub-regional y local). El siguiente capítulo inicia esta tarea.

ANÁLISIS PALEOAMBIENTAL EN ESCALAS SUPRA-REGIONAL Y REGIONAL: CRONOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN DE PALEO-HUMEDALES

CAPÍTULO

7

INTRODUCCIÓN

Como ya se ha mencionado en capítulos previos de esta tesis, la abundancia y distribución de las zonas de concentración de nutrientes (ZCN, *sensu* Yacobaccio 1994) es un elemento clave en la estructura de recursos de las tierras altas de los Andes. Estas ZCN están representadas generalmente por los humedales de altura, que no solo son los *loci* de mayor productividad primaria relativa, sino también, que se asocian a la presencia de agua, un recurso crítico tanto para la fauna como para los grupos humanos en los desiertos, siendo los responsables, en buena medida, de sus patrones distribucionales. La expresión sedimentaria más evidente de estos humedales en el registro geológico son los paleosuelos que estos ambientes generan: las turberas. No obstante, la relevancia del estudio de las turberas en escalas amplias no se agota en su importancia en términos puramente ecológicos, sino que además los exceden, pudiendo brindar información climática importante sobre la región bajo estudio. Al respecto, si bien las causas por las que se forma una turbera en una localidad particular se debe a diversos factores como la vegetación, el sustrato, la posición hidrológica local y el clima (Barber y Charman 2005), se ha demostrado recientemente que la formación y proliferación de turberas en escalas espaciales amplias puede ser explicada solo en términos de cambios climáticos (especialmente aquellos relacionadas a paludificación de un ambiente y donde la actividad humana pueda ser descartada) (Barber y Charman 2005). En otras palabras, la proliferación o disminución regional y suprarregional de humedales sólo puede ser explicada en términos de las modificaciones en el balance hídrico en amplias áreas y su impacto en diferentes localidades, resultando así en un *proxy* dato de la humedad relativa del ambiente. Por estas razones es que en este capítulo se realiza un estudio detallado de la cronología y distribución de las turberas con dataciones comprendidas

entre el 12000 y el 3500 AP, tanto propias como obtenidas a partir de una amplia base bibliográfica que incluye la Puna Argentina, norte de Chile, Sur de Bolivia y el extremo sur de Perú, que nos permitirá analizar los patrones en el desarrollo de paleohumedales en escalas espaciales amplias.

En cuanto a la estructura de este capítulo, el mismo puede ser dividido en dos amplias secciones y una breve síntesis final. La primera sección se dedica al estudio de las series de dataciones de turberas en si mismas, e incluyen el tratamiento tanto de las dataciones en conjunto, como estratificadas por variables que puedan haber influido en su distribución (*i.e.* altitud, latitud y vertiente andina). La segunda sección se orienta a comparar dichas series con los datos procedentes de registros paleoambientales de escala comparable ya mencionados en el Capítulo 6 de esta tesis (*i.e.* series isotópicas y de partículas de polvo en estudios de núcleos de hielo). Finalmente, la síntesis se refiere a una breve revisión de los principales patrones y tendencias obtenidas de los estudios realizados en las secciones descriptas. No obstante, antes de encarar dichas secciones, es necesario realizar unas breves aclaraciones vinculadas a la metodología de los análisis efectuados, que se enuncian en el apartado que sigue.

CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS GENERALES PARA EL ANÁLISIS DE SÉRIES DE DATAACIONES DE TURBERAS

Como se ha mencionado, el análisis de amplios conjuntos de dataciones de suelos conforman series que permiten estimar la abundancia de los mismos, e inferir el balance hídrico asociado, en una escala supra-regional y sus patrones distribucionales específicos en áreas menores (Barber y Charman 2005). Para este análisis se confeccionó una base de datos que incluye 97 dataciones sobre turba procedente de cuatro áreas: Puna Argentina (N=43), Norte de Chile (N=17), Sur de Bolivia (N=25) y extremo sur de Perú (N=12).

Para la construcción de dicha base de datos (ver TABLAS 1 Y 2 del ANEXO DEL CAPÍTULO 7, con las referencias bibliográficas sobre la procedencia de las fechas) se han compilado las dataciones con particular cautela, teniendo en cuenta la posible existencia de múltiples dataciones para un mismo suelo. Al respecto, solo se han incluido en esta base los casos en que fue posible recurrir a las descripciones de los perfiles sedimentarios que refieren el origen preciso de las dataciones y se han descartado varias fechas en virtud de seleccionar solo una para cada suelo. Esto último se ha realizado mediante la selección al azar de una de las fechas disponibles para los suelos que presentaban varias dataciones próximas.

Las calibración de las dataciones se realizó con el programa Calib rev. 5.0.1 en años cal. BP (*i.e.* años cal. AP) con la curva Intcal.04, y se ha utilizado como herramienta central del análisis el cálculo de la suma de las probabilidades de dichos fechados con 2 sigmas disponible en este paquete informático. Asimismo, en algunos casos particulares se ha recurrido a la aplicación del mismo algoritmo de suma de probabilidades sobre muestreos aleatorios de dichas series para contar con series de control que permitan estimar los posibles sesgos derivados de la sobrerrepresentación de fechas procedentes de localidades datadas intensamente. Al respecto, dichos muestreos consistieron en la selección de solo un 30% de las fechas incorporadas en las series de origen (*i.e.* universo muestral), seleccionandolas mediante la utilización de una tabla de números al azar.

Para abordar otros aspectos de las series, que se detallan y discuten oportunamente, se ha recurrido también al cálculo de los valores medios y estimaciones cuantitativas de frecuencias de eventos cada mil años, tomando siempre como base la segregación de los períodos que se viene manteniendo a lo largo de esta tesis: Holoceno Temprano (*i.e.* 10.000-8000 AP; ~11.700-9000 años cal. AP) y Holoceno Medio (*i.e.* 8000-3500 AP; ~9000-3700 años cal. AP).

Las comparaciones realizadas en la segunda sección del capítulo entre las series y los registros de escalas comparable (*i.e.* series de δO^{18} y partículas de polvo de los núcleos de hielo Huascarán y Sajama) descritos en el capítulo anterior, se realizaron mediante la utilización del software CalPal (*The Köln Radiocarbon Calibration and Paleoclimate Research Package*) especializado para tal fin. Este software permite acoplar graficamente las series de dataciones de turba con los datos de las series isotópicas y de partículas de polvo procedentes de los registros mencionados con sus fechas calibradas con la misma curva radiocarbónica (*i.e.* IntCal. 04) para comparar la sincronía de los cambios. Además se han obtenido los datos originales de dichas series paleoambientales (Thompson *et al.* 1995, 1998, 2002) para realizar comparaciones sobre sus valores medios por período (*i.e.* Holoceno Temprano y Medio) y cada mil años, con los valores medios de las dataciones sobre turba.

ANÁLISIS DE LAS SERIES DE DATACIONES DE TURBA EN LAS TIERRAS ALTAS DE LOS ANDES

Esta primera sección se aboca al análisis de la series de dataciones de turberas en si misma. En la FIGURA 7.1 se grafican la suma de probabilidades de la serie completa que incluye todas las áreas (N=97) y dos muestreos al azar del 30% de la misma para comparar los posibles sesgos derivados de muestreos intensos de localidades particulares. Asimismo, a continuación de la FIGURA 7.1, se incluye la FIGURA 7.2 que presenta una tabla con los valores medios de Holoceno

Temprano y Medio y cada mil años de las probabilidades de turbas y/o humedales en escala supra-regional.

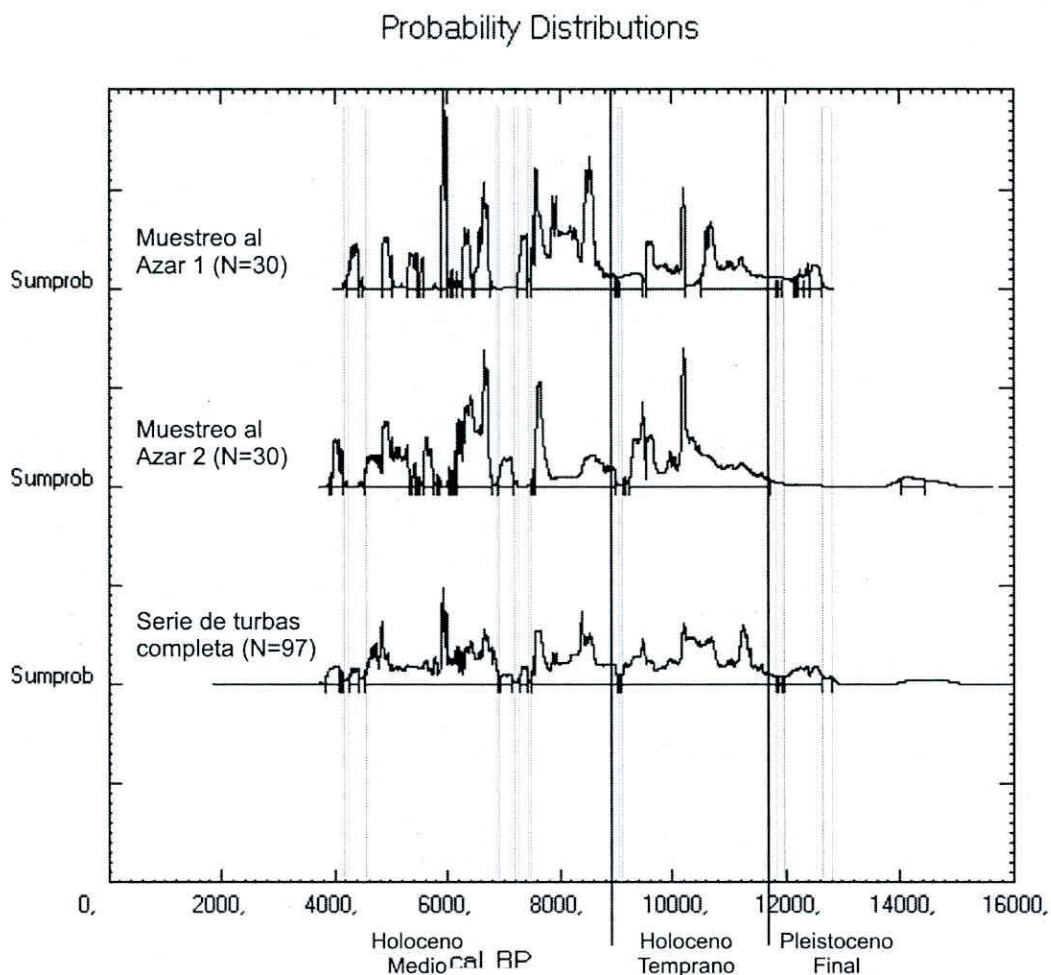


FIGURA 7.1. Suma de probabilidades de las fechas de turba de los dos muestreos al azar y la serie de dataciones de turba completa que incluye todas las áreas (N=97). Las líneas negras marcan los límites de los períodos analizados y los rectángulos de línea gris los hiatos comunes de dataciones.

La FIGURA 7.1. muestra con claridad que si bien es evidente, como era esperable, una mayor abundancia de hiatos de fechados en los muestreos al azar, las características generales de los picos de intensidad de los tres gráficos son similares. Al respecto, vemos que es notable la baja frecuencia de hiatos en los tres muestreos durante el Holoceno Temprano (*i.e.* el presente en la curva general entorno a los 9100 años cal. AP [\sim 8100 AP], más los dos presentes en el primer muestreo) en comparación con los otros dos períodos (*i.e.* Holoceno Medio y Pleistoceno Final). Nótese también, durante el Holoceno Temprano, la coherencia entre los dos picos de mayor intensidad de las diferentes series (*i.e.* entre 9400 y 9800 años cal AP [\sim 8200 y 8600 AP]. y entre 10.300 y 10.800 años cal. AP [\sim 8900 y 9600 AP]).

Durante el Holoceno Medio la primera observación destacable es la presencia de una mayor frecuencia de hiatos, agrupados en dos lapsos particulares en la curva general (*i.e.* entre 6800 y 7500 años cal. AP [\sim 6000 y 6600 AP] y entre 4200 y 4600 años cal. AP [\sim 3800 y 4100 AP]). Asimismo, se evidencian al menos cinco pulsos de mayor intensidad en las series alrededor de: 8500, 7600, 6700, 6000 y 4900 años cal. AP (*i.e.* \sim 7100, 6800, 5800, 5200 y 4400 AP, respectivamente).

	Período	% de la distribución probabilística de fechas	% de la distrib. probabil. cada 1000 años
Muestra completa (N=97)	Holoceno Medio	57.97	8.5
	Holoceno Temprano	37.04	13.7
	Pleistoceno Final	4.98	1.8
Muestra al azar 1 (N=30)	Holoceno Medio	61.25	9.0
	Holoceno Temprano	36.99	13.7
	Pleistoceno Final	1.76	0.6
Muestra al azar 2 (N=30)	Holoceno Medio	67.70	10.0
	Holoceno Temprano	28.45	10.5
	Pleistoceno Final	3.85	1.4
Media	Holoceno Medio	62.31	9.2
	Holoceno Temprano	34.16	12.7
	Pleistoceno Final	3.53	1.3

FIGURA 7.2. Tabla con los valores porcentuales de las distribuciones probabilísticas de las fechas calibradas por período y serie y valores medios obtenidos a partir de las tres series. Las tablas con los valores de origen se encuentran en el ANEXO DEL CAPÍTULO 7

La primera observación que se desprende de la tabla antecedente es la representación homogénea de los porcentajes de la distribución probabilística de las fechas de turberas entre la muestra completa y ambas muestras al azar. Esto permite afirmar con cierto grado de confianza que las proporciones representan la abundancia relativa de dataciones para cada uno de los períodos. No obstante, para obtener un valor único de estos valores se obtuvo el valor medio de las tres series presentadas para cada período. Asimismo, como también puede observarse en la FIGURA 7.2, se calculó el porcentaje de dichas distribuciones probabilísticas cada 1000 años dividiendo el porcentaje original por 6,8 (Holoceno Medio), 2,7 (Holoceno Temprano) y 2,8 (Pleistoceno Final) que representan las unidades de 1000 años para cada uno. Esto se realizó con el fin de evaluar la frecuencia de desarrollo de estos ambientes sobre una unidad constante para poder comparar dicha variable sobre cada bloque cronológico. A partir de estos resultados se observa que el Holoceno Temprano no solo muestra, como se había presentado en la FIGURA 7.1, una presencia más constante de este tipo de ambientes, sino que en promedio habría permitido el desarrollo de un 30% más de humedales que el Holoceno Medio en el área relevada, evidenciando, posiblemente, un balance hídrico más positivo.

Como ya se ha mencionado en la introducción de este capítulo, también se ha estratificado esta base de datos en función de variables que puedan afectar el desarrollo de suelos. En el Capítulo 4 de esta tesis se ha planteado la importancia de la altitud en cuanto a la probabilidad diferencial de desarrollo de humedales en la Puna. Al respecto se tomó el modelo propuesto por Tchilinguirian (2009) en el que se plantea que existen diferencias notables en cuanto al desarrollo de los mismos si el área de carga se encuentra en las cotas más altas de la Puna (*i.e.* por encima de los 4500 msnm). Por esta razón hemos estratificado la base de datos en dos grupos, las turbas que fueron datadas por encima de los 4000 msnm (*i.e.* las que presentan su área de carga hídrica en cotas asimilables a la mencionada por Tchilinguirian 2009), y las que han sido datadas por debajo de esta cota. Al igual que en el caso anterior los resultados se presentan en dos figuras. La primera de ellas, la FIGURA 7.3, consiste en la representación gráfica resultante de la suma de probabilidades de ambas series, la superior incluye las turberas ubicadas por debajo de los 4000 msnm (N=69) y la segunda, más acotada en términos del número de casos, las que fueron datadas por encima de esta cota (N=28). La FIGURA 7.4, por su parte, presenta los valores medios divididos por período y cada mil años como se hiciera en el análisis anterior.

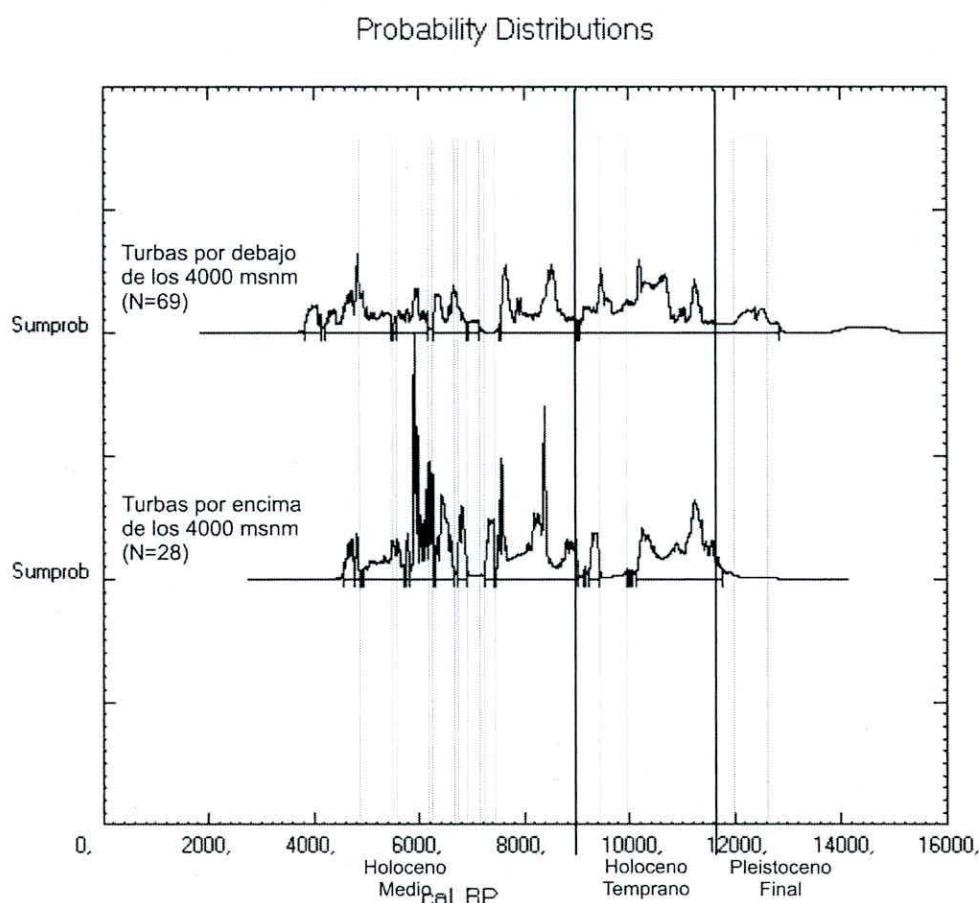


FIGURA 7.3. Suma de probabilidades de las fechas de turba de los dos estratos, por debajo de los 4000 msnm (arriba) y por encima de esta cota (abajo). Las líneas negras marcan los límites de los períodos analizados y los rectángulos de línea gris en este caso muestran los hiatos compensados entre ambas series.

La primera observación que pareciera ser evidente es la mayor continuidad de las fechas de la serie por debajo de los 4000 msnm. Otro patrón que pareciera emerger de este análisis es la frecuente compensación de los hiatos ocurridos en una cota por la proliferación de humedales en la otra (estos casos se encuentran señalados en el gráfico con rectángulos grises). Al respecto, cinco son los casos en que la serie de fechas por debajo de los 4000 msnm compensan hiatos de la serie de mayor altitud y tres los casos contrarios. Asimismo seis de los casos ocurren durante el Holoceno Medio, uno durante el Holoceno Temprano y uno durante el Pleistoceno Final. Cabe notar, también, la sincronía en los picos más importantes de fechas de turbas de ambas curvas y que las mencionadas compensaciones se encuentran asociadas a los lapsos cronológicos en que se registró la mayor frecuencia de hiatos supra-regionales analizados en la FIGURA 7.1. De todas formas debido a la disparidad en la cantidad de casos de las series bajo análisis los patrones obtenidos a partir de este gráfico deben ser tomados con cautela.

	Período	% de la distribución probabilística de fechas	% de la distrib. probabil. cada 1000 años
Turbas por encima de los 4000 msnm (N=69)	Holoceno Medio	69.28	10.2
	Holoceno Temprano	30.72	5.6
Turbas por debajo de los 4000 msnm (N=28)	Holoceno Medio	52.50	7.7
	Holoceno Temprano	47.50	8.6

FIGURA 7.4. Valores medios por período y cada mil años de la distribución probabilística de turbas por encima y debajo de la cota de 4000 msnm.

Antes de analizar los resultados derivados de la FIGURA 7.4, es menester aclarar que en este caso solo se han dividido los porcentajes entre Holoceno Temprano y Medio debido a que el algoritmo aplicado de suma de probabilidades ha incluido dentro de un rango continuo las escasas fechas correspondientes al Pleistoceno Final, por lo que dichos valores pueden estar levemente sobreestimados (consultar la tabla de la FIGURA 7.2 como parámetro de los valores de sobreestimación). La observación más importante que se desprende de estos valores, sin abandonar las consideraciones sobre la disparidad del N de casos ya mencionadas, es la inversión en las proporciones de desarrollo de humedales entre ambos períodos. Al respecto, mientras que por debajo de la cota de los 4000 msnm los humedales son más frecuentes en el Holoceno

Temprano, por encima de esta cota la situación se invierte notablemente, siendo más frecuentes durante el Holoceno Medio. Si sumamos esta observación al extenso hiato del Holoceno Temprano observado en la serie de cotas más altas y a las frecuentes compensaciones producidas por esta cota durante los lapsos de hiatos más marcados de la serie supra-regional de la FIGURA 7.1, es factible arriesgar una explicación vinculada a la relación entre la dinámica del desarrollo de estos humedales y la temperatura. Durante el Holoceno Temprano con temperaturas más bajas y mayor humedad relativa, según hemos visto en los registros paleoambientales del Capítulo 6, la descomposición de la materia orgánica debe haber sido menos eficiente en los humedales emplazados en las cotas más altas produciéndose, consecuentemente, menos turberas; mientras que en las cotas más bajas con temperaturas más moderadas pueden haberla favorecido promoviendo la proliferación de humedales. Por el contrario con el aumento de las temperaturas y la reducción de la humedad ocurrida durante el Holoceno Medio, los humedales de las cotas más altas, cuyo régimen de carga depende frecuentemente de la licuación de permafrost y por el aporte de cuencas glaciarias (ver Capítulo 4), pudieron verse favorecidos tanto por un balance hídrico más positivo como por el aumento en la eficiencia de la descomposición de la materia orgánica; mientras que en cotas bajas estas condiciones pudieron haber causado el efecto inverso por el aumento de la evaporación y empobrecimiento de las precipitaciones.

Otra variable que fue abordada en este análisis ha sido la latitud. La FIGURA 7.5 muestra, al igual que en los casos anteriores, las distribuciones de frecuencia de las 97 fechas incluidas en la base de datos segregando dos grupos de datos representados en sendas curvas. La superior corresponde a las fechas procedentes de localidades ubicadas al norte del paralelo 20°S y la inferior de las ubicadas al sur del mismo. Se han obtenido, también, los valores medios por período y cada 1000 años de los porcentajes de distribución probabilística y graficado como en los casos anteriores en una tabla aparte (FIGURA 7.6).

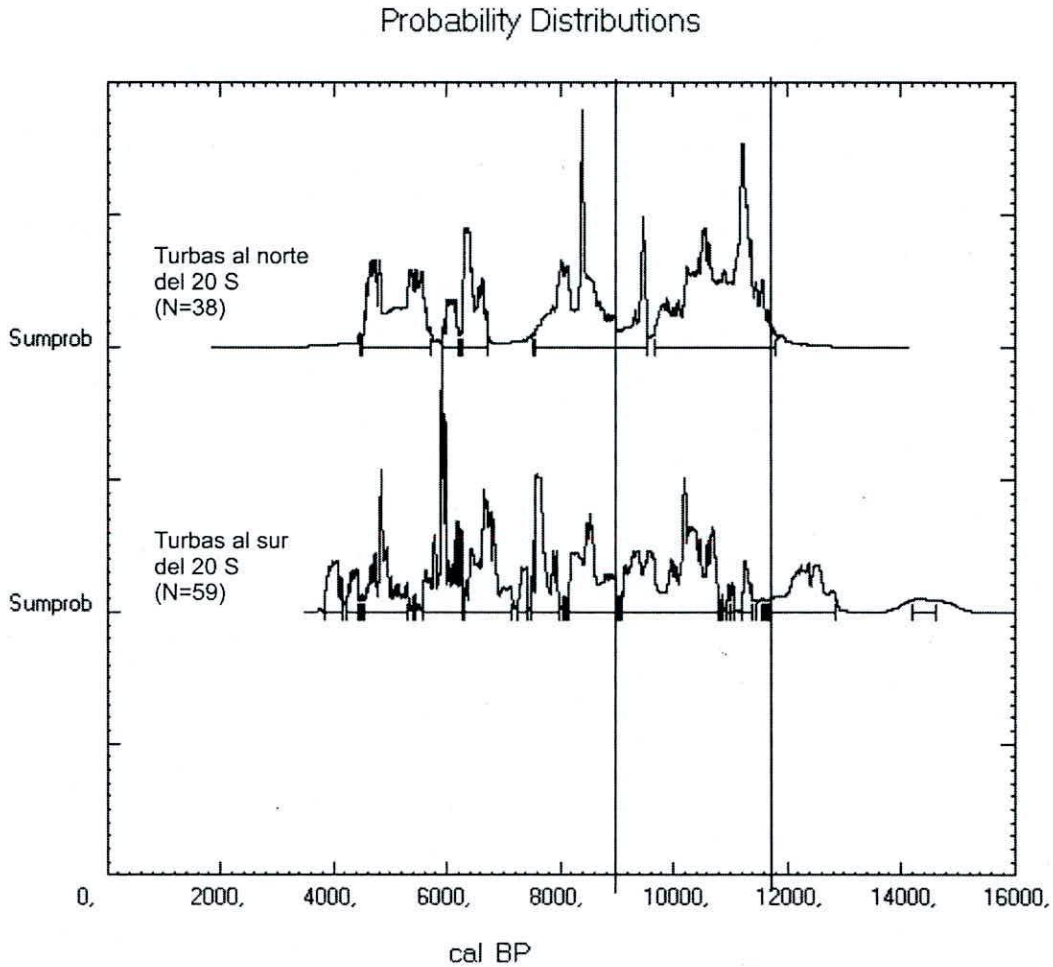


FIGURA 7.5. Suma de probabilidades de las fechas de turba de los dos estratos, al norte del paralelo 20°S (arriba) y al sur del mismo (abajo). Las líneas negras marcan los límites de los períodos analizados.

Dos observaciones principales se desprenden del gráfico de la FIGURA 7.5. La primera es la mayor estabilidad de la serie procedente del norte del paralelo 20°S en virtud de la extensión de los intervalos probabilísticos de las fechas y de sus hiatos. La segunda es la mayor abundancia de hiatos breves en la serie del sur junto a la falta de sincronía de los mismos entre ambas series. Cabe mencionar en particular el extenso hiato de dataciones de humedales, de casi mil años, presente en la serie norte durante el Holoceno Medio, que se extiende entre los 6800 y 7700 años cal. AP (*i.e.* entre ~5900 y 6600 AP), usualmente mencionado en la bibliografía sobre paleoambiente de los Andes Centrales como un lapso particularmente árido y próximo al momento de máximo descenso en los niveles del Lago Titicaca (ej. Tapia *et al.* 2004). Se considera que la regularidad observada en la zona ubicada al norte del paralelo 20°S puede deberse a que esta zona refleja de manera más directa la actividad del sistema tipo-monsónico sudamericano debido a su proximidad al Amazonas (se debe tener en cuenta que el 95% de las fechas incluidas en esta serie se encuentran ubicadas en la vertiente oriental de la cordillera), mientras que diversas

variables climáticas (ej. la influencia de los *westerlies* al oeste de la cordillera y de frentes atlánticos al este) y geográficas (ej. las fechas proceden de ambas vertientes de los Andes) generan una señal más compleja en la serie del sur.

	Período	% de la distribución probabilística de fechas	% de la distrib. probabil. cada 1000 años
Turbas al norte (N=38)	Holoceno Medio	57.76	8.5
	Holoceno Temprano	42.24	15.6
	Pleistoceno Final	0.00	0.0
Turbas al sur (N=59)	Holoceno Medio	60.80	8.9
	Holoceno Temprano	28.18	10.4
	Pleistoceno Final	11.02	3.9

FIGURA 7.6. Valores medios por período y cada mil años de la distribución probabilística de turbas al norte y sur del paralelo 20°S.

Como se observa a partir de los valores medios de los períodos y cada 1000 años de los porcentajes de la distribución probabilística de las fechas analizadas, a pesar de las evidencias antecedentes no se observan diferencias notables en las proporciones de las series al norte y sur del paralelo 20°S, mostrándose en ambos casos un mayor desarrollo de humedales durante el Holoceno Temprano. Las únicas observaciones a realizarse se refieren a la aparente mayor frecuencia de humedales durante el mencionado período y la ausencia de dataciones para el Pleistoceno Final en los Andes Centrales.

Finalmente, se analizó una última variable que puede haber influido en el desarrollo de los humedales en el área estudiada, la vertiente de la cordillera. En este caso solo se trabajó con los casos procedentes de la Puna Argentina (N=42) y norte de Chile (N=17) (*i.e.* N total=59), ya que, como ha sido mencionado, la abundancia de dataciones en la vertiente occidental al norte del 20°S es muy escasa, pudiéndose incurrir en una sobrerrepresentación de la estabilidad de la vertiente oriental. Como en los casos anteriores, ambas series han sido representadas en la FIGURA 7.7 y los valores medios en una tabla a continuación (*i.e.* FIGURA 7.8).

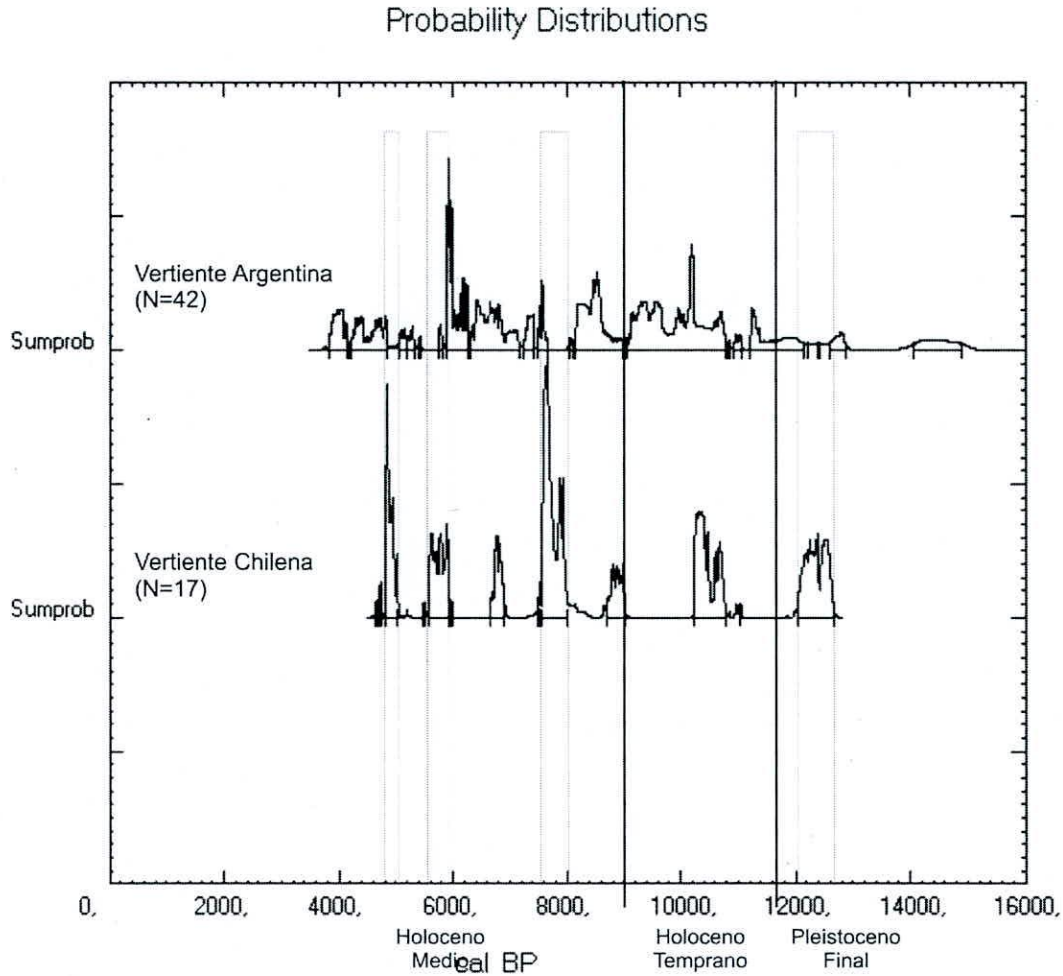


FIGURA 7.7. Suma de probabilidades de las fechas de turba de las dos vertientes, la oriental (arriba) y la occidental (abajo). Las líneas negras marcan los límites de los períodos analizados. Los rectángulos grises marcan los lapsos más importantes durante los cuales las fechas procedentes de la vertiente chilena compensan extensos hiatos presentes en la serie de la vertiente argentina.

La observación más clara que se desprende de la FIGURA 7.7 es algo similar a lo observado en el análisis de las fechas turbas segregadas por su altitud, aunque en este caso de manera mucho más evidente. Si bien no es posible afirmar que estos resultados no son un artificio del escaso N de la vertiente occidental, es remarcable el hecho de que 4 de los 7 picos de esta serie se vinculen a los hiatos más importantes de la serie opuesta y que, a su vez, la serie oriental muestra los segmentos más continuos e importantes de dataciones durante lapsos que se presentan como hiatos en la serie opuesta. Esta complementariedad puede estar reflejando el balance de fuerzas de los vientos del este y oeste (y consecuentemente de las precipitaciones) con la cordillera de por medio que se ha explicado *in extenso* en el Capítulo 4 de esta tesis. Si esta tendencia hacia una reacción especular entre ambas cuencas (*i.e.* ante una situación en una vertiente se espera la opuesta en la otra vertiente) se confirmara con la incorporación de nuevas dataciones, las

implicancias para la generación de expectativas sobre los patrones organizativos y la dinámica de las poblaciones de los grupos humanos serían profundas.

	Período	% de la distribución probabilística de fechas	% de la distrib. probabil. cada 1000 años
Vertiente Argentina (N=42)	Holoceno Medio	58.23	8.6
	Holoceno Temprano	36.01	13.3
	Pleistoceno Final	5.76	2.1
Vertiente Chilena (N=17)	Holoceno Medio	64.18	9.4
	Holoceno Temprano	17.77	6.6
	Pleistoceno Final	18.05	6.4

FIGURA 7.8. Valores medios por período y cada mil años de la distribución probabilística de turbas procedentes de la vertiente argentina y chilena.

Como se observa en la FIGURA 7.8 los valores de la distribución probabilística para la vertiente Argentina comparte los valores regionales mostrados en la tabla de la serie supraregional (FIGURA 7.2), coincidiendo en una superioridad en más de un 30% de humedales del Holoceno Temprano sobre el Medio. Los valores opuestos registrados en la vertiente chilena, con una importancia también notable de fechas del Pleistoceno Final es muy probable que estén influidas por el N reducido de la muestra y por el elevado número de dataciones procedentes solo de dos localidades (quebrada de Puripica y Salar de Punta Negra). Por lo tanto, realizar inferencias sobre las proporciones de esta serie resulta demasiado arriesgado por el momento.

DATAACIONES DE TURBA VS. NÚCLEOS DE HIELO: INFERENCIAS PALEOCLIMÁTICAS SUPRA-REGIONALES Y REGIONALES

Esta sección se dedica a comparar los resultados obtenidos a partir del análisis de la serie supra-regional de fechas de turbas antes analizada (*i.e.* N=97) con los datos de δO^{18} y partículas de polvo de dos registros paleoambientales de escala comparable (*sensu* Alley 2000), los núcleos de hielo de Huascarán (Thompson et al 1995, 2002) y Sajama (Thompson *et al.* 1998). Para que las curvas paleoambientales de los núcleos de hielo y las de la suma probabilística de las fechas de turba puedan ser cronológicamente comparables se mantuvo el criterio de expresar todas las fechas en años cal. AP, utilizando la curva IntCal.04, graficándolas con el ya mencionado paquete informático CalPal (versión marzo 2007). Como se puede observar en las FIGURAS 7.9 (Nevado de Huascarán, Perú) y 7.10 (Nevado de Sajama, Bolivia), mientras que en los ejes horizontales se expresan las fechas en años calibrados, se ha optado también por incluir la curva de la suma de

probabilidades de las fechas de turba en años AP (*i.e.* radiocarbónicos) sobre el eje vertical de la derecha. En las FIGURAS 7.9 y 7.10, además, se han indicado con rectángulos punteados, en ambas curvas, los períodos correspondientes al Holoceno Temprano y Medio para facilitar el análisis. La FIGURA 7.11, por su parte, resume en una tabla los valores medios y desvíos estándar (indicados como SD) de los valores de δO^{18} y partículas de polvo (*i.e.* $>0.63 \mu m$) obtenidos de la página del *National Climate Data Center* (NCDC) de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA)¹. Las medias se obtuvieron tomando los mismos límites definidos con anterioridad para el Holoceno Temprano, 11.700-9000 años cal. AP (*i.e.* 10.000-8000 AP) y el Holoceno Medio 9000-3700 años cal. AP (*i.e.* 8000-3500 AP).

Si comparamos las curvas de partículas de polvo de ambos núcleos de hielo con la curva generada por la suma de probabilidades de las fechas sobre turba, pareciera advertirse un alto grado de coincidencia entre los picos de mayores valores de partículas (*i.e.* momentos más secos) con los hiatos y puntos más deprimidos de la serie de turberas. Si bien esto es observable con los datos de ambos núcleos de hielo, resulta particularmente notable si observamos los de Sajama, el registro ubicado más al sur y hacia el centro del área relevada para las turberas, donde las variaciones en este parámetro son intensas, particularmente durante el Holoceno Medio. Así, es coherente que ambos registros, y particularmente el más representativo para el área (*i.e.* Sajama), presente un aumento en la frecuencia e intensidad de los pulsos áridos durante el Holoceno Medio, cuando en la serie de turbas se registra un descenso del 30% en la abundancia regional de dataciones de suelos. Refuerza esta idea los picos de partículas de polvo registrados durante los lapsos ya mencionados del Holoceno Medio en que las turberas fueron menos frecuentes (*i.e.* 6800 y 7500 años cal. AP [~ 6000 y 6600 AP] y entre 4200 y 4600 años cal. AP [~ 3800 y 4100 AP]).

En cuanto a las tendencias de los valores de δO^{18} es necesario realizar algunas aclaraciones en cuanto al significado de su señal en los trópicos, tema actualmente sujeto a controversias (Bradley *et al.* 2003). En general, las tendencias en los valores isotópicos del oxígeno fueron asociados a las de los valores de temperatura atmosférica, hecho que ha sido contrastado satisfactoriamente en latitudes medias y altas (Bradley *et al.* 2003). Recientemente se ha señalado que dichos valores en los Andes y en las zonas ecuatoriales y tropicales, en general, suelen correlacionar mejor con la temperatura de la superficie de los océanos o SST (*i.e.* *Sea Surface Temperature*) (Bradley *et al.* 2003) y con las precipitaciones (Grootes *et al.* 1989), reflejando claramente las características de la circulación atmosférica del área (recordar Capítulo 4). Al

¹ <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/paleo.html>. Los datos del Nevado de Sajama se pueden consultar en: <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/metadata/noaa-icecore-2452.html>; los del Nevado de Huascarán en: <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/metadata/noaa-icecore-2447.html>.

respecto, un estudio realizado por Hardy y colaboradores (2003) en el Nevado de Sajama ha demostrado que existe una correlación negativa significativa entre los valores de δO^{18} y las precipitaciones, y una débil (*i.e.* no significativa) correlación positiva de este parámetro con la temperatura. Por su parte, estudios similares realizados en el nevado Huascarán muestran las mismas tendencias observadas en Sajama (Vuille *et al.* 2003).

Al respecto, el estudio de Bradley y colaboradores (2003) modela las relaciones observadas en Sajama estableciendo que cada $1^{\circ}C$ de aumento en la SST, se registra $+1,58\%$ en los valores de δO^{18} y un ascenso en 76 m de la línea de nieve en los Andes Intertropicales. Así, las tendencias de largo plazo observadas en este registro indicarían un descenso de $\sim 3,5^{\circ}C$ en las SSTs durante el Último Máximo Glacial (LGM, Late Glacial Maximum) en relación a la temperatura actual de la SST, implicando altos valores de precipitaciones en forma de nieve y un fuerte balance positivo en la masa de los glaciares de los Andes (Bradley *et al.* 2003). Durante el Holoceno, el período relevante para este análisis, los mismos autores (*i.e.* Bradley *et al.* 2003) sugieren variaciones de $\pm 1^{\circ}C$ en las SSTs en general y que hacia el final del Holoceno Medio se registra una variabilidad más marcada y una SST media mayor (*i.e.* $\sim 0,8^{\circ}C$) a la del Holoceno Temprano (ver FIGURA 7.10).

En este sentido, si tomamos los valores medios de δO^{18} de los datos de las series de ambos núcleos de hielo para los lapsos definidos en esta tesis para el Holoceno Temprano (*i.e.* 11.700-9000 años cal. AP) y Holoceno Medio (*i.e.* 9000-3700 años cal. AP) se observa que la media del Holoceno Temprano en Sajama es $\sim 1\%$ más negativa que durante el Holoceno Medio (*i.e.* una SST $\sim 0,6^{\circ}C$ menor, en términos de Bradley *et al.* 2003) que implica mayores precipitaciones sobre el área en términos de Hardy *et al.* (2003) y Vuille *et al.* (2003), mientras que en la de Huascarán es $\sim 0,25\%$ más positiva (*i.e.* SST de $0,2^{\circ}C$ mayor) implicando precipitaciones levemente menos abundantes (comparar FIGURAS 7.9 y 7.10). Esta leve discrepancia entre ambas medias parece deberse al primer segmento del Holoceno Temprano (*i.e.* 11.700-10.500 años cal. AP) que registra los valores isotópicos más empobrecidos, mientras que entre el 10.500 y 9000 años cal. AP (*i.e.* $\sim 9500-8000$ AP) se vuelven notablemente más elevados y regulares en ambas series. Si observamos el segmento de las curvas correspondientes al Holoceno Medio, si bien el desvío estándar para todo el período es menor que el del Holoceno Temprano (ver FIGURA 7.11), es notable que en ambos casos a partir de los 7500 años cal. AP (*i.e.* ~ 6800 AP) el registro isotópico se vuelve más variables (ver particularmente Sajama) y con valores empobrecidos en Huascarán.

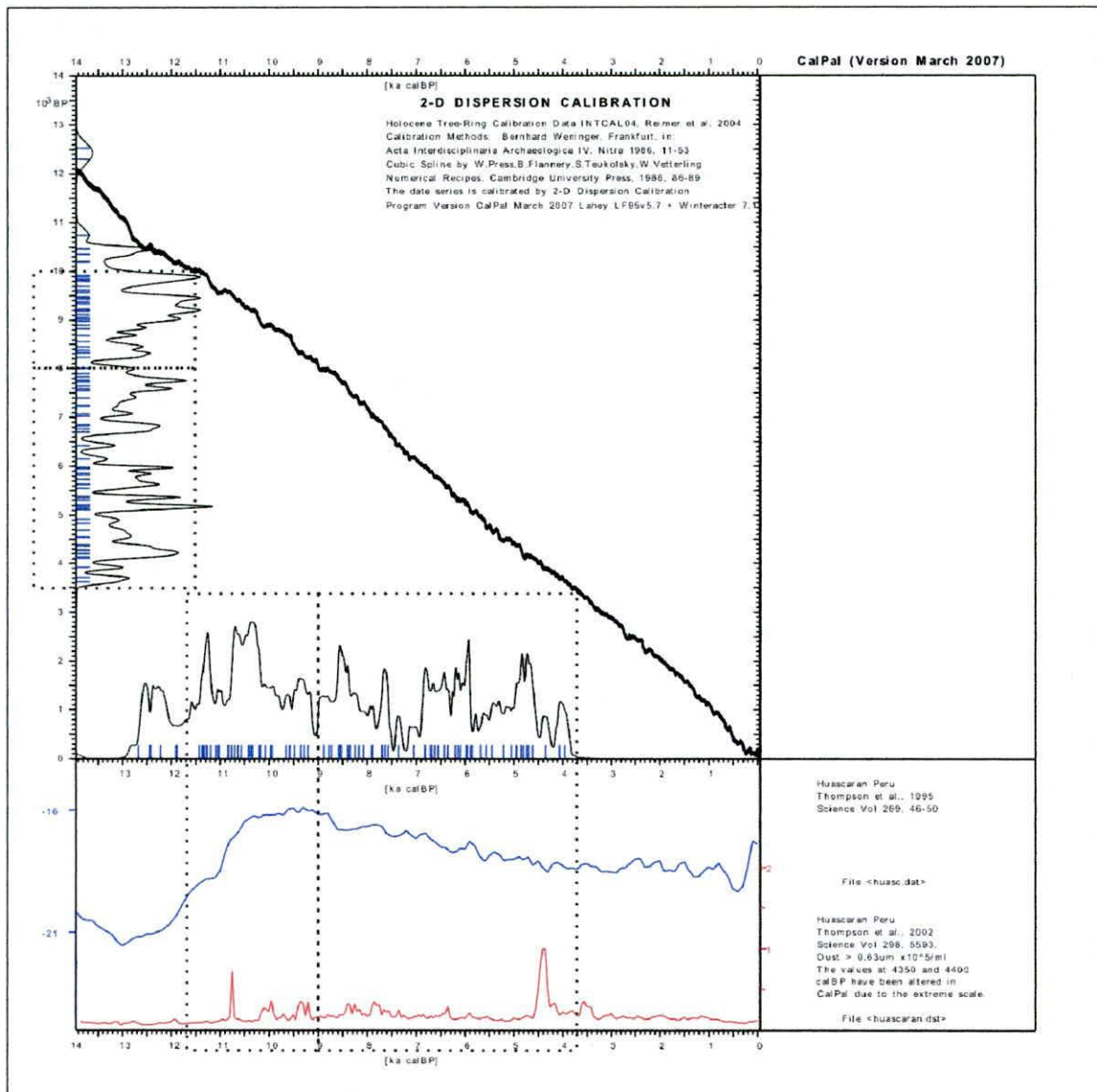


FIGURA 7.9. Suma de probabilidades de las fechas calibradas de turba de todas las localidades (i.e. supra-regional) (eje horizontal superior en negro), suma de probabilidades de las fechas radiocarbónicas de turba (eje vertical en negro), curva de valores centenarios de δO^{18} (línea azul y eje vertical derecho inferior) y de partículas de polvo (línea roja y eje vertical izquierdo inferior) de los estudios de núcleos de hielo del Nevado Huascarán, Perú. Los rectángulos de líneas negras punteadas marcan los límites de los períodos analizados (Holoceno Temprano hacia la izquierda y Holoceno Medio hacia derecha). Los datos graficados de los núcleos de hielo corresponden a los datos incluidos en el paquete Calpal (2007), tomados de Thompson *et al.* (1995, 2002).

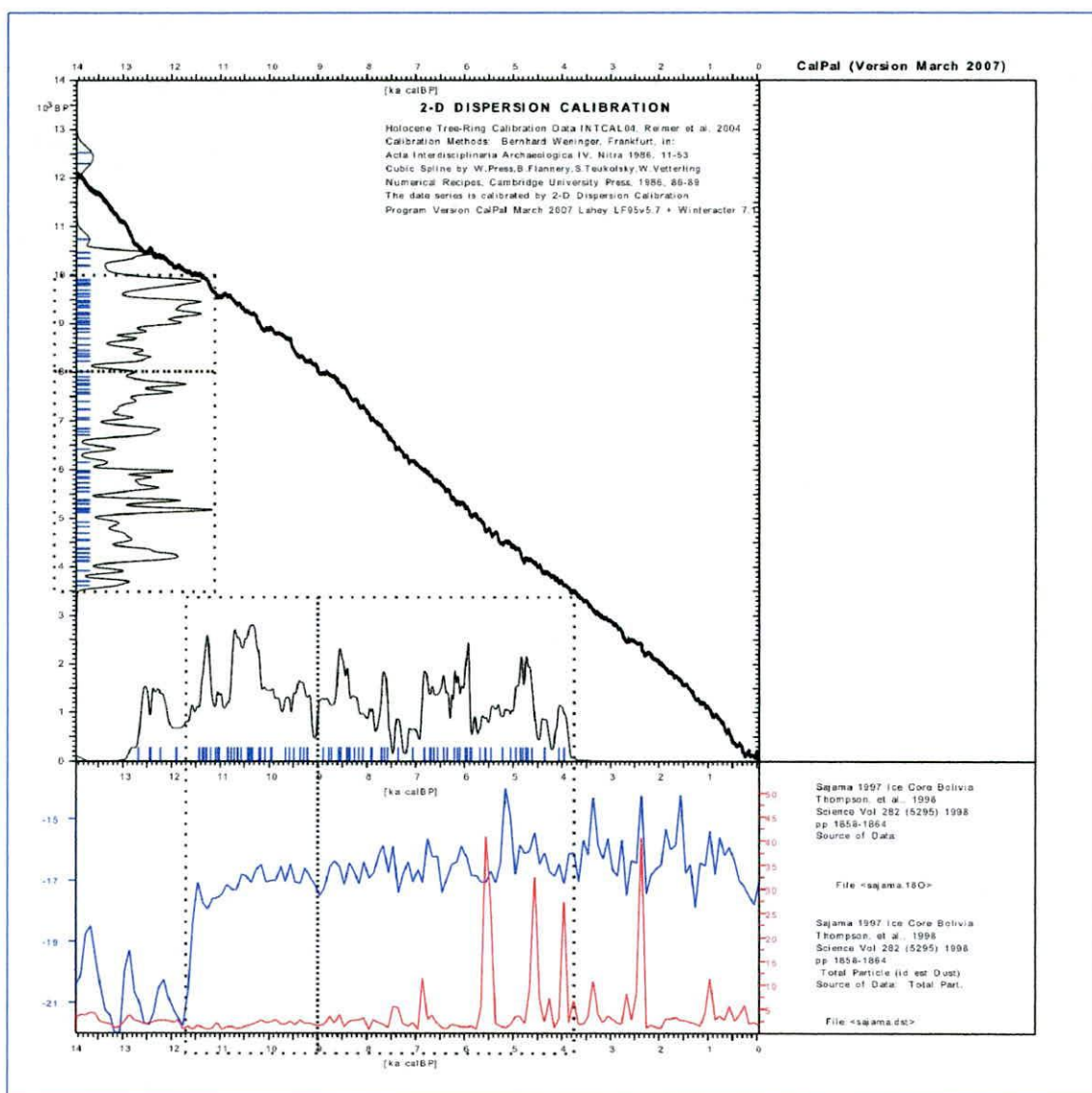


FIGURA 7.10. Suma de probabilidades de las fechas calibradas de turba de todas las localidades (i.e. supra-regional) (eje horizontal superior en negro), suma de probabilidades de las fechas radiocarbónicas de turba (eje vertical en negro), curva de valores centenarios de δO^{18} (línea azul y eje vertical derecho inferior) y de partículas de polvo (línea roja y eje vertical izquierdo inferior) de los estudios de núcleos de hielo del Nevado Sajama, Bolivia. Los rectángulos de líneas negras punteadas marcan los límites de los períodos analizados (Holoceno Temprano hacia la izquierda y Holoceno Medio hacia derecha). Los datos graficados de los núcleos de hielo corresponden a los datos incluidos en el paquete Calpal (2007), tomados de Thompson *et al.* (1998).

Huascarán	N de datos	Media $\delta O18$	SD $\delta O18$	Media Partículas de Polvo	SD Part. Polvo
Holoceno Medio	54	-17.42	0.66	25550.11	42420.67
Holoceno Temprano	27	-17.16	1.30	16570.70	7776.61
Sajama	N de datos	Media $\delta O18$	SD $\delta O18$	Media Partículas de Polvo	SD Part. Polvo
Holoceno Medio	54	-16.54	0.62	4.47	7.54
Holoceno Temprano	27	-17.50	1.25	1.62	0.63

FIGURA 7.11. Valores medios y desvíos estándar de los valores centenarios de $\delta O18$ y de partículas de polvo obtenidos de los estudios de núcleos de hielo del Nevado Huascarán, Perú (arriba) y Nevado de Sajama, Bolivia (abajo). Los valores se calcularon sobre los datos publicados por Thompson *et al.* (1995, 1998, 2002).

Si comparamos las curvas supra-regionales de suma de probabilidades de las fechas de turberas conjuntamente con las tendencias observadas en los registros de núcleos de hielo discutidos anteriormente, se pueden realizar dos observaciones principales que demuestran su compatibilidad. En primer lugar, resulta coherente la coincidencia de valores isotópicos enriquecidos (*i.e.* mayores precipitaciones) con los momentos de mayor estabilidad y abundancia de turberas (*i.e.* período ~10.500 -7500 y alrededor de los 7000 y de los 6000 años cal. AP [período 9.500-6500 AP, ~6000 y ~5200 AP]). En segundo lugar, es notable que los picos en los valores de partículas de polvo se vean acompañados por valores isotópicos empobrecidos que reflejan una reducción en las precipitaciones y aumentos de la SST, reflejando el déficit hídrico y las posibles fases erosivas responsables de la pobre proliferación de suelos en una escala regional y los hiatos ya mencionados.

SÍNTESIS

Partiendo de los resultados obtenidos es posible sintetizar las principales observaciones y tendencias sobre las relaciones entre las variables analizadas en este capítulo. En términos de su escala espacial, dichos resultados pueden ser segregados entre los que competen a una escala supra-regional (que se presentan en primer lugar) y los que lo hacen a una regional (presentados en segunda instancia). En conjunto serán de vital importancia a la hora de cubrir las tendencias ambientales en escalas espaciales amplias durante la construcción del modelo paleoambiental multiescalas que es uno de los objetos centrales de esta tesis.

TENDENCIAS SUPRA-REGIONALES

Las condiciones climáticas inferidas a partir de la información de los núcleos de hielo en conjunción con la serie supra-regional de dataciones de turberas sugieren que el balance hídrico positivo generado por el aumento de precipitaciones y descenso de las SSTs durante el Holoceno Temprano, indicado tanto por los valores isotópicos como la escasez de pico en los valores de partículas de polvo, habría permitido el desarrollo de un 30% más de humedales que durante Holoceno Medio. Los momentos que pueden haber implicado las mejores condiciones para mayor desarrollo de humedales en el área relevada se ubican entre los 9400 y 9800 años cal AP [~8200 y 8600 AP] y entre 10.300 y 10.800 años cal. AP [~8900 y 9600 AP]). Asimismo, el único hiato en las dataciones del Holoceno Temprano se ubica entorno a los 9100 años cal. AP [~8100 AP], marcando una notable diferencia con los otros dos períodos (*i.e.* Holoceno Medio y Pleistoceno Final) donde los mismos son mucho más frecuentes y/o extensos.

En este sentido, durante el Holoceno Medio se observan más frecuentemente que durante el Holoceno Temprano, picos importantes en los valores de partículas de polvo acompañados por valores isotópicos empobrecidos, que indican una reducción en las precipitaciones y aumentos de la SST, reflejando momentos de déficit hídrico y fases erosivas. En general, todos los registros coinciden en el aumento de la variabilidad de las condiciones climáticas durante el Holoceno Medio, particularmente a partir de los 7500 años cal. AP (*i.e.* ~6600 AP). La contrapartida de esta variabilidad se observa en el aumento de hiatos en la serie de dataciones de turba, agrupados en dos lapsos particulares: entre 6800 y 7500 años cal. AP (*i.e.* ~6000 y 6600 AP) y entre 4200 y 4600 años cal. AP (~3800 y 4100 AP). Dicha variabilidad también se ve expresada por la presencia de lapsos en los que proliferan los humedales, como alrededor de los 8500, 7600, 6700, 6000 y 4900 años cal. AP (*i.e.* ~7100, 6800, 5800, 5200 y 4400 AP, respectivamente).

TENDENCIAS REGIONALES

Si bien las tendencias climáticas generales son compartidas por toda el área estudiada, la segregación de la muestra en función de algunas variables ambientales particulares ha permitido aislar algunos patrones y establecer tendencias de menor escala espacial que las precedentes. Al respecto, se ha observado un patrón diferencial en la proliferación de humedales en diferentes cotas altitudinales. Como ya se ha mencionado, el rol de las temperaturas es un elemento clave en la génesis y estabilidad de los humedales (ver *supra* y Capítulo 5), tanto en las cuencas altas (*i.e.* por encima de los 4000 msnm) como en las bajas (*i.e.* por debajo de los 4000 msnm), pero generando efectos diferentes en cada uno de ellos. Si bien los humedales por debajo de los 4000

msnm parecen haber sido más frecuentes y continuos temporalmente, los hiatos de cada serie se ven compensados por la otra. Asimismo, se ha observado que mientras los humedales en las cotas inferiores (*i.e.* <4000 msnm) son más abundantes en el Holoceno Temprano que en el Medio, en las cotas altas la situación resulta inversa.

En cuanto a la latitud, se ha observado una mayor estabilidad general en la serie de dataciones de humedales procedentes del norte del paralelo 20°S, aunque presentan un extenso hiato, de casi mil años, durante el Holoceno Medio que se extiende entre los 6800 y 7700 años cal. AP (*i.e.* entre ~5900 y 6600 AP). Al mismo tiempo, se ha distinguido en la serie de fechas obtenidas al sur de 20°S una mayor frecuencia de hiatos, aunque más breves, y una falta de sincronía de los mismos con la serie del norte. Como se ha considerado oportunamente, las diferencias en la serie del sur pueden deberse al aumento del efecto de otros elementos que componen el sistema de circulación atmosférica sudamericana en esta área (ej. influencias de cambios en la intensidad y posición de los *westerlies*, frentes atlánticos del sudeste, etc.) y su distancia al Amazonas, conformando así una señal más compleja.

Finalmente, a partir de la comparación entre las series procedentes de las vertientes Argentina y Chilena de los Andes se obtuvo una tendencia preliminar sobre un comportamiento complementario entre ambas vertientes. Si bien esta tendencia presenta ciertos sesgos, sobre todo en lo referente al bajo N de la serie chilena, pareciera sugerir una reacción “en espejo” entre ambas cuencas posiblemente vinculada a la acción orográfica de la cordillera en los vientos que transportan la humedad en la región.

Con estos patrones de escala especial amplia para los Andes en mente, en el próximo capítulo se abordan los análisis de paleoambientales de escala sub-regional y local de la Puna Seca Argentina.

ANÁLISIS PALEOAMBIENTALES EN ESCALAS SUB-REGIONAL Y LOCAL: DIATOMEAS Y PROXIES COMPLEMENTARIOS

CAPÍTULO

8

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los análisis de diatomeas realizados sobre 6 perfiles estratigráficos -Lapao 5 y 9, Pastos Chicos 1 y 2, Tocomar 1 y 2- y muestras aisladas de otros tres perfiles (Lapao 1, 6 y 7) ubicados en dos localidades del departamento de Susques, provincia de Jujuy y en una del noroeste de la provincia de Salta – Alto Tocomar 1 y 2- que constituyen la principal línea de investigación de esta tesis. Asimismo, se presenta y discute la interpretación paleoambiental derivada de estos estudios.

Se describen, también, los resultados del análisis de otros *proxies* complementarios en las mismas secuencias, como el polen analizado en Pastos Chicos 1 y 2 y Lapao 5 (Morales *et al.* 2008), la relación carbón/nitrógeno estudiada en los sedimentos de Tocomar 2 (Morales y Schitteck 2008) y la descripción de los gasterópodos presentes en Lapao 5, 6 y 9 (Morales 2004, Yacobaccio y Morales 2005). Estos análisis se integran a los estudios de diatomeas en una interpretación paleoambiental general que permitirá aproximarnos a un conocimiento más detallado, tanto de las características ambientales de la Puna de Jujuy durante el lapso ~9300-4300 AP, como del impacto en cada localidad en particular de los distintos cambios climáticos ocurridos durante este período.

A los registros paleoambientales mencionados se le suma, además, la presentación de los resultados obtenidos del análisis realizado -junto con las Dras. Claudia Seeligmann y Nora Maidana- de la composición de la flora diatómica actual de 25 muestras de 22 humedales de la Provincia de Jujuy, con características fisicoquímicas diferentes, ubicados a lo largo de un gradiente altitudinal que va desde los ~3500 a los ~4500 msnm, muestreados con el fin de contar con material comparativo.

Debido a la multiplicidad de análisis presentados, este extenso capítulo ha sido organizado en seis apartados generales. El primero, se orienta describir las características biológicas de las diatomeas, los fundamentos metodológicos involucrados en su análisis y las técnicas de laboratorio empleadas. En el segundo, se presenta una síntesis de los resultados de los estudios actualísticos de diatomeas en humedales de altura que ya han sido parcialmente publicados (Seeligmann *et al.* 2008, Maidana *et al.* 2009). El tercer apartado, resume las características geológicas de las secuencias sedimentarias analizadas y de los muestreos llevados a cabo en ellas. En el cuarto apartado se presentan los resultados de los análisis diatomeas y las consecuentes inferencias paleoambientales y se realiza una interpretación preliminar de los cambios paleoambientales observados en cada localidad. Por su parte, el quinto apartado se dedica a describir los resultados procedentes de los *proxies* complementarios analizados en los diferentes perfiles, mencionando ciertas consideraciones metodológicas para su interpretación. Finalmente, el sexto apartado sintetiza los resultados generales obtenidos y se discuten las implicancias derivadas de estos estudios.

LAS DIATOMEAS: ASPECTOS BIOLÓGICOS, METODOLÓGICOS Y TÉCNICOS

Las diatomeas (*Bacillariophyceae*) son algas eucariotas unicelulares, pigmentadas y fotosintéticas, cuyo rasgo diferencial es la pared celular, altamente especializada y compuesta en su mayoría por sílice amorfa hidratada ($\text{SiO}_2\text{H}_2\text{O}$) (Round *et al.*, 1990). La coloración de las células, generalmente marrón, se debe a los pigmentos carotenoides de sus plastos que enmascaran el color de las clorofilas *a* y *c*. La pared celular es multipartita y consiste en dos grandes unidades, intrincadamente esculpidas y ubicadas en oposición -denominadas valvas- unidas por una o más estructuras llamadas elementos cingulares, cinturas o cópulas (Round *et al.*, 1990). Este conjunto de elementos (a veces de hasta 50 unidades) recibe el nombre de frústulo, y está tan densamente unido que el pasaje de sustancias a través de la pared debe ocurrir vía poros o ranuras en los citados componentes. Como veremos más adelante, las características de este frústulo son el elemento principal para asignar taxonómicamente las diatomeas al nivel de especie.

Si bien estos microorganismos han sido empleados como bioindicadores en diferentes problemáticas arqueológicas y ambientales (ej. Straub 1990, Stoermer y Smol 1999, entre muchos otros), solo han comenzado a tener un uso extendido en nuestro país en años recientes (De la Fuente 2003, Grana y Morales 2006, Kligmann 2009, Maidana 1996, Maidana y Kligmann 1996, Martínez Machiavello y Díaz 1997, Martínez Macchiavello *et al.* 1999, Morales 2004, Yacobaccio y

Morales 2005, Zárate *et al.* 1999). Al respecto, Martínez Macchiavello y colaboradores (1999) han resaltado la potencialidad de estos organismos para brindar información vinculada a cuestiones tan diversas como la reconstrucción de líneas de costa, evolución de ríos y lagos, patologías en poblaciones humanas pasadas, así como sobre contaminantes en las aguas que pudieron incidir en la conducta de las poblaciones y permitimos inferir los resultados arqueológicos que atañen a este espectro de problemáticas. No obstante, al encarar una investigación paleoambiental basada en análisis de diatomeas en ambientes áridos y fuertemente heterogéneos como la Puna Seca, es necesario realizar una serie de consideraciones metodológicas relacionadas a la forma en que los conjuntos diatomíticos serán interpretados y sobre las características y escalas de la información paleoambiental resultante de dichas interpretación (recordar Capítulo 3).

ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INTERPRETACIÓN ECOLÓGICA

La interpretación ecológica de los datos generados por los estudios del contenido de diatomeas de las muestras analizadas en esta tesis se apoyará sobre el estudio de la proporción existente entre especies con diferentes requerimientos ecológicos para su desarrollo. Este análisis se complementará en ciertos casos con otras dos herramientas analíticas útiles para el análisis ecológico: a) la comparación de los taxones dominantes en las muestras fósiles con las de humedales actuales en los que se han medido diversos parámetros físico-químicos y b) análisis estadísticos y la confección de dendrogramas, con base en la composición de los ensambles de diatomeas en las diferentes muestras analizadas en cada secuencia sedimentaria, que permite discernir zonas asociadas a posibles cambios en el medio en que se desarrollaron las diatomeas.

Con respecto a la línea de análisis principal –la de los requerimientos ecológicos– se encuentran disponibles varias bases de datos sobre las afinidades ecológicas de un número considerable de especies de diatomeas, elaboradas en el Hemisferio Norte, que incluyen parámetros como la forma de vida, tolerancia a la salinidad, pH y trofismo, entre otras (ej. De Wolf 1982, Lowe 1974, Van Dam *et al.* 1994, Vos y De Wolf 1993). Al respecto, sabemos que la composición de la flora diatomítica funciona como un indicador directo de la productividad de las aguas, e indirecto de su salinidad, alcalinidad y estatus trófico (Renfrew y Bahn 1991). Asimismo, coincidimos con Renfrew y Bahn (1991) en que a través de los requerimientos de diferentes especies en términos ecológicos, uno podría inferir su ambiente inmediato en diferentes períodos. Consecuentemente, una de las herramientas centrales seleccionadas para interpretar los conjuntos de diatomeas será el análisis de las proporciones relativas de las especies

de forma de vida litoral (L)¹, respecto de las bentónica (B)², euterrestre (ET)³ y aerófila(A)⁴ según la fórmula:

$$IH = (L/[B+ET+A]).$$

Esta relación funciona como un índice de humedad (IH) del ambiente estudiado, ya que valores elevados en dicha relación indican un aumento de la superficie y profundidad de un cuerpo de agua, que permite la proliferación de especies de vida litoral, mientras que valores más bajos indican una reducción de su profundidad y/o superficie, lo que indica un aumento de la superficie colonizable de bentos y una reducción relativa del área litoral.

Además de esta proporción, también se tomará en cuenta la tolerancia a la salinidad del medio de las distintas especies que componen los ensambles de diatomeas en cada muestra. Este parámetro resulta útil para la estimación del grado de estabilidad de los cuerpos de agua, ya que las fluctuaciones en el nivel de agua generan fuertes variaciones en la concentración de sales en el medio, particularmente en cuerpos de agua someros. Por esta razón, se estimará la proporción relativa de especies que toleran concentraciones mayores a 3g/l, límite sugerido para dividir los ambientes salobres de los dulces (Hammer 1986) (especies con tolerancia mayor a 3g/l: [polihalobias (P)⁵, mesohalobias (M)⁶ y oligohalófila (OF)⁷]; sobre las de tolerancia menor [oligoindiferente (OI)⁸, halófbas (OB)⁹]). Asimismo, se recurrirá a las afinidades tróficas¹⁰ de las especies, si bien esto se realizará de manera complementaria debido a que se dispone escasa información al respecto para las especies características de la Puna. La relevancia de la información que, eventualmente, pueda brindar este parámetro ecológico radica en que se vincula a la disponibilidad de nutrientes inorgánicos, como Fósforo (P) y Nitrógeno (N) en los ecosistemas acuáticos y terrestres. En este sentido, Hall y Smol (1999) plantean que la eutrofización de un cuerpo de agua (aumento de su tenor trófico) puede ocurrir tanto por

¹ Incluye a las especies que implican la presencia efectiva de agua, aunque sea de manera periódica.

² Especies libres o adheridas al fondo de un cuerpo de agua, hasta el límite de penetración de la luz solar. Necesitan de humedad o presencia de agua periódica.

³ Especies usualmente independiente la presencia efectiva de agua, toleran ausencias prolongada de humedad en ambientes no sumergidos.

⁴ Especies típicas de ambientes no sumergidos

⁵ Toleran salinidades mayores a los 30 g/l (ej. agua marina 30g/l aprox.)

⁶ Desarrollo óptimo en concentraciones de sales entre los 5 y 20 g/l aprox.

⁷ Estimuladas por pequeñas concentraciones de sales.

⁸ Toleran una concentración de sales < 3g/l (lo que se considera agua dulce).

⁹ Toleran solo muy bajas concentraciones de sales.

¹⁰ En relación a esta afinidad, las especies se clasifican en eutróficas (características de ambientes con alta concentración de nutrientes), mesoeutróficas (características de ambientes con una concentración de nutrientes de moderada a alta), mesotróficas (características de ambientes con moderada concentración de nutrientes) meso-oligotróficas (características de ambientes con una concentración de nutrientes de baja a moderada) y oligotróficas (características de ambientes con bajo contenido de nutrientes).

perturbación humana como por alteraciones naturales como los cambios climáticos. Estos autores han planteado que algunos de los agentes responsables de la eutrofización de un cuerpo de agua pueden ser los períodos de sequías – que tienden a concentrar los nutrientes- y la erosión de suelos que se depositan en los cuerpos de agua próximos.

El primero de los análisis complementarios que se ha aplicado –la comparación de los taxones dominantes entre las muestras de sedimento y los humedales actuales- deriva de la escasez de conocimiento sobre las afinidades ecológicas de especies frecuentes en el área Andina. En el trabajo de relevamiento más extenso y sistemático de diatomeas actuales realizado en esta área por Rumrich *et al.* (2000), de las *ca.* 800 especies halladas, alrededor de 300 fueron nuevas para la ciencia y se desconoce su autoecología, así como la de algunas otras especies descritas en otros trabajos realizados en el Noroeste Argentino (ej. *Amphora tucumana*, Maidana y Herbst 1998). Una parte importante de las especies identificadas en esta tesis son esos nuevos taxones descritos por Rumrich *et al.* (2000) y otros autores, lo que produce un impacto considerable en la base porcentual sobre la que se han calculado las proporciones de las afinidades ecológicas de las muestras (en promedio, se dispone de información ecológica para no más del 80% de las especies presentes en las muestras). Por esta razón es que se ha buscado complementar y controlar la información producida por la metodología ya descrita, con la información proporcionada por los estudios actualísticos realizados en humedales Altoandinos de la Provincia de Jujuy, que son objeto del segundo apartado de este capítulo. En líneas generales, la información provista por estos estudios permite comparar la composición de la flora dominante en las muestras de sedimento analizadas con la de análogos modernos de los cuales se han obtenido parámetros físico-químicos como la salinidad, pH, conductividad e información general complementaria como el tipo de humedal del que se trata (vegas, lagunas someras o profundas) y la altitud en la que se encuentra.

Finalmente, el segundo de los análisis complementarios que se emplea en la interpretación del registro de diatomeas en las secuencias sedimentarias seleccionadas es el de las correlaciones estadísticas entre los taxones que componen los ensambles obtenidos del análisis. Con los valores del índice de correlación calculado, se producen dendrogramas respetando las relaciones estratigráficas, que permiten reconocer zonaciones de flora con composición similar. Estas zonaciones permiten, a su vez, visualizar modificaciones sustanciales en las características del medio inmediato en que estos organismos se desarrollaron y, consecuentemente, estimar las posibles variaciones ambientales responsables de dichos cambios.

ESCALAS EN LAS INTERPRETACIONES PALEOAMBIENTALES REALIZADAS A PARTIR DEL ANÁLISIS DE DIATOMEAS

Uno de los factores claves por los que se decidió realizar análisis de diatomeas en esta tesis, es la posibilidad que esta línea de evidencia brinda para obtener información paleoambiental de alta resolución cronológica y espacial (Capítulo 3). Obviamente, la resolución cronológica de la información provista por cualquier línea de evidencia paleoambiental no depende solo de la resolución del *proxy* (*sensu* Dincauze 1987) en si mismo, sino de los intervalos tomados en el muestreo de la secuencia sedimentaria. Dada la naturaleza de los muestreos realizados en las localidades estudiadas, la información paleoambiental obtenida en esta tesis puede ser definida como de escala centenaria (meso-escala temporal *sensu* Dincauze 2000).

En cuanto a su resolución espacial, diversos autores (Lotter et. al. 1999, Servant-Vildary y Roux 1990, entre otros) han indicado que los conjuntos diatomíticos en ambientes acuáticos de montaña muestran una distribución zonal (meso a micro-escala espacial *sensu* Dincauze 2000). No obstante, es necesario discriminar entre la escala espacial propia del *proxy* y las escalas de las señales paleoambientales obtenidas a partir de su estudio. En este sentido, como ya se ha mencionado, las señales paleoambientales son el resultado de la superposición de la escala del *proxy* (o los *proxies*) analizado con las propias del ambiente muestreado. Varios autores (Grosjean et al. 2003, Olivera et al. 2004) han analizado las escalas de las señales paleoambientales resultantes de la aplicación de diversos *proxies* en ambientes particulares (ver Capítulo 3). Sus observaciones y la discusión sobre ellas del Capítulo 3 de este volumen se tomarán como referencia para establecer las escalas de las señales obtenidas.

Teniendo en cuenta lo dicho hasta aquí, un elemento clave a la hora de interpretar la señal ambiental obtenida a partir de los estudios de diatomeas, es el área de captación hídrica del humedal bajo análisis ya que una cuenca genera una señal que incluye el promedio de sus condiciones ambientales y las de todos sus tributarios. Asimismo, deben contemplarse otros factores vinculados al tipo de sistema analizado, como lo sugerido por Wolin y Duthie (1999) sobre la particular sensibilidad que presentan los ambientes endorreicos a los cambios ambientales. Esta sensibilidad genera ventajas y desventajas en cuanto a la información obtenida a partir de estos ambientes. La ventaja consiste en que los registros de diatomeas permiten apreciar señales sutiles que se encuentran promediadas en los registros de escala regional o supra-regional. La desventaja radica en las posibles sobrestimaciones en que se puede incurrir al estudiar estos registros de manera aislada.

Finalmente, cabe mencionar un último aspecto vinculado a la escala de las señales paleoambientales obtenidas en esta tesis. Como hemos visto hasta aquí, la información resultante de los análisis de diatomeas permite estimar condiciones paleoambientales tanto en una escala local, como en la del sistema estudiado en términos de su área de captación. Ahora bien, al incluirse varias localidades en el análisis, este estudio permite, también, inferir cambios ambientales de escala regional y supra-regional que generaron las señales obtenidas mediante los análisis de diatomeas y los *proxies* complementarios realizados.

TÉCNICAS: PREPARACIÓN DEL MATERIAL, ASIGNACIÓN TAXONÓMICA Y CUANTIFICACIÓN DE LAS DIATOMEAS

El material recuperado, tanto para los estudios actualísticos como para los paleoambientales, fue tratado siguiendo el protocolo estándar de Battarbee (1986) con agua oxigenada (H_2O_2) a 30 volúmenes para eliminar todo resto de materia orgánica, realizándose con posterioridad tres lavados y centrifugados consecutivos con agua destilada con el fin de eliminar el H_2O_2 . Finalmente, se montaron preparados permanentes del material con Naphrax®.

Se contabilizaron y asignaron taxonómicamente, en promedio, 400 valvas por preparado, dependiendo el número final del grado de concentración del material. Para la determinación taxonómica (ver *infra*) y cuantificación de valvas se ha observado el material bajo 1000x en un microscopio binocular (MO) Reichert-Jung (Polyvar), con contraste interferencial. En los casos de los especímenes más pequeños o con rasgos poco visibles en sus valvas, ha sido necesario confirmar dichas asignaciones recurriendo a la observación de diversos aspectos morfológicos del frústulo con un Microscopio Electrónico de Barrido (MEB, para observaciones de 5000x a 30000x) Phillips XL30 TMP, previa metalización del material con oro-paladio.

Para que sea posible confirmar y cotejar parte de las asignaciones taxonómicas realizadas, y consecuentemente controlar el posible sesgo inter-observador, muchas de las especies presentes en el material analizado han sido fotografiadas, tanto en el MO como en el MEB (ver ANEXO DEL CAPÍTULO 8, FOTOS 1 Y 2). Cabe mencionar al respecto, que si bien buena parte de las especies presentes en las muestras han sido observadas con MEB, resta la confirmación de unas pocas especies pequeñas ($< 10\mu$) asignadas de manera provisoria. De todas formas, estas especies no se presentan de una manera lo suficientemente abundante como para sesgar significativamente la interpretación ecológica general, ni las inferencias realizadas.

SOBRE LA ASIGNACIÓN TAXONÓMICA

Como se ha mencionado con anterioridad, la asignación taxonómica de las especies de diatomeas se basa en las características morfométricas y estructurales de los frústulos. En este sentido, para identificar los ejemplares a nivel específico es necesario evaluar una amplia variedad de características y estructuras presentes en las tecas y el cingulo, algunas relevantes para todos los géneros y otras especie-específicas. Las principales son:

- Forma general de las valvas.
- Longitud y ancho o diámetro de la valva.
- Cantidad de estrías en 10 μ m y su disposición.
- Simetría/asimetría en relación con el eje apical, transversal o diagonal.
- Tamaño, posición y presencia/ausencia de rafe¹¹ en una o ambas valvas.
- Presencia, cantidad o ausencia de septos, pseudoseptos¹² y valvas internas como son las crátulas, por ejemplo.
- Presencia, cantidad o ausencia de pórtulas, ya sean procesos labiados (o rimopórtulas)¹³ y/o reforzados (o fultopórtulas)¹⁴.
- Presencia/ausencia, cantidad y ubicación de campos porosos apicales, ocelos y seudocelos¹⁵.
- Presencia, cantidad o ausencia de estigmas y estigmoides.
- Presencia, cantidad o ausencia de espinas.
- Características del nódulo central.
- Presencia/ausencia de estauro¹⁶.
- Presencia/ausencia y ubicación de la discontinuidad de Voigt¹⁷.
- Presencia/ausencia de areolas y alveolos y ubicación relativa de velos y forámenes.
- Presencia/ausencia de conopeum.
- Forma y simetría de las valvas en vista cingular.
- Presencia/ausencia de costillas y su frecuencia relativa a la de las estrías.

¹¹ Estructura compuesta por una o dos fisuras longitudinales asociadas al esternón separadas por un puente silíceo denominado "nódulo central".

¹² Septos y seudoseptos son modificaciones en el manto valvar.

¹³ Consiste en un tubo que se abre al interior por una ranura.

¹⁴ Consiste en un tubo sostenido internamente por 2 o más refuerzos.

¹⁵ En diatomeas céntricas suele haber áreas donde las areolas más pequeñas y no ocluidas u ocluidas por un velos más simples que en las restantes; si esta área está rodeada por un anillo de sílice se denomina ocelo, si la demarcación no es tan obvia se denomina seudocelo.

¹⁶ Engrosamiento silíceo relacionado al nódulo central que se extiende hasta las márgenes de las valvas sobre el eje transversal.

¹⁷ Estructura resultante del mecanismo de formación del rafe en algunas diatomeas.

- Presencia de cámaras y otras estructuras en el cingulo.
- Formación de agregados estrellados, en cadenas o solitarias.

La necesidad de identificar a nivel específico las diatomeas del material analizado en esta tesis se sustenta en que, es en este nivel en el que es relevante la información ecológica, ya que entre especies de un mismo género pueden existir distintos requerimientos para un mismo parámetro ambiental. Las asignaciones taxonómicas del material estudiado se realizaron sobre la base de los trabajos monográficos de Germain (1981), Round *et al.* (1990), Krammer y Lange-Bertalot (1991-96), Lange- Bertalot (2000) y Rumrich *et al.* (2000) y artículos específicos que se citan oportunamente.

ESTUDIOS ACTUALÍSTICOS DE DIATOMEAS EN HUMEDALES DE LA PUNA JUJEÑA

Los estudios actualísticos constaron del relevamiento de la flora diatomológica de 22 humedales de altura de la provincia de Jujuy (22° 30' a 22° 44' S; 66° 39' a 66° 59' W) en los que se analizó la diversidad taxonómica y se realizó la identificación de las especies dominantes en ambientes diversos en cuanto a sus características hidrográficas y físico-químicas. Se recuerda que el objetivo de la inclusión de estos estudios de la composición taxonómica de muestras actuales de humedales, fue completar la información ecológica faltante de las especies presentes en las muestras de sedimentos analizadas en esta tesis y, consecuentemente, a aumentar la precisión y confiabilidad de las interpretaciones de los cambios paleoambientales inferidos. No obstante, ante el número reducido de ambientes muestreados no fue posible aplicar otras herramientas metodológicas útiles para la obtención de afinidades físico-químicas como las funciones de transferencia (Fritz 2005, Servant Vildary *et al.* 2002)

Los humedales de altura abarcados (ver FIGURA 8.1) se encuentran emplazados entre los 3500 y 4683 msnm, incluyendo la mayor parte de los humedales correspondientes al Complejo Lagunar Vilama (CLV) (Seeligmann *et al.* 2008, Maidana *et al.* 2009, Morales *et al.* 2009). Este complejo se encuentra a 4500 msnm, en la provincia fitogeográfica Altoandina, en el noroeste de Jujuy, a unos 40 km del Cerro Zapaleri, punto límite tripartito entre Bolivia, Chile y Argentina. Este Complejo comprende una serie de humedales enmarcados en una estepa de gramíneas con escasas especies arbustivas y una cobertura vegetal menor al 20%.

El CLV, designado Sitio Ramsar en el año 2000, se ubica en la provincia geológica de la Puna, dentro de una altiplanicie escalonada entre numerosos volcanes, que constituyen el sector de máxima altura de la Cordillera de Los Andes en la República Argentina. Se pueden distinguir

algunas lagunas pequeñas a medianas, de aguas dulces y más profundas (ej. Pululos) y otras, de mayores dimensiones, como Vilama y Palar, muy someras, con altos niveles de evaporación y concentración de sales y un gran aporte de sedimentos volcánicos. Estos cuerpos palustres se caracterizan por presentar grandes fluctuaciones del nivel de agua. Su retracción en los períodos secos lleva a profundas modificaciones en sus características, como la eliminación de parte del hábitat acuático o su hiper-salinización (Caziani y Derlindati, 2000).

TÉCNICAS EMPLEADAS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS AMBIENTES MUESTREADOS

A partir de los relevamientos comprendidos por este estudio, realizados durante los años 2004 y 2005, se obtuvieron 25 muestras (FIGURA 8.2.) de los 22 humedales mencionados, tres de los cuales - Pululos, Vilama e Isla Gande - fueron muestreados en las dos campañas. La recolección de muestras fue realizada con red de plancton de 25 μm de apertura de malla en la zona litoral de los distintos cuerpos de agua y el material fue fijado *in situ* con formaldehído al 4%. En el campo se midieron diferentes parámetros físicos y químicos que se resumen en la FIGURA 8.2. La clasificación de los ambientes estudiados según su salinidad se basa en lo sugerido por Hammer (1986, según Seeligmann *et al.* 2008).

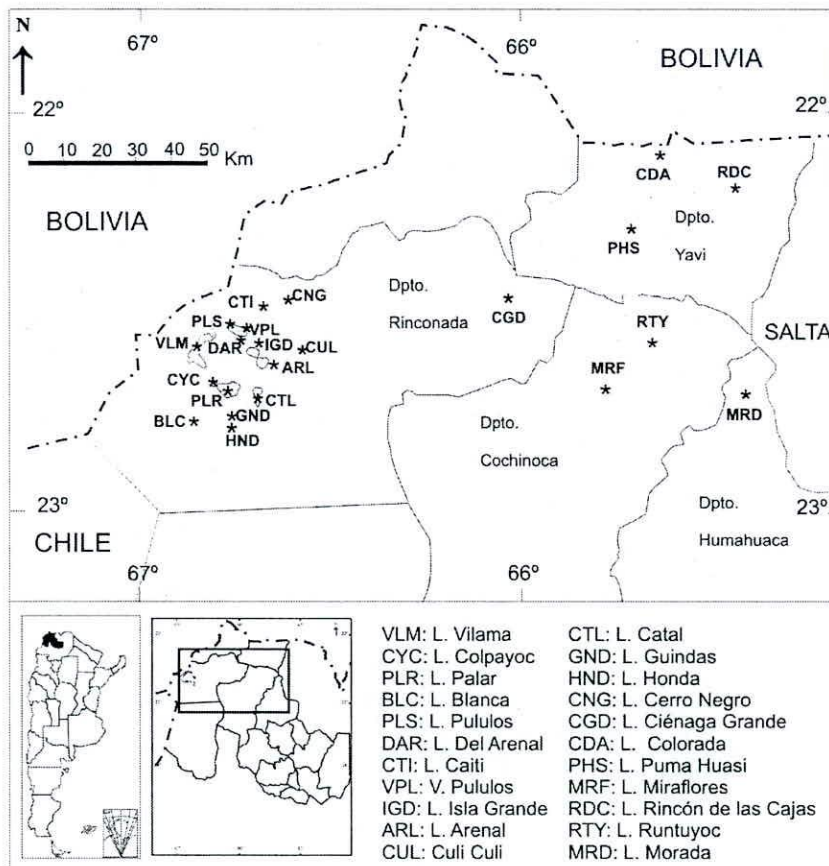


FIGURA 8.1. Ubicación de los 22 humedales en que se realizaron los muestreos de diatomeas actuales.

Lagunas (L) y Vega (V)	Coordenadas	Altura m s.n.m.	pH	Temp. del agua (°C)	Cond. $\mu\text{S cm}^{-1}$	Salinidad g/l	Clasificación Salinidad
MRD: L. Morada	23°7'30"S 65°12'4"W	4050	10,4	22	167	0,1	Dulce
CGD: L. Ciénga Grande	22°27'52"S 66°01'30"W	3650	9,8	11	2280	1,7	Dulce
VLM4: L. Vilama 2004	22°34'14"S 66°52'29"W	4543	8,6	23	27800	23,6	Mesosal.
PLS4: L. Pululos 2004	22°32'43"S 66°48'25"W	4557	9,2	16	1300	0,9	Dulce
VPL: V. Pulubs	22°34'38"S 66°43'12"W	4571	10,1	15	250	0,2	Dulce
DAR: L. Del Arenal	22°35'11"S 66°43'00"W	4564	10	16	4750	3,6	Hiposal.
IGD4: L. Isla Grande 2004	22°35'40"S 66°42'31"W	4564	8,5	14	870	0,6	Dulce
CUL: L. Culi-Culi	22°36'58"S 66°38'01"W	4683	9,3	11	730	0,5	Dulce
RDC: L. R. de Cajas	22°13'10"S 65°16'58"W	3951	9	19,8	303	0,2	Dulce
CDA: L. Cobrada	22°10'49"S 65°38'57"W	3551	8,7	14,2	120	0,9	Dulce
PHS: L. Puma- Huasi	22°22'00"S 65°41'35"W	3567	8,5	18	144	0,2	Dulce
RTY: L. Runtuyoc	22°39'06"S 65°41'48"W	3524	9,8	15,4	920	0,7	Dulce
MRF: L. S. J. Miraflores	22°42'34"S 65°43'07"W	3502	10	17	990	0,7	Dulce
IGD5: L. Isla Grande 2005	22°35'40"S 66°42'31"W	4564	8,5	14	14000	11,9	Mesosalina
ARL: L. Arenal	22°35'11"S 66°43'00"W	4564	10	16	6177	4,7	Hiposalina
CTL: L. Catal	22°42'01"S 66°42'08"W	4320	8,6	-	26100	22,2	Mesosalina
CNG: L. Cerro Negro	22°30'44"S 66°41'31"W	4400	8,4	-	2550	1,9	Dulce
PLS5: L. Pululos 2005	22°32'43"S 66°48'25"W	4557	9,2	16	2990	2,3	Dulce
GND: L. Guindas	22°48'11"S 66°51'49"W	4500	11	-	123600	105	Hipersalina
HND: L. Honda	22°49'26"S 66°51'49"W	4500	10,9	-	116880	99,3	Hipersalina
CYC: L. Colpayoc	22°39'53"S 66°51'33"W	4389	9	-	6750	5,1	Hiposalina
VLM5: L. Vilama 2005	22°34'14"S 66°52'29"W	4543	8,6	23	29900	25,4	Mesosalina
PLG: L. Palar Grande	22°40'24"S 66°48'41"W	4309	8,5	-	8350	6,3	Hiposalina
BLC: L. Blanca	22°50'22"S 66°57'41"W	4500	11	-	18150	15,4	Hiposalina
CTI: L. Caití	22°32'53"S 66°45'51"W	4573	8,8	-	969	0,7	Dulce
PLC: L. Palar Chica	22°40'57"S 66°48'21"W	4451	8,5	-	8350	6,3	Hiposalina

FIGURA 8.2. Parámetros físico-químicos de los humedales muestreados. Los números 4 y 5 que siguen a la sigla de los humedales muestreados dos veces indican el año de muestreo (2004 o 2005).

RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En el material muestreado durante 2004 se identificó un total de 51 géneros, con 157 taxones infragenéricos. Se destacó *Nitzschia* como el género mejor representado cuali y cuantitativamente, con 28 especies y con abundancias relativas de hasta 95 % en Laguna Runtuyoc (Figs. 8.1 y 8.2). Le siguieron en importancia, de acuerdo al número de especies, los géneros *Pinnularia* (12) y *Stauroneis* (9) (Seeligmann *et al.* 2008).

La riqueza específica en los humedales estudiados varió entre 6 y 47 taxones. Las muestras con mayor número de especies fueron las obtenidas en las lagunas del Arenal (47) y Rincón de Cajas (42) y en la vega próxima a Pululos (38). Estas dos últimas también mostraron los registros más altos de especies exclusivas (19 y 15, respectivamente). Las lagunas con menor número de taxones fueron Runtuyoc (6), Miraflores (11) y Ciénaga Grande (12). *Amphora veneta* estuvo presente en más del 90% de las muestras y con abundancias relativas de hasta 24% (Seeligmann *et al.* 2008).

La mayoría de las especies identificadas en los cuerpos de agua estudiados presentan una forma de vida bentónica y muchas de ellas, como por ejemplo *Nitzschia palea*, *Pinnularia brebissonii* y *Hantzschia* spp., son capaces de vivir en ambientes sometidos a desecaciones periódicas (Van

Dam *et al.*, 1994). Esto resulta coherente con la escasa profundidad de buena parte de los humedales estudiados. La Laguna Rincón de Cajas, con una abundante cobertura vegetal, fue la única donde predominaron especies de los géneros *Epithemia* y *Rhopalodia* (FIGURA 8.3), con una forma de vida epífítica. Por otra parte, en la vega de Pululos estuvieron bien representadas las especies *Pseudostaurosira brevistriata* y *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (22 y 5%, respectivamente) a semejanza de lo que se observó en otros ambientes similares de la provincia (Maidana, 1996).

En términos de la salinidad, no se verificó en los humedales estudiados una correlación significativa ($r= 0,12$; $p < 0,05$) entre la riqueza específica y el tenor salino del ambiente, a diferencia de lo que sugirieron Iltis *et al.* (1984), Blinn (2001), Servant-Vildary (1978, 1984) y Servant-Vildary *et al.* (2001). El número de especies tuvo una correlación positiva y significativa con la altura sobre el nivel del mar ($r=0,66$; $p < 0,05$). y, se ha observado una correlación positiva entre la abundancia relativa del género *Stauroneis* y la salinidad ($r= 0,61$, $p < 0,05$) (Seeligmann *et al.* 2008).

En cuanto al material muestreado en 2005, se observó que la riqueza específica en los humedales estudiados varió entre 13 y 54 taxones. Los humedales con mayor número de especies fueron las lagunas Vilama (54), Cerro Negro (38) e Isla Grande (36) y los que presentaron la menor riqueza fueron Pululos y Guinda (13) (Maidana *et al.* 2009).

En total se identificaron 43 géneros y 137 taxones infragenéricos, destacándose *Nitzschia* como el género más representado - 19 especies- seguido en importancia por *Navicula* (17), *Amphora* (11), *Surirella* (9), *Craticula* (8), *Gomphonema* (5) y *Luticola* (5). En relación al aporte de especies realizado por cada género, el ensamble formado por *Surirella* y *Nitzschia* predominó en el 50 % de los cuerpos de agua (Maidana *et al.* 2009) y el de *Nitzschia* y *Navicula* fue notablemente frecuente, al igual que en las muestras correspondientes al año 2004 (ver FIGURA 8.3). Cabe destacar que el último género, varias de cuyas especies suelen tener afinidad por las aguas duras (Van Dam *et al.*, 1994) estuvo poco representado en los humedales de Caití y Palar. También fue llamativo que la única laguna donde se hallaron especies de *Pinnularia* fue Vilama. Las especies más frecuentes en los humedales estudiados fueron *Amphora veneta* var. *veneta* (en 6 humedales), *Anomoeoneis sphaerophora* fa. *costata* (8), *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (6), *Nitzschia hungarica* (8), *N. perminuta* (7), *Surirella ovata* var. *utabensis* (11) y *S. wetzelli* (6) (Maidana *et al.* 2009). Asimismo, cabe mencionar que a partir de este estudio se propuso una especie nueva para la ciencia: *Staurophora vilamae*, Maidana, Seeligmann y Morales (Maidana *et al.* 2009)

En relación con la salinidad de los ambientes, al igual que en los humedales muestreados en 2004, no se halló una correlación significativa entre la salinidad y el número de especies ($r=-0,33$, $p < 0,05$), aunque en este caso si la hubo con el pH ($r= 0,57$, $p < 0,05$) (Maidana *et al.* 2009).

Dado que los humedales estudiados son en general poco profundos las especies planctónicas fueron poco numerosas. En su lugar, ha sido frecuente encontrar especies adaptadas a lugares temporalmente secos o sólo húmedos, como *Amphora normanni*, *Denticula elegans*, *Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia supralitorea*, *Pinnularia borealis* y también esporas de latencia de *Chaethoceros muellerii* que pueden sobrevivir largos períodos de sequía (Van Dam *et al.*, 1994).

Finalmente, ante la importancia y diversidad de representantes del género *Navicula sensu stricto* en la flora bentónica del material recuperado en ambas campañas, se decidió analizar la riqueza y diversidad de este género en cada una de las muestras. Se identificaron 18 taxones a nivel infra-genérico, 17 de los cuales, por la curvatura de las fisuras centrales del rafe, pertenecen a la Sección *Navicula* mientras que sólo uno (*N. gregaria*) corresponde a la Sección *Alinea* (Morales *et al.* 2009).

Navicula lauca fue la más frecuentemente hallada en los humedales estudiados (92% de las muestras analizadas), seguida por *N. parinacota* (64%), *N. salinicola* var. *salinicola* (56%) y *N. veneta* (52%). Estas cuatro especies aparecieron simultáneamente en 11 (44%) de las muestras, mientras que las dos más frecuentes coexistieron en 15 de ellas (60%), con una amplia distribución en la zona de estudio bajo condiciones ambientales diversas. *N. capitatoradiata*, *N. cari* y *N. phylleptosoma* fueron, en cambio, las menos frecuentes (menos del 15% de las muestras) (Morales *et al.* 2009).

Los ambientes con mayor riqueza de especies fueron las lagunas Vilama 2004 (12 especies), del Arenal (DAR) y Catal (CTL) (11 especies) y Vilama 2005, Rincón de las Cajas (RDC) y Arenal (ARL) (10 especies). En las lagunas Runtuyoc (RTY), Miraflores (MRF) y Gindas (GND) se halló una sola especie y en la laguna Colorada (CDA) no se halló ningún ejemplar de este género (Morales *et al.* 2009).

Los datos sobre los géneros y especies más frecuentes en cada una de las muestras analizadas, así como la riqueza total en cada uno de los humedales de altura estudiados en Jujuy, se resumen en las tablas siguientes:

Año	Humedales	Especies/ Géneros	%	Riqueza específica
2004	MRD: Laguna Morada	<i>Pinnularia delicada</i>	27.00	37
		<i>Luticola mutica</i>	12.60	
		<i>Hantzschia amphyois</i>	12.50	
	CGD: Ciénaga Grande	<i>Nitzschia</i> sp.	24.60	12
		<i>Navicula</i> spp.	27.20	
		<i>Nitzschia palea</i>	11.90	
	VLM4: Laguna Vilama 2004	<i>Navicula</i> spp.	57.70	29
		<i>Nitzschia hungarica</i>	18.30	
		<i>Caloneis aff. variabilis</i>	11.00	
	PLS4: Laguna Pululos 2004	<i>Navicula</i> spp.	52.80	15
		<i>Craticula</i> sp.	15.00	
		<i>Nitzschia palea</i>	9.00	
	VPL: Vega Pululos	<i>Nitzschia</i> sp.	23.54	39
		<i>Pseudostaurosira brevistriata</i>	22.00	
		<i>Encyonema aff. schneideri</i>	7.00	
	DAR: Laguna del Arenal	<i>Navicula</i> spp.	31.00	47
		<i>Nitzschia hungarica</i>	28.90	
		<i>Nitzschia liebethutti</i>	6.20	
	IGD4: Laguna Isla Grande 2004	<i>Amphora veneta</i>	24.00	33
		<i>Navicula</i> spp.	17.50	
		<i>Nitzschia perminuta</i>	8.00	
	CUL: Laguna Culi-Culi	<i>Nitzschia perminuta</i>	39.00	28
		<i>Craticula</i> sp.	12.00	
		<i>Nitzschia microcephala</i>	10.00	
	RDC: Laguna Rincón de Cajas	<i>Rhopalodia gibba</i>	41.00	42
		<i>Epithemia sorex</i>	10.60	
		<i>Fragilaria bidens</i>	10.10	
	CDA: Laguna Colorada	<i>Nitzschia palea</i>	34.40	15
<i>Hantzschia vivax</i>		26.80		
<i>Amphora veneta</i>		15.10		
PHS: Laguna Puma-Huasi	<i>Pinnularia obscura</i>	19.00	13	
	<i>Pinnularia interrupta</i>	15.20		
	<i>Nitzschia palea</i>	11.00		
RTY: Laguna Runtuyoc	<i>Nitzschia hungarita</i>	94.00	6	
	<i>Craticula cuspidata</i>	4.00		
	<i>Amphora veneta</i>	0.20		
MRF: Laguna S. J. de Miraflores	<i>Nitzschia hungarita</i>	40.50	11	
	<i>Amphora veneta</i>	22.50		
	<i>Navicula</i> spp.	15.60		

FIGURA 8.3. Ensamblas dominantes en los muestreos realizados en 2004.

Año	Humedales	Especies/ Géneros	%	Riqueza específica
2005	IGD5: Laguna Isla Grande 2005	<i>Amphora</i> spp.		36
		<i>Navicula</i> spp.		
		<i>Nitzschia</i> spp.		
	ARL: Laguna Arenal	<i>Navicula</i> spp.		27
		<i>Nitzschia</i> spp.		
	CTL: Laguna Catal	<i>Amphora</i> spp.		35
		<i>Navicula</i> spp.		
		<i>Surirella</i> spp.		
	CNG: Laguna Cerro Negro	<i>Navicula</i> spp.		38
		<i>Nitzschia</i> spp.		
		<i>Surirella</i> spp.		
	PLS5: Laguna Pulos 2005	<i>Nitzschia</i> spp.		13
	GND: Laguna Guindas	<i>Nitzschia</i> spp.		13
		<i>Surirella</i> spp.		
HND: Laguna Honda	<i>Nitzschia</i> spp.		17	
	<i>Surirella</i> spp.			
CYC: Laguna Colpayoc	<i>Nitzschia</i> spp.		26	
	<i>Surirella</i> spp.			
VLM5: Laguna Vilama 2005	<i>Navicula</i> spp.		54	
	<i>Nitzschia</i> spp.			
	<i>Pinnularia</i> spp.			
	<i>Surirella</i> spp.			
PLR: Laguna Palar	<i>Navicula</i> spp.		20	
	<i>Surirella</i> spp.			
BLC: Laguna Blanca	<i>Navicula</i> spp.		22	
	<i>Nitzschia</i> spp.			
CTI: Laguna Caiti	<i>Craticula</i> spp.		22	

FIGURA 8.4. Ensamblas dominantes en los muestreos realizados en.2005.

Considerando en conjunto las muestras analizadas, es posible establecer ciertas relaciones generales entre la composición de la flora dominante y las características físico-químicas de los ambientes muestreados. Los ambientes con fuerte presencia de los géneros *Pinnularia* y *Amphora* se tratan en general de ambientes con bajo tenor salino y aguas moderadamente alcalinas a alcalinas, por el contrario, los que presentan como dupla dominante los géneros *Navicula* y *Surirella* presentan concentraciones de sales de moderadas a altas y altos valores de pH. Finalmente, la frecuente dupla de los géneros *Navicula* y *Nitzschia* se ha registrado en una amplia variedad de ambientes que van de dulces a salobres y aguas alcalinas. Los ambientes con valores de conductividad y salinidad mayores parecen coincidir con la presencia de una especie de *Nitzschia* en particular, *N. hungarica*.

UBICACIÓN, CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS, MUESTREO Y CRONOLOGÍA DE LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS ESTUDIADAS

Como ya se ha mencionado, los estudios paleoambientales a partir del análisis de diatomeas, que son el objeto central de esta tesis, se han realizado en diversos puntos de dos localidades de la provincia de Jujuy –Quebrada de Lapao y Pastos Chicos- y de una en la provincia de Salta (Alto Tocomar) (FIGURA 8.5). En este apartado se describen detalladamente las características geológicas y ambientales, cronología y muestreos realizados en cada uno de los *loci* de estas localidades, ordenados en un sentido Norte-Sur.

QUEBRADA DE LAPAO

Lapao ($66^{\circ} 21' 52,8''$ O; $23^{\circ} 22' 01''$ S; 3650 msnm) es una quebrada de ~5 km de extensión, con orientación NE-SO, ubicada en el departamento de Susques, Jujuy (FIGURA 8.8). Estructuralmente, se originó por una fractura en las ignimbritas y rocas tobáceas del Mioceno Superior de la formación Zapaleri, que descansa sobre un manto aflorante de arcilitas rojizas del Mioceno Inferior (formación Log Log) (Nullo 1988). Su fondo está conformado por taludes laterales de derrubios de los farallones ignimbríticos y por sedimentos que constituyen una serie de terrazas cuaternarias de diferente cronología a lo largo de su extensión, erosionadas periódicamente por un curso fluvial estacional – el río Susques– que tributa a la cuenca Pastos Chicos-Las Burras. En la margen derecha de la cabecera de la quebrada tributaba un pequeño manantial a este curso estacional. Hoy en día, en el punto donde aflora esta surgente, está emplazada la toma de agua del pueblo de Susques, por lo que dicho manantial solo se hace evidente por un pequeño chorrillo que riega artificialmente una pequeña vega próxima de 0,41 ha de superficie. El área de captación hídrica de la quebrada de Lapao se extiende hasta la serranía de Taire por el oeste cubriendo una superficie de ~110 km² (FIGURA 8.8).

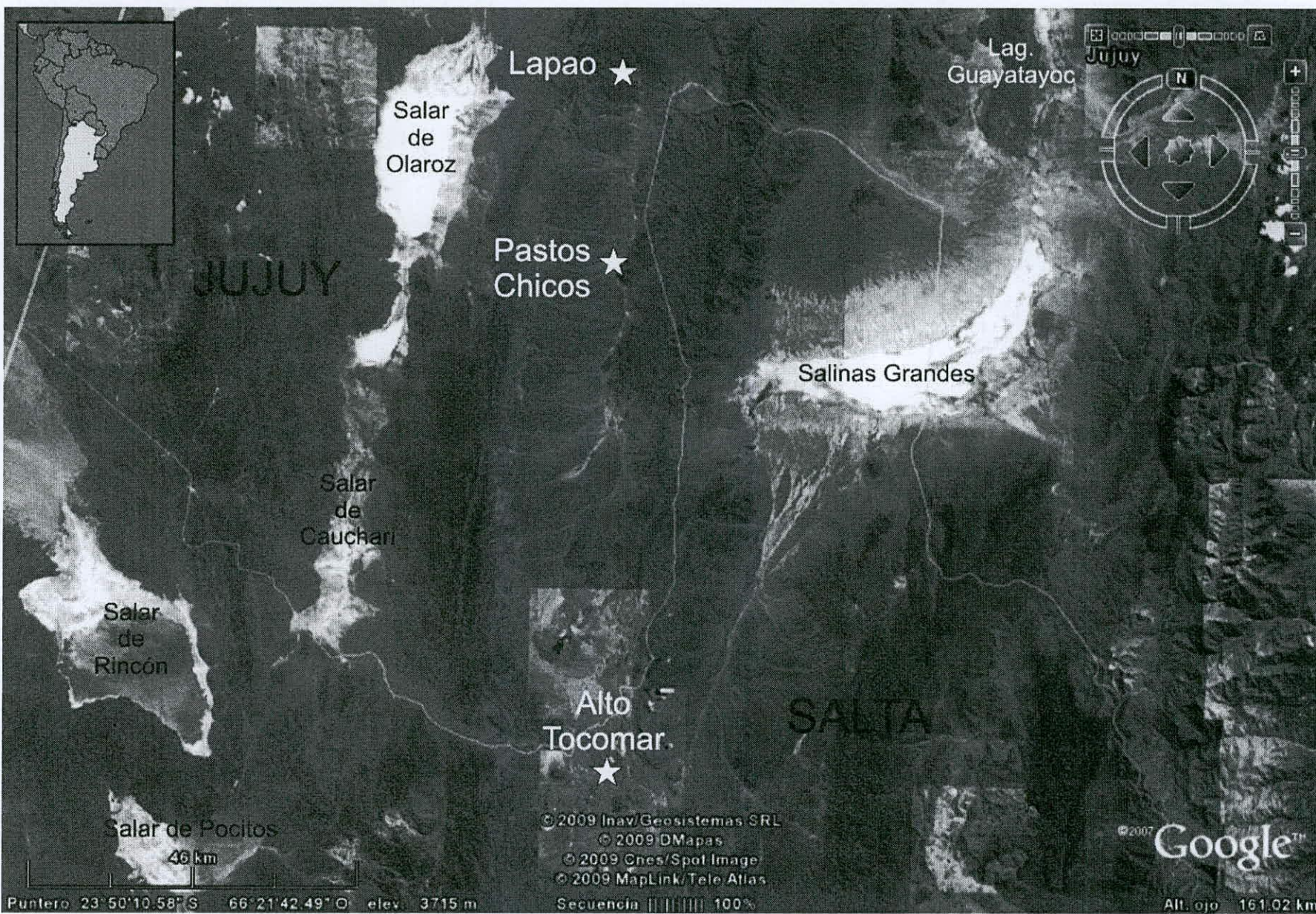


Figura 8.5. Ubicación de las tres localidades estudiadas.

Las terrazas presentes en la cabecera están constituidas por dos secuencias sedimentarias diferentes: la Terraza 1 está formada por depósitos intercalados de paleosuelos (turberas), facies de aporte lateral de derrubios de los taludes y diatomitas tanto laminadas como masivas (ver FIGURAS 8.6 y 8.8); la Terraza 2, por su parte, está formada por depósitos de agradación fluvial constituidos mayormente por arenas estratificadas y someros paleosuelos minerales y turberas (FIGURAS 8.6 y 8.8). Para la Terraza 1, se cuenta con 6 dataciones realizadas sobre materia orgánica de suelos y facies sedimentarias de distintos perfiles (LP1, LP7, LP6 y LP5), que ubican a los depósitos en el lapso comprendido entre los *ca.* 9300 y 7000 años AP. Para la Terraza 2 solo se cuenta con una datación de 3700 años AP realizada sobre una turbera ubicada en el tercio superior de la secuencia. El resto de las terrazas holocénicas (ej. Terraza 3) se han formado aguas abajo del área estudiada y corresponden a cronologías posteriores.

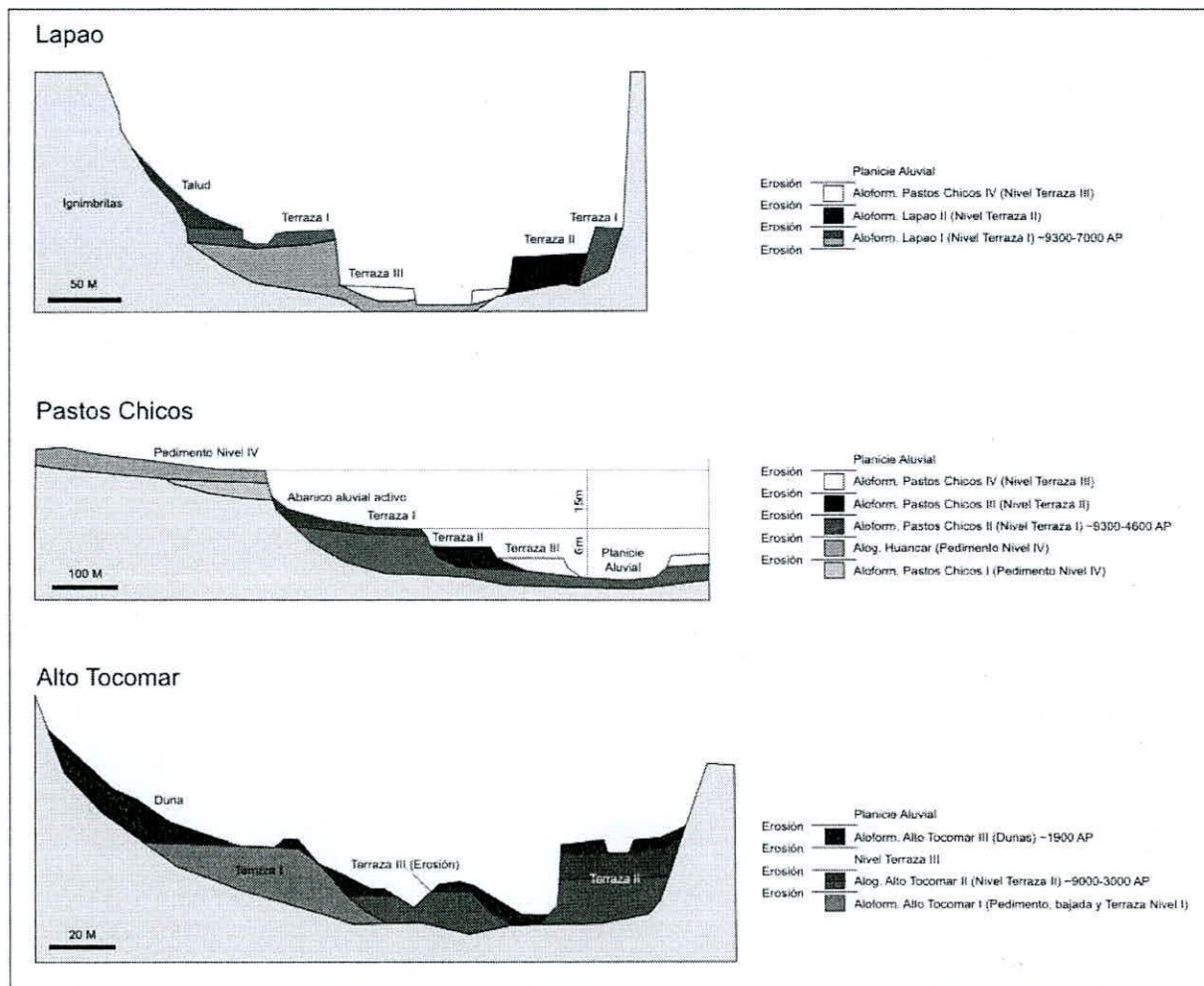


FIGURA 8.6. Esquema geomorfológico-estratigráfico de las tres localidades estudiadas (Re-esquemáticos a partir de Tchilinguirian 2008 y Tchilinguirian *et al.* 2009).

LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS Y MUESTRAS AISLADAS ESTUDIADAS EN LA QUEBRADA LAPAO

La principal secuencia sedimentaria estudiada fue el Perfil 5 (ver. FIGURA 8.7). Este perfil, esta constituido por sedimentos depositados en lapsos caracterizados por la génesis de suelos (indicados en negro), sedimentos de períodos erosivos con aporte del material de los taludes (facies de arenas gruesas indicadas en amarillo) y depósitos de agradación palustre representados por diatomitas masivas (Dt) y laminadas (DtL) (FIGURA 8.7). La ubicación de las once muestras extraídas para análisis de diatomeas y las cuatro analizadas hasta el momento para polen están indicadas en el margen izquierdo del gráfico de la FIGURA 8.7. Asimismo, se indica la procedencia de las dataciones radiocarbónicas realizadas sobre esta secuencia que serán analizadas en un apartado especial sobre la cronología y los modelos de edad realizados para interpretar los resultados.

La otra secuencia estudiada en la cabecera de Lapao ha sido el Perfil 9 (FIGURA 8.9), emplazado unos 20 m al SE del Perfil L5, representado una secuencia compactada y marginal de este último. De su secuencia sedimentaria se han recuperado tres muestras (L9A, L9B y L9C, tomadas en orden descendente cada 15 cm, FIGURA 8.9) con el fin de establecer el vínculo ambiental y estratigráfico existente entre Lapao 9 y la secuencia principal estudiada mediante el análisis de las diatomeas (Lapao 5).

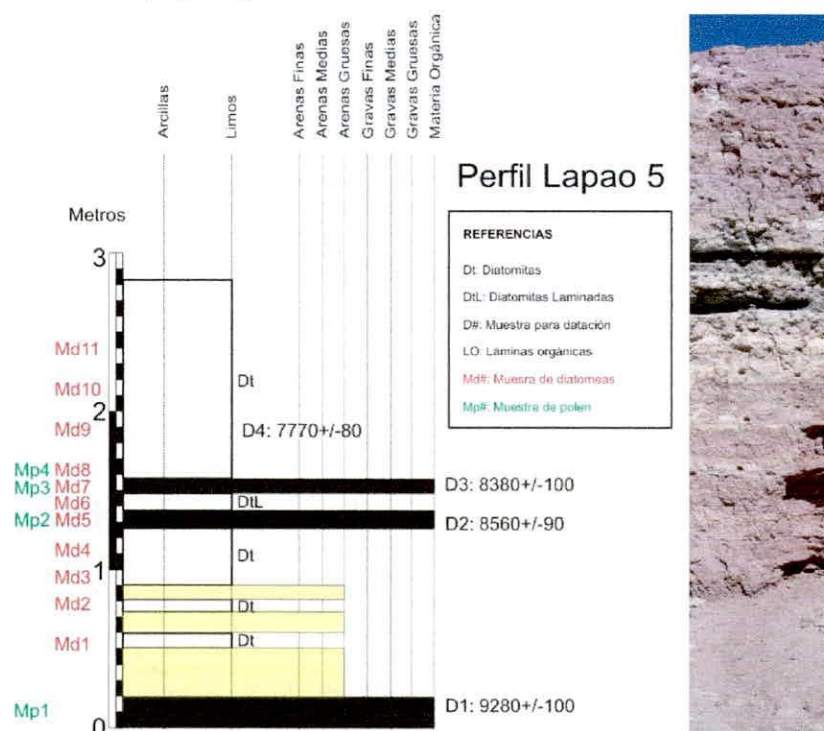


FIGURA 8.7. Esquema estratigráfico, procedencia de muestras, cronología y vista del Perfil Lapao 5.

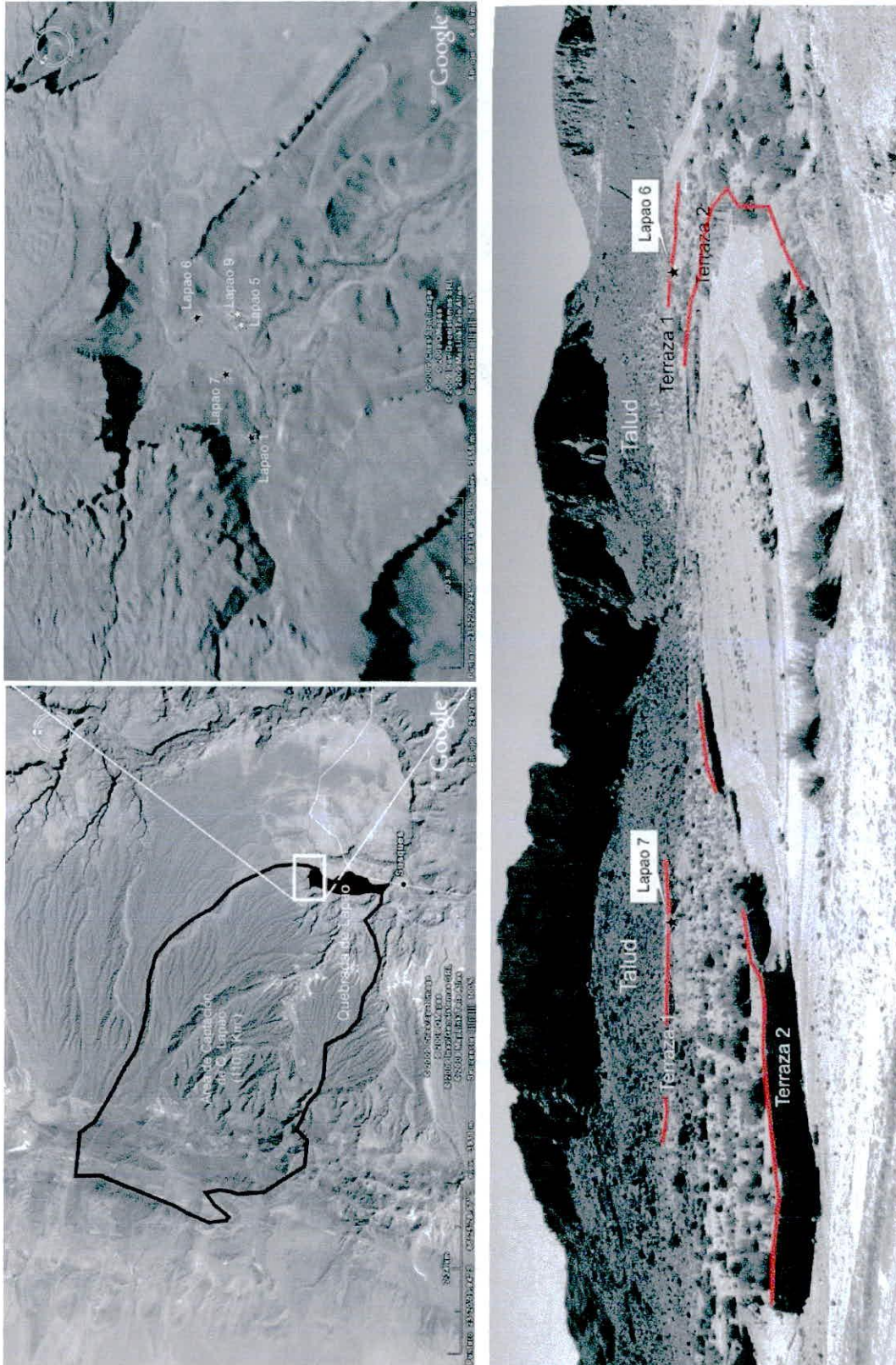


FIGURA 8.8. Arriba izquierda: ubicación de la Q. Lapao y su área de captación hídrica. Arriba derecha: detalle en perspectiva del sector superior de la quebrada y ubicación de las secuencias (estrellas blancas) y muestras aisladas (estrellas negras) estudiadas. Inferior: vista hacia el NNO de la cabecera de la quebrada con los niveles de terrazas referenciados.

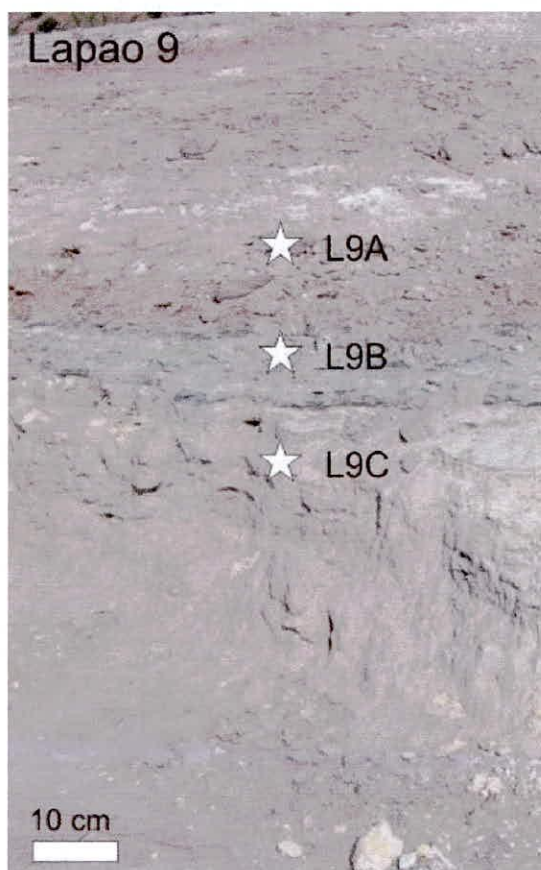


FIGURA 8.9. Vista del perfil Lapao 9 con la ubicación de las 3 muestras analizadas (indicadas con estrellas).

Además de las secuencias mencionadas, se analizó el contenido de diatomeas de una muestra de cada uno de los restantes perfiles datados en la quebrada, Lapao 1, 6 y 7 (FIGURA 8.10).

Lapao 1 está ubicado a unos 50 m hacia el NO de la vertiente antes mencionada -donde actualmente se ubica la toma de agua del pueblo de Susques- en la margen opuesta a los perfiles antes mencionados. De la turbera basal de este perfil se obtuvo una muestra que fue datada en 7550 ± 90 años AP (LP1025). En la misma margen, pero unos 300 m hacia el N está ubicado el perfil Lapao 7 (ver FIGURA 8.10), que presenta una turbera en el segmento medio de la secuencia y de la que se ha obtenido el material analizado para diatomeas y una muestra de materia orgánica datada en 8230 ± 40 años AP (UGA8728). Lapao 6 está ubicado en la misma margen que las secuencias principales estudiadas. Se obtuvo de aquí una muestra datada en 7750 ± 40 años AP (UGA8727)(ver FIGURA 8.10).

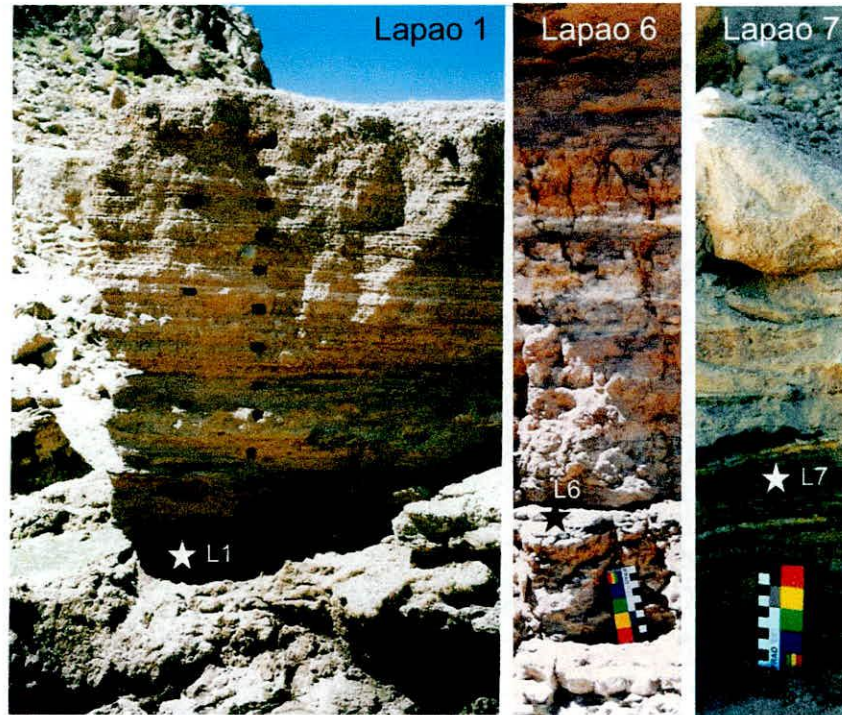


FIGURA 8.10. Vista de los perfiles Lapao 1, 6 y 7 y ubicación de las muestras analizadas en cada uno (indicadas con estrellas).

PASTOS CHICOS

El río Pastos Chicos se extiende (incluyendo sus tributarios) a lo largo de ~95 km, desde el límite sur de la provincia de Jujuy hasta su confluencia con el río Coranzuli, siendo ambos los principales tributarios del río Las Burras el que, a su vez, descarga su caudal en la Laguna de Guayatayoc (FIGURA 8.11). El río Pastos Chicos es de régimen permanente aunque presenta variaciones significativas del caudal durante las intensas lluvias que ocurren en la cuenca superior durante el verano. En la cuenca media, donde se ubican los perfiles estudiados ($23^{\circ} 40' 29''$ S; $66^{\circ} 25' 32''$ O; 3890 msnm), el río tiene hábito sinuoso y está profundizado hasta 10 m en sus propios depósitos. En ambas márgenes se desarrollan hasta tres niveles de terraza aluvial de edad holocénica, con una altura de 6, 4 y 2 m sobre el nivel del cauce, respectivamente (ver FIGURAS 8.6 y 8.11). A los lados de estas terrazas se observan hasta 2 niveles de pedimentación de edad pleistocénica a una altura de 15 y 30 m, respectivamente, sobre el nivel del cauce (FIGURA 8.6). El área de captación hídrica del sistema Pastos Chicos hasta el punto bajo estudio, cubre una superficie de 988 km² (FIGURA 8.11).

El perfil geomorfológico-estratigráfico general de la cuenca de Pastos Chicos puede ser consultado en la FIGURA 8.6. En este caso, solo se describen los depósitos presentes en el cuerpo sedimentario de la Terraza I, denominada Aloformación Pastos Chicos II. Esta Aloformación

está separada de otras por medio de discontinuidades erosivas de orden mayor (FIGURA 8.6) y está constituida por cinco sub-unidades sedimentarias separadas por discontinuidades erosivas de menor orden de importancia denominas Alomiembros A, B, C, D y E. Asimismo, dentro de cada Alomiembro se presentan distintos tipos de sedimentos y estructuras sedimentarias que pueden ser agrupados en Alofacies sedimentarias (Tchilinguirian 2008).

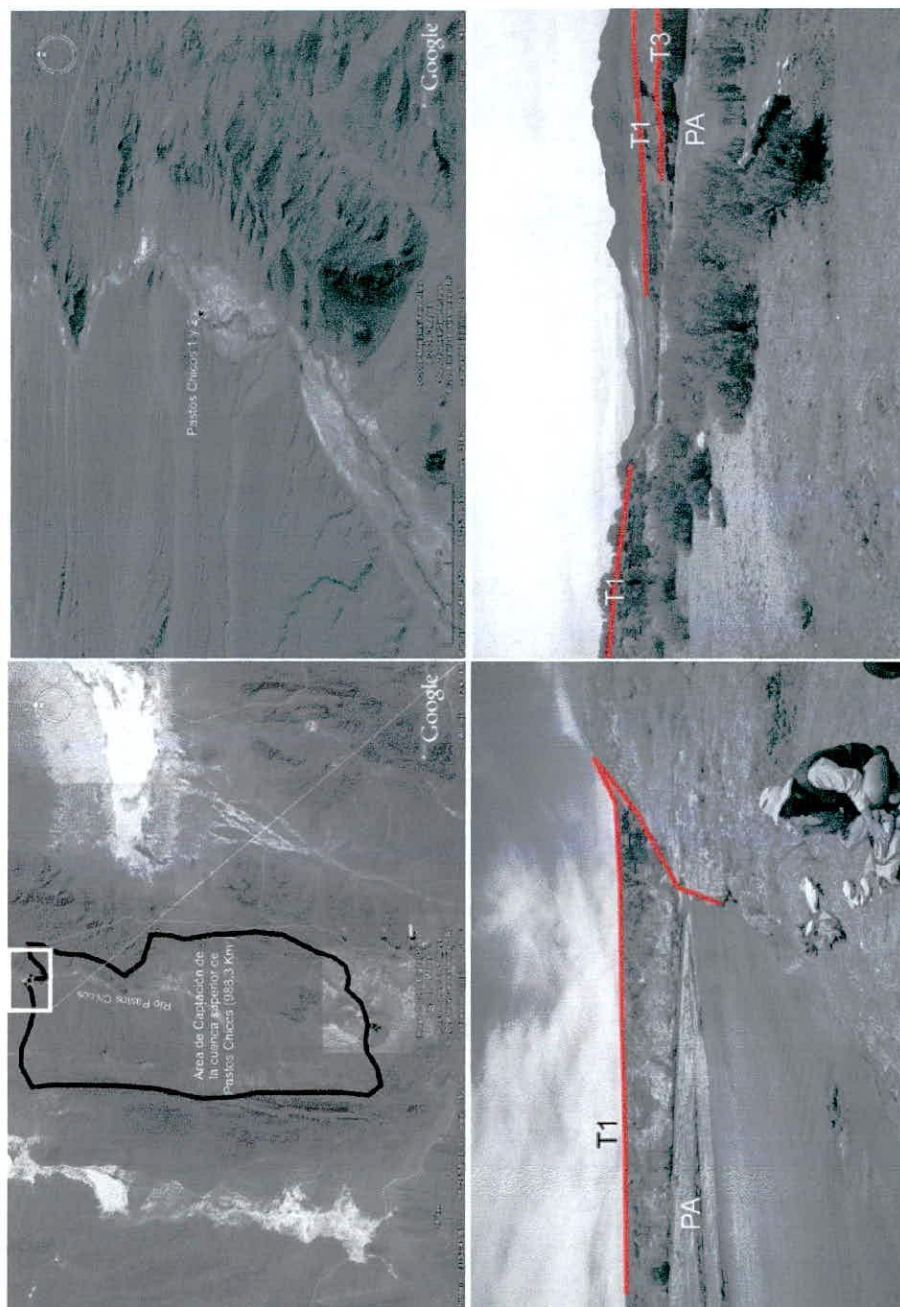


FIGURA 8.11. Arriba izquierda: ubicación del área de muestreo de Pastos Chicos y su área de captación hídrica. Arriba derecha: detalle en perspectiva del sector medio de la cuenca y ubicación de las secuencias estudiadas (estrella negra). Inferior: vista hacia el S (izquierda) y N (derecha) de las terrazas 1 y 3 del río Pastos Chicos en el sector estudiado.

LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS ESTUDIADAS EN PASTOS CHICOS

Los dos perfiles seleccionados para el análisis de diatomeas y otros proxies presentados en esta tesis, denominados 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 paleoambiental que representa el segmento compuesto solo por los Alomiembros A, B y C (ver FIGURAS 8.11 y 8.12). En la FIGURA 8.12 se ubican los Alomiembros y Alofacies mencionados, las dataciones realizadas y las 28 muestras obtenidas para dichos análisis.

Perfil Pastos Chicos 2

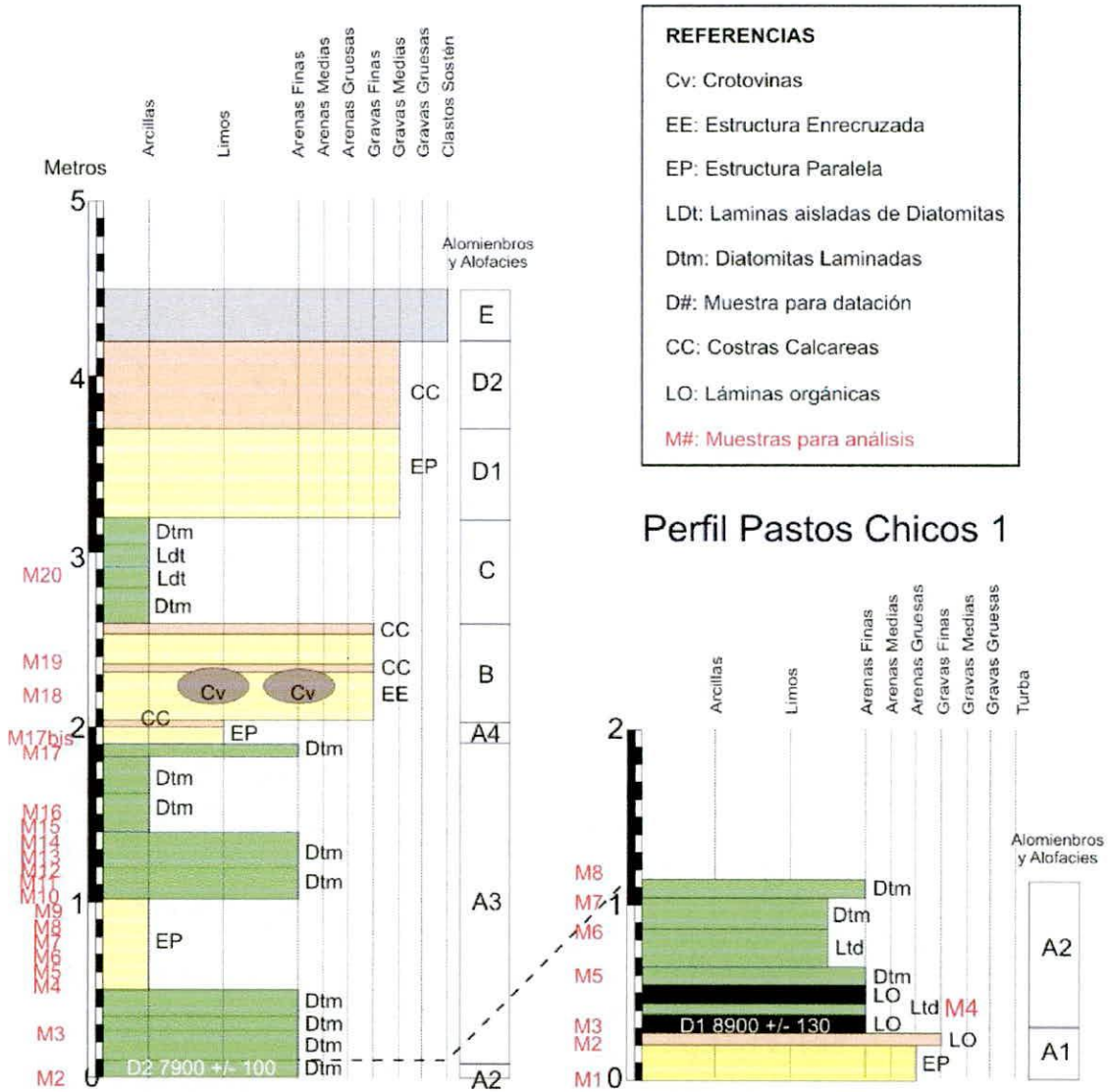


FIGURA 8.12. Esquema de los perfiles Pastos Chicos 1 y 2 indicando sus Alomiembros y alofacies, cronología, características sedimentarias y ubicación de las muestras obtenidas para los análisis paleoambientales.

Para una descripción completa de los Alomiembros y Alofacies que integran los perfiles estudiados se puede consultar el informe de Tchilinguirian (2008). (ver también FIGURAS 8.11, 8.12 y 8.13). Es menester mencionar algunos aspectos generales que tienen implicancias de naturaleza ambiental. Al respecto, las características de los sedimentos observados permiten establecer que:

- El Alomiembro A puede ser caracterizado como un ambiente de planicie aluvial estable con diferentes momentos en su desarrollo, a saber: a) las Alofacies A1 y A2 corresponden a un ambiente de planicie de inundación con desarrollo de turbas y un régimen de humedad permanente; b) la Alofacie A3 es compatible con un ambiente de planicie de inundación de muy baja energía y régimen permanente y c) la Alofacie A4 corresponde a una planicie de inundación árida.
- El Alomiembro B se presenta como un momento de presencia de una planicie aluvial con mantos eólicos.
- El Alomiembro C representa un ambiente con características adscribibles a una planicie aluvial efímera de baja energía.
- El Alomiembro D corresponde a un ambiente de una planicie aluvial, pero en este caso, de alta energía.
- El Alomiembro E corresponde a un proceso vinculado a la conformación de abanicos aluviales laterales.

En resumidas cuentas, la historia geológica de la Terraza 1 -la secuencia bajo estudio- presenta un claro predominio de la acción fluvial aunque con eventos de baja energía (particularmente en el Alomiembro A) vinculables a sistemas de tipo palustre, afines a endicamientos, lagunas de “collera de buey” o relictos de causes anastomosados. Los sedimentos sugieren que el segmento estudiado comenzó con el desarrollo de una planicie de inundación con régimen permanente (Alomiembros A y B), que progresivamente fue perdiendo energía (hacia el Alomiembro C), con una agradación sedimentaria rápida. Con posterioridad esta llanura de inundación parece haberse desecado en forma abrupta, el nivel de freática descendió y se desarrolló una costra calcárea hacia la Alomiembro D (Tchilinguirian 2008) (FIGURAS 8.12 y 8.13). Con este evento calcáreo culminó la agradación de la llanura de inundación húmeda y el río profundizó sus propios depósitos -posiblemente por un descenso en el nivel de base- y se desplazó hacia la zona central y más deprimida del valle.

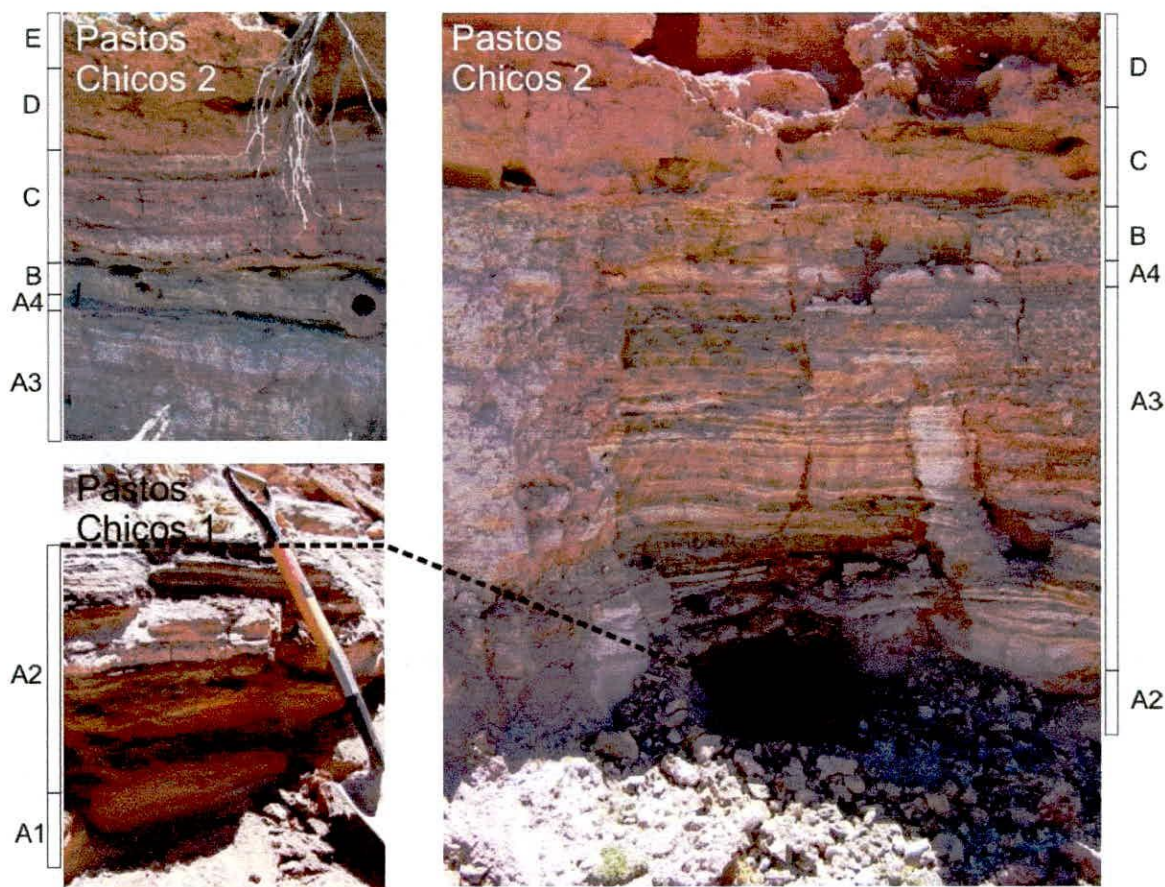


FIGURA 8.13. Vista de los perfiles Pastos Chicos 1 (abajo izquierda) y Pastos Chicos 2 (arriba izquierda y derecha) indicando los Alomiembros y Alofacies mencionadas, así como la relación estratigráfica entre ambos perfiles.

ALTO TOCOMAR

La vega de Alto Tocomar está ubicada en el noroeste de la Provincia de Salta a ~2 km del límite con la Provincia de Jujuy (W 66° 27' 13.8"; S 24° 12' 55.6", ~4300 msnm). Esta vega se alimenta de las aguas subsuperficiales y de deshielo de *permafrost* como se explicara oportunamente en el Capítulo 4 de esta tesis acerca del régimen de la vegas Altoandinas. El área de captación hídrica calculada para esta vega se aproxima a los 26 Km². Como se exhibe en las FIGURAS 8.6 y 8.14, los dos perfiles estudiados provienen de la Terraza II (Aloformaciones Alto Tocomar II y III, respectivamente), compuesta por sedimentos holocénicos datados entre ~9000 y 1900 años AP.

La ubicación de las 26 muestras tomadas para el estudio de diatomeas y las 60 para los análisis de la relación Carbón orgánico/Nitrógeno total (presentado en el apartado de *proxies* complementarios) está detallada en la FIGURA 8.15, donde también se presentan las 11 dataciones obtenidas entre ~8500 y 1900 años AP y las relaciones estratigráficas entre ambos perfiles.

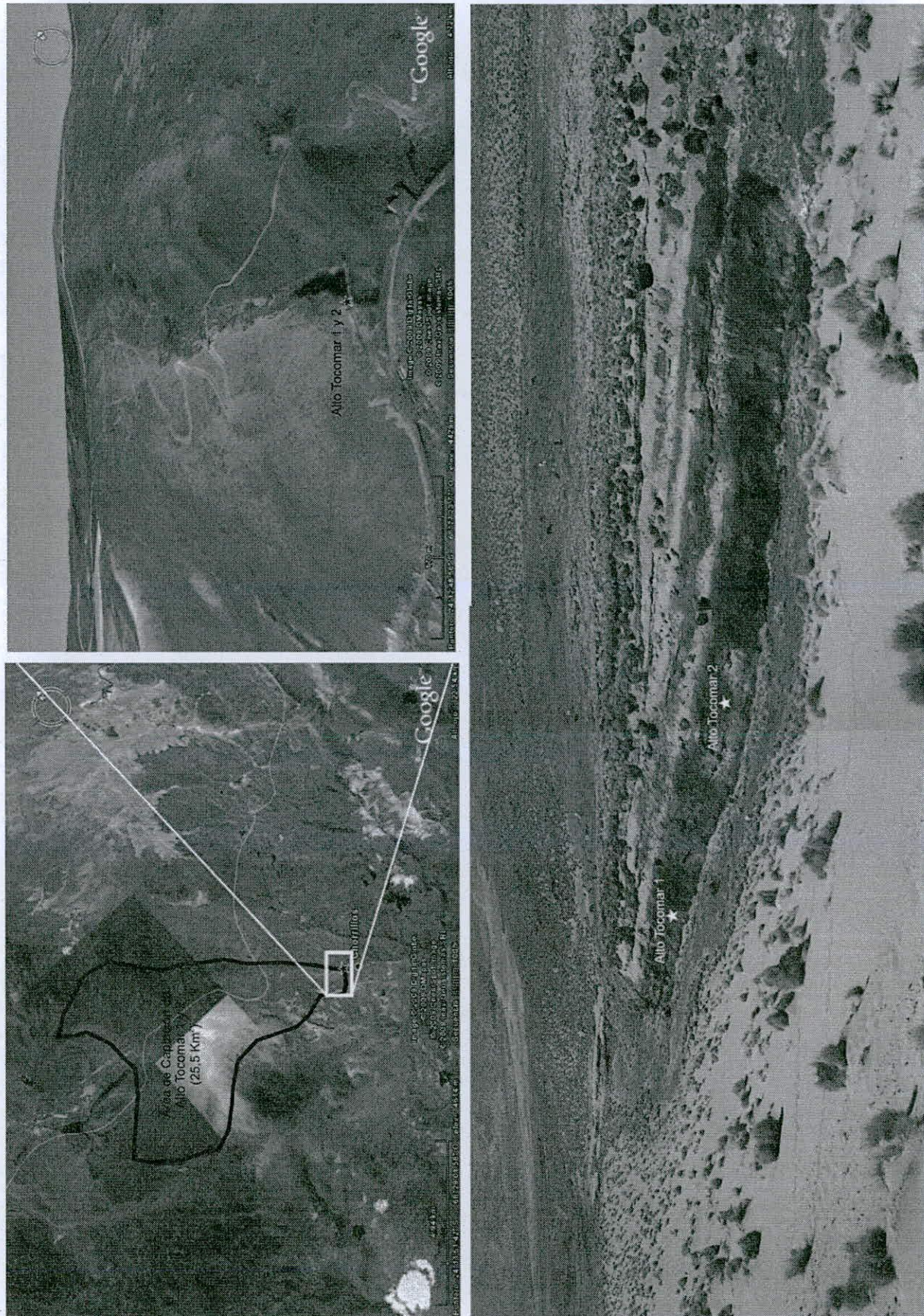


FIGURA 8.14. Arriba izquierda: área de muestreo de Alto Tocomar y su área de captación hídrica. Arriba derecha: detalle en perspectiva del sector superior de la vega de Alto Tocomar y ubicación de las secuencias estudiadas (estrella negra). Inferior: vista panorámica hacia el ESE de la vega (desde el sector superior hacia el inferior) y ubicación de las dos secuencias estudiadas en Alto Tocomar.

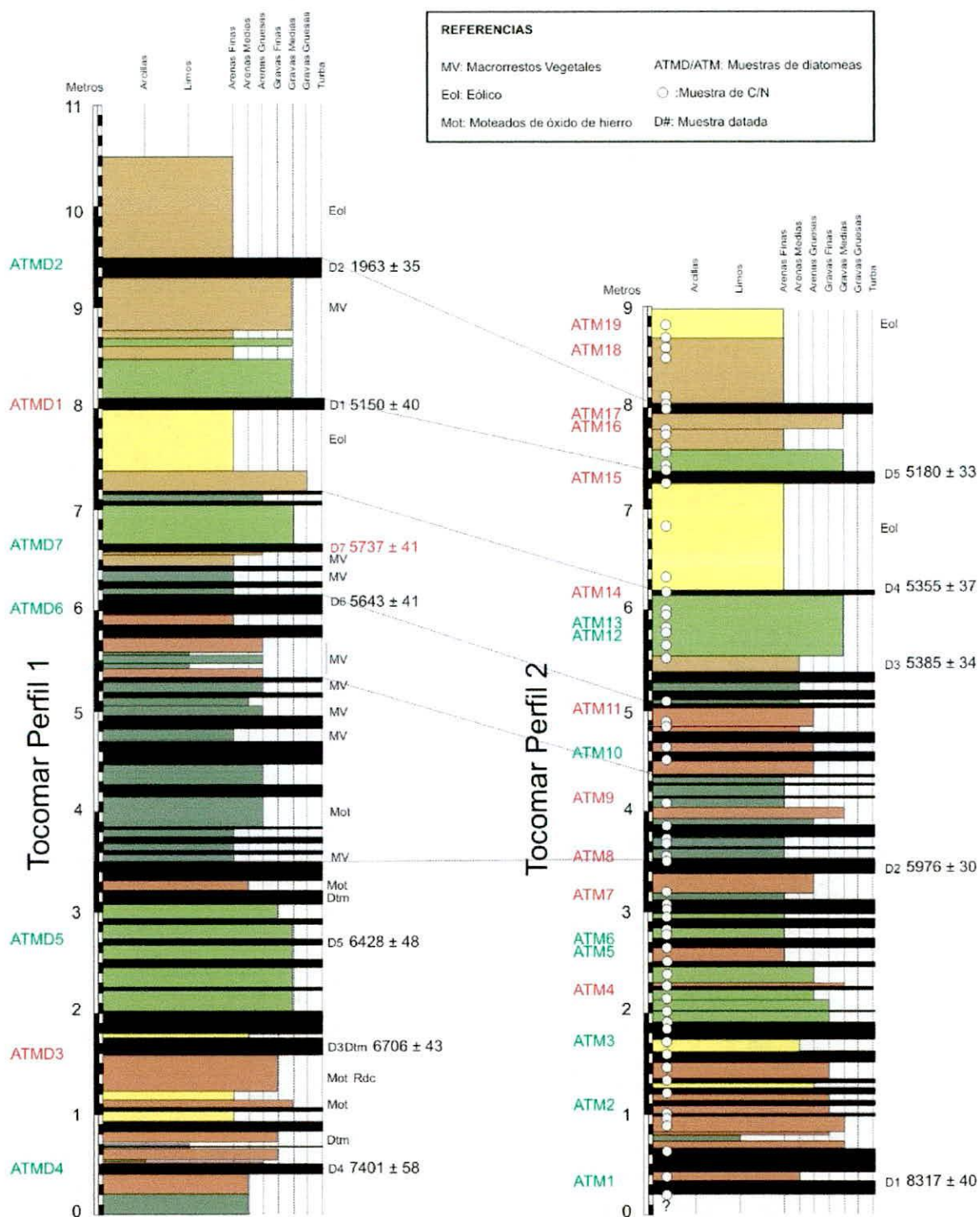


FIGURA 8.15. Esquemas de los perfiles Alto Tocomar 1 y 2 con la ubicación de las muestras datadas ,(en rojo una muestra descartada por inversión) las relaciones estratigráficas y la ubicación de las muestras tomadas para los estudios de diatomeas (en verde las que presentaron material y en rojo las estériles) y para los análisis del contenido de Corg/Ntotal (círculos blancos). Los colores aplicados a las facies representan la coloración de los sedimentos.

FECHADOS Y MODELOS CRONOLÓGICOS DE LOS REGISTROS ESTUDIADOS

Tomando como base los muestreos realizados en las secuencias estratigráficas descritas con anterioridad, se seleccionaron 21 muestras que fueron datadas por los métodos de radiocarbono tradicional y AMS. La procedencia de las muestreas, los resultados de estos análisis, y la calibración se citan en la FIGURA 8.16.

Muestra	Años AP (C14)	± años AP	δC13	-2 σ años cal. AP	+2 σ años cal. AP	Años cal. AP (Midpoint)	Fuente	Código Laboratorio
Alto Tocomar P1 D1	5150	40	-25.6	5753	5991	5872	Inédito Yacobaccio	AA79829
Alto Tocomar P1 D2	1963	35	-25.1	1828	1991	1910	Inédito Yacobaccio	AA79823
Alto Tocomar P1 D3	6706	43	-27.2	7499	7659	7579	Inédito Yacobaccio	AA79824
Alto Tocomar P1 D4	7401	58	-34.4	8048	8362	8205	Inédito Yacobaccio	AA79817
Alto Tocomar P1 D5	6428	48	-29.3	7271	7426	7349	Inédito Yacobaccio	AA79830
Alto Tocomar P1 D6	5643	41	-26.3	6313	6498	6406	Inédito Yacobaccio	AA79834
Alto Tocomar P1 D7	5737	41	-29.9	6414	6642	6528	Inédito Yacobaccio	AA79821
Alto Tocomar P2 D1	8317	40		9143	9462	9303	Inédito Schittek	Poz-21413
Alto Tocomar P2 D2	5976	30		6735	6893	6814	Inédito Schittek	Poz-21412
Alto Tocomar P2 D3	5385	34		6019	6284	6152	Inédito Schittek	Poz-21411
Alto Tocomar P2 D4	5355	37		6001	6274	6138	Inédito Schittek	Poz-21410
Alto Tocomar P2 D5	5180	33		5898	5994	5946	Inédito Schittek	Poz-21409
Lapao 1	7550	90		8182	8538	8360	Yacobaccio y Morales 2005	LP1025
Lapao 5 D1	9380	110		10265	11072	10669	Morales 2004	
Lapao 5 D2	8560	90		9319	9883	9601	Morales 2004	LP 1509
Lapao 5 D3	8380	100		9094	9640	9317	Morales 2004	LP 1518
Lapao 5 D4	7770	80		8391	8853	8622	Morales 2004	LP 981
Lapao 6	7750	40	-27.81	8433	8594	8514	Yacobaccio y Morales 2005	UGA8727
Lapao 7	8230	40	-25.28	9031	9396	9214	Yacobaccio y Morales 2005	UGA8728
Pastos Chicos 1 D1	8900	130	-27	9562	10246	9904	Inédito Yacobaccio	LP1837
Pastos Chicos 2 D2	7900	100	-27	8479	9010	8745	Inédito Yacobaccio	LP1836

FIGURA 8.16. Fechados radiocarbónicos mencionados en este capítulo y sus calibraciones con la curva IntCal.04

A partir de estos resultados se confeccionaron modelos cronológicos de edad/profundidad por interpolación lineal (Bennett 1994) sobre las fechas radiocarbónicas sin calibrar (años AP) y calibradas (años cal. AP), que permiten establecer una edad estimativa para cada una de las muestras analizadas. Estos modelos se construyen bajo el supuesto de que en dichas secuencias sedimentarias se registran tasas de sedimentación relativamente constantes entre las facies de las que se obtuvieron las dataciones. Cabe mencionar que los modelos de edad/profundidad -como su nombre lo indica- son hipótesis cronológicas que no implican edades absolutas para las muestras. En este sentido, si bien la precisión varía según el método aplicado, Bennett (1994) sugiere que el método de interpolación lineal es el más simple de los disponibles y suele presentar un ajuste aceptable entre las fechas estimadas y las efectivas, si los registros sedimentarios no muestran fuertes variaciones en las tasas de sedimentación entre las fechas disponibles.

Con este fundamento metodológico en mente, se describen las características principales de los modelos obtenidos en cada una de las secuencias bajo estudio.

En el caso de Lapao 5, es oportuno mencionar que las cuatro muestras destinadas a datación radiocarbónica fueron tomadas de manera tal que las dos facies que presentan características sedimentarias diferentes están acotadas cronológicamente, permitiendo así establecer tasas de sedimentación propias para cada una de ellas (aunque nótese en la FIGURA 8.17 que no son demasiado disímiles entre los diferentes segmentos del perfil).

En cuanto al modelo de la secuencia de Pastos Chicos, a pesar de que solo se cuenta con dos fechas, las características sedimentarias relativamente similares de los Alomiembros A, B y C (ver FIGURAS 8.6 y 8.15) permiten confiar en la fecha asignada tanto a cada una de las muestras analizadas, como a la de comienzo de la Alofacie D, que representa la ruptura más importante de la secuencia en términos de la naturaleza del ambiente de depositación.

Finalmente, para el caso de Alto Tocomar es necesario realizar una serie de aclaraciones:

A) sólo se han aplicado modelos de edad/profundidad sobre las muestras del Perfil 2, ya que todas las muestras analizadas en el Perfil 1 fueron datadas de manera directa. No obstante, ante la evidente inversión en uno de los fechados del Perfil 1 (D7, indicado en rojo en la FIGURA 8.15) se ha optado por aplicar este método a esta muestra resultando en una edad estimada en 5510 años AP (tasa 2,66 años/cm) o 6261 cal. AP (tasa 2,88 años/cm).

B) para el Perfil 2 se realizaron dos modelos de edad/profundidad utilizando las mismas dataciones, dado que fueron diferentes los intervalos de muestreo del material destinado a los análisis de diatomeas y el correspondiente a los de Corg/Ntotal. Consecuentemente, se presentan en la FIGURA 8.19 las fechas estimadas para las muestras correspondientes al primer tipo de análisis y en la FIGURA 8.20 las resultantes para los del segundo tipo.

C) se detectó un cambio importante en la tasa de sedimentación en el segmento más tardío de la secuencia de Alto Tocomar (ver FIGURA 8.19) compatible con la evidencia provista por los sedimentos observados en los perfiles analizados (ver FIGURA 8.15). Al respecto, el factor desencadenante de este cambio habría sido la transición entre las tasas de acumulación elevadas derivadas de procesos acrecionales intercalados entre desarrollos de suelos y las posteriores, más bajas, vinculadas a la actividad eólica. No obstante, esta discontinuidad no afecta los modelos cronológicos propuestos, ya que el inicio de este cambio en el régimen sedimentario de la secuencia fue datado confiablemente (ambos perfiles tienen fechas coincidentes) y la única muestra analizada por encima de este límite cuenta con una datación directa.

Las fechas resultantes de los modelos de edad/profundidad mencionados se presentan en la FIGURA 8.17, para el caso de Lapao 5, FIGURA 8.18 para Pastos Chicos y FIGURAS 8.19 (diatomeas) y 8.20 (Corg/Ntot) para Alto Tocomar.

Muestra	Profundidad	Tasa años/cm	Años AP (Modelo)	Años AP (Fecha)	± Años AP	Tasa años cal./cm	Años cal. AP (Modelo)	Años cal. AP (Mid point)	Observaciones
Lapao Techo	0		7043				6516		
Md11	40	7.27	7334			21.06	7358		
Md10	80		7625				8201		
Md9	100			7770	80			8622	LP 981
Md8	120	7.27	8140			21.06	9043		
Md7	133			8380	100			9317	LP 1518
Md6	145	3.47	8494			14.95	9577		
Md5	152			8560	90			9601	LP 1509
Md4	170		8661				10104		
Md3	190	5.65	8774			9.05	10217		
Md2	210		8886				10330		
Md1	230		8999				10443		
Lapao Base	270			9280	100			10669	

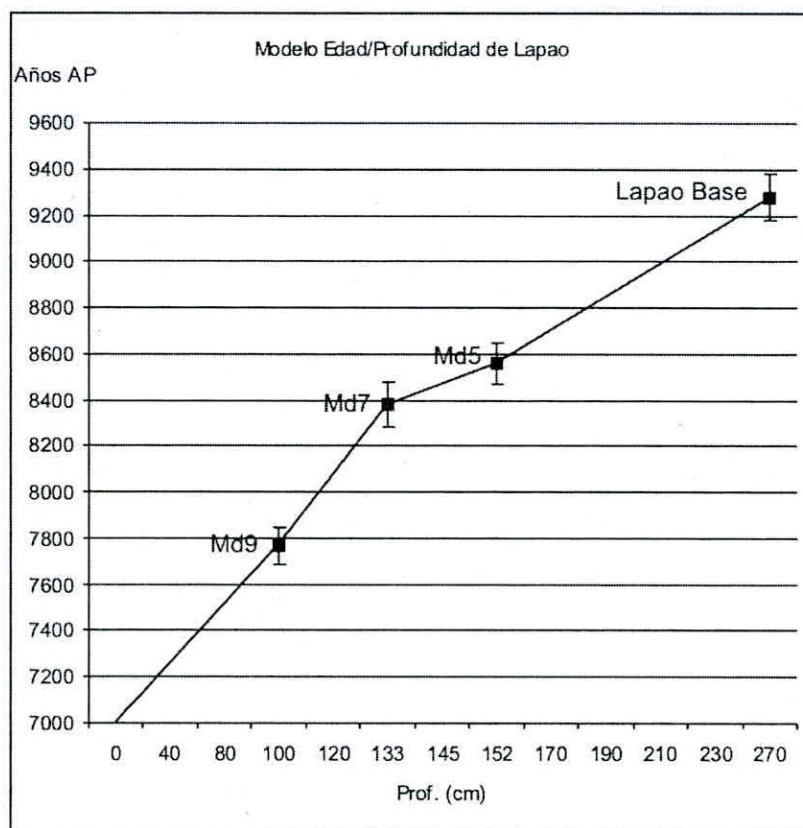


FIGURA 8.17. Dataciones radiocarbónicas y fechas estimadas AP y cal. AP para cada una de las muestras analizadas en Lapao5 (arriba) obtenidas a partir del modelo de edad/profundidad (abajo).

Muestra	Altura	Años AP (Modelo)	Años AP (Fechas)	± Años AP	Años cal. AP (Modelo)	Años cal. AP (Midpoint)	Observaciones
PCH2 M20	402	4636			4959		
PCH2 M19	362	5095			5493		
PCH2 M18	331	5452			5906		
PCH2 M17bis	311	5682			6172		
PCH2 M17	308	5716			6212		
PCH2 M16	280	6038			6585		
PCH2 M15	270	6153			6719		
PCH2 M14	260	6268			6852		
PCH2 M13	250	6383			6985		
PCH2 M12	240	6498			7119		
PCH2 M11	230	6613			7252		
PCH2 M10	220	6728			7385		
PCH2 M9	210	6843			7518		
PCH2 M8	200	6957			7652		
PCH2 M7	190	7072			7785		
PCH2 M6	180	7187			7918		
PCH2 M5	170	7302			8051		
PCH2 M4	168	7325			8078		
PCH2 M3	142	7624			8425		
PCH2 M2	118		7900	100		8745	LP 1836
PCH1 M8	118	7900			8745		Por correl. estratigráfica
PCH1 M7	108	8015			8878		
PCH1 M6	91	8210			9104		
PCH1 M5	63	8532			9478		
PCH1 M4	33	8877			9877		
PCH1 M3	31		8900	130		9904	LP 1841
PCH1 M2	20	9130			10171		
PCH1 M1	0	9256			10317		

Tasa de sedimentación PCH 11,49 años AP/cm y 13,32 años cal. AP/cm

FIGURA 8.18. Dataciones radiocarbónicas y fechas estimadas AP y cal. AP de cada una de las muestras de Pastos Chicos obtenidas a partir del modelo de edad/profundidad inferido de la tasa de sedimentación citada.

Muestra	Profundidad	Tasa años/cm	Años AP (Modelo)	Años AP (Fecha)	± Años AP	Tasa años cal./cm	Años cal. AP (Modelo)	Años cal. AP (Midpoint)	Observaciones
ATM19	0		Actual				Actual		
ATM18	50	20.66	1033			20.10	1005		
ATM17	95			1963	35			1910	Por relación estratigráfica
ATM16	116	48.01	2971			60.25	3175		
ATM15	162			5180	33			5946	Poz-2 1409
ATM14	270			5355	37			6138	Poz-2 1410
ATM13	300	0.65	5375			0.30	6147		
ATM12	316			5385	34			6152	Poz-2 1411
ATM11	390		5580				6418		
ATM10	435	2.64	5699			2.96	6537		
ATM9	480		5818				6637		
ATM8	540			5976	30			6814	Poz-2 1412
ATM7	570		6218				7071		
ATM6	620		6622				7500		
ATM5	670	8.07	7025			8.58	7930		
ATM4	703		7292				8213		
ATM3	725		7469				8401		
ATM2	785		7954				8916		
ATM1	830			8317	40			9303	Poz-2 1413
Base	855	8.07	8519			8.58	9517		

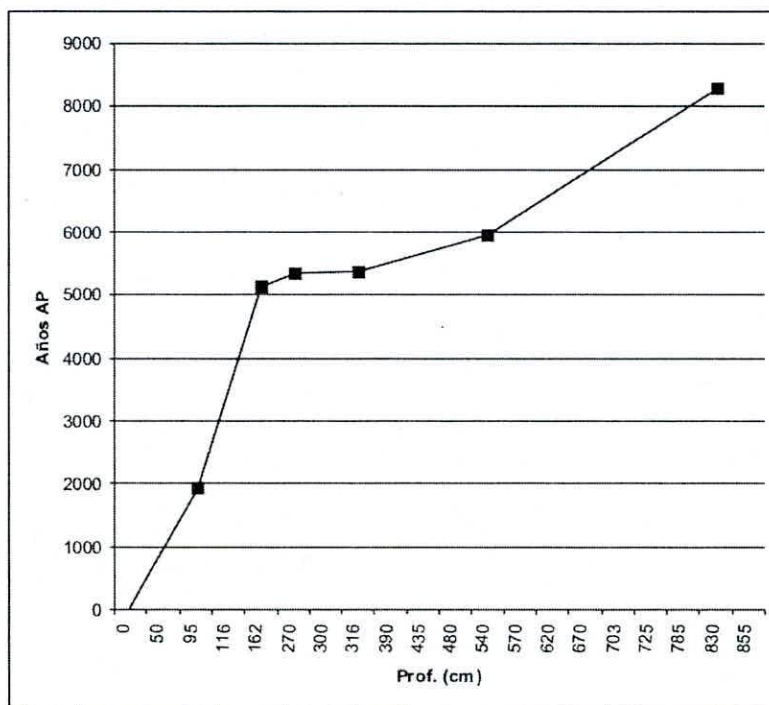


FIGURA 8.19. Dataciones radiocarbónicas en fechas estimadas AP y cal. AP para cada una de las muestras analizadas de diatomeas del Perfil 2 de Alto Tocomar (arriba) obtenidas a partir del modelo de edad/profundidad (abajo).

Profundidad	Corg/Ntot	Tasa años AP/cm	Años AP (Modelo)	Años AP (Fecha)	+/- Años AP	Tasa años cal. AP/cm	Años cal. AP (Modelo)	Años cal. AP (Midpoint)
0	6.162081414		Actual				Actual	
25	7.923626465		517				503	
35	11.92714962		723				704	
40	7.508222032	20.66	827			20.10	804	
50	4.612804026		1033				1005	
90	8.356495359		1860				1809	
95	6.389081199			1963	35			1910
100	7.984727624		2203				2211	
115	4.976328814		2924				3114	
116	4.430369873	48.01	2972			60.25	3175	
145	5.170333774		4364				4922	
155	12.98574539		4844				5524	
162	17.07305127			5180	33			5946
175	8.617619828	1.62	5201			1.77	5969	
220	6.281962245		5274				6049	
270	10.47503045			5355	37			6138
275	16.4244067		5358				6139	
280	12.67878992		5362				6141	
300	20.12441885	0.65	5375			0.30	6147	
302	8.367838019		5376				6147	
315	10.54359391		5384				6151	
316	6.808246339			5385	34			6152
340	11.85402614		5448				6222	
355	16.98628655		5488				6267	
390	4.413545936		5580				6370	
415	16.04044511		5646				6444	
428	12.38867046		5680				6483	
435	23.23476569	2.64	5699			3	6503	
445	14.04844409		5725				6533	
457	16.7452719		5757				6569	
480	9.295687979		5818				6637	
490	10.42822276		5844				6666	
500	15.741328		5870				6696	
540	17.08997587			5976	30			6814
555	7.455067015		6098				6943	
570	21.69214273		6219				7071	
590	11.25603978		6380				7243	
600	15.73678076		6461				7329	
610	7.862930916		6542				7415	
620	17.82178105		6622				7500	
625	8.80875014		6663				7543	
645	16.65695734		6824				7715	
665	13.72866559		6985				7887	
670	18.06109988		7026				7930	
682	25.04276654		7123				8033	
700	19.9986001	8.07	7268			8.58	8187	
703	0.30816094		7292				8213	
720	7.668171217		7429				8359	
725	18.08652854		7470				8401	
728	7.180418012		7494				8427	
730	21.76148558		7510				8444	
745	10.5206835		7631				8573	
760	23.44851397		7752				8702	
775	8.269326977		7873				8831	
780	14.16728099		7914				8873	
785	10.75706096		7954				8916	
790	9.727080283		7994				8959	
815	7.777803704		8196				9174	
830	5.930242961			8317	40			9303
855	18.72639694	8.07	8519				9517	

FIGURA 8.20. Dataciones radiocarbónicas y fechas estimadas AP y cal. AP para cada una de las muestras analizadas de la relación Corgánico/Ntotal (segunda columna) a partir del modelo de edad/profundidad de la Figura 8.18.

ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS DE DIATOMEAS

QUEBRADA DE LAPAO

COMPOSICIÓN GENERAL DE LA FLORA DE LOS LOCI MUESTREADOS EN Q. LAPAO.

A partir de los análisis realizados en los cinco perfiles de quebrada de Lapao se identificaron en total 66 especies y sub-especies de diatomeas. La composición porcentual de cada muestra se detalla en las Tablas 1 y 2 del Anexo del Capítulo 8 y las especies más frecuentes en cada *locus* se enumeran y analizan a continuación.

En las 11 muestras analizadas en el perfil Lapao 5 se identificó la presencia de 49 especies de diatomeas. Los géneros mejor representados en términos de su abundancia relativa fueron los del grupo de las fragilariaceas (*Staurosira*, *Staurosirella*, *Pseudoestauroira*, *Fragilaria*, *Tabularia* y *Ulnaria*) -dominando la flora de 8 muestras y co-dominando en la de 4. El género *Amphora* (particularmente *A. veneta* y *A. tucumana*, ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 1 y 3) dominó la flora de 3 muestras y co-dominó la de 2. Cabe mencionar otras dos especies que también fueron muy frecuentes en el material: *Cocconeis placentula* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 18 y 19) y *Cymbella cistula* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 24), las cuales co-dominaron la flora de 3 muestras en cada caso (ANEXO DEL CAPÍTULO 8, TABLA 1). A partir de la aplicación de un análisis de agrupamiento por valores de correlación (Pearson r) constreñido y ordenado por profundidad, fue posible establecer en el registro de Lapao 5 tres zonaciones con floras disímiles (FIGURA 8.21).

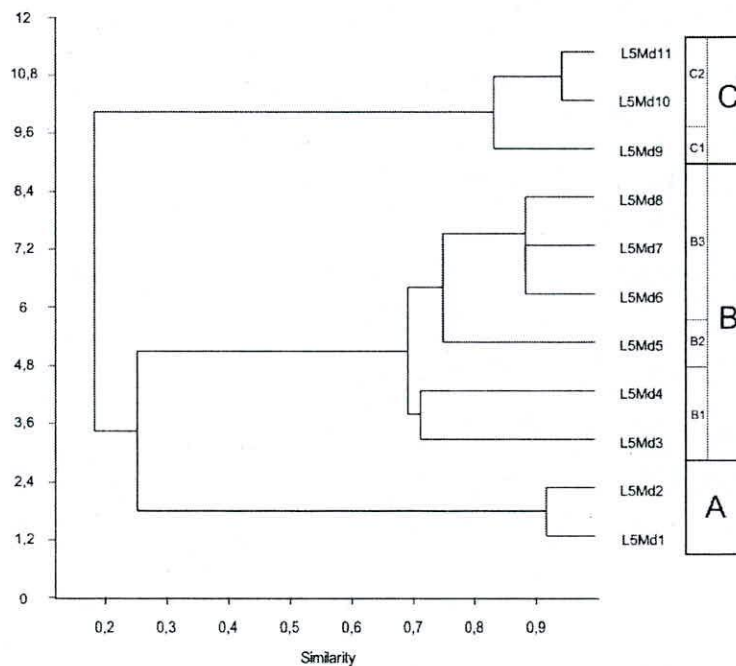


FIGURA 8.21. Análisis de agrupamiento por correlación constreñido por la profundidad de Lapao 5.

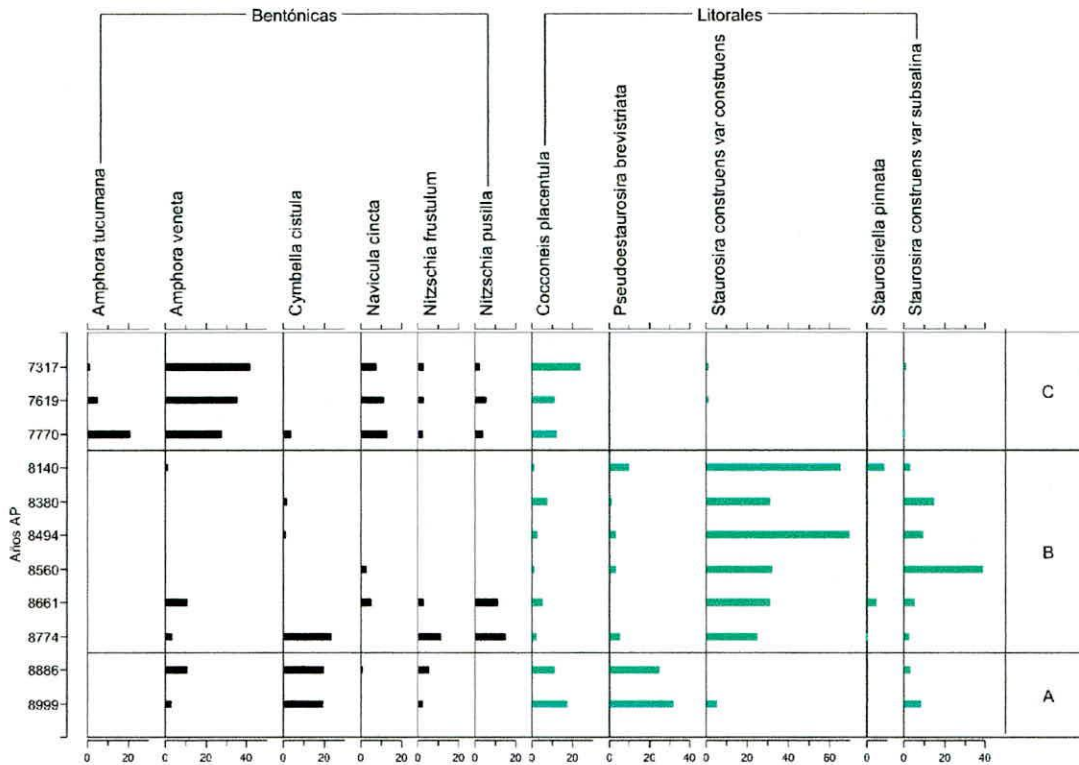


FIGURA 8.22. Fluctuación en la abundancia relativa de las especies más representativas en el registro de Lapao 5. En el margen derecho se indican las zonas definidas por el análisis de agrupamiento por correlación constreñido por la profundidad de la Figura 8.21.

Como se ha mencionado oportunamente, estas zonaciones han permitido inferir cambios en las características de los ambientes en los que las diatomeas vivieron y, posteriormente, se depositaron. Por esta razón a continuación se describe la flora observada en cada zona.

La zona A, se encuentra dominada por las especies de forma de vida litoral (indicadas en verde en la FIGURA 8.22) *Cocconeis placentula* y *Pseudoetaurosira brevistriata* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 14 y FOTOS 8.2 3), recordando la composición observada en los estudios actualísticos realizados en 2004 en Laguna Pululos. Esta zona presentó también, aunque en menor medida, representantes de formas de vida bentónica (ej. *Cymbella cystula* y especies de los géneros *Navicula* y *Nitzschia*).

La zona B, que se trata del segmento más extenso del registro en términos de la similitud de su composición florística, se caracterizó por un incremento notable en la presencia de especies de forma de vida litoral (FIGURA 8.22), particularmente debido al aumento en la frecuencia de la especie *Staurosira construens* var. *venter* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.2 1) acompañada por *Staurosira construens* var. *subsalina* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.2 2), en detrimento de las de forma de vida bentónicas (indicadas en negro en la FIGURA 8.22, ej. *Nitzschia* spp.).

Finalmente, se distingue una tercera zona -la C- ampliamente dominada por especies de forma de vida bentónica, particularmente *Amphora veneta* y *Amphora tucumana* (FIGURA 8.22).

Teniendo en cuenta las relaciones estratigráficas sugeridas con anterioridad entre Lapao 5 y Lapao 9, no resulta extraño que en las tres muestras analizadas en este último *locus* se observara una fuerte presencia de fragilariáceas dominando la flora de dos muestras y co-dominando la restante (dominada por *Amphora veneta*). A su vez, *Cocconeis placentula* co-dominó en las dos muestras comandadas por fragilariáceas, mientras que las especies *Epithemia adnata* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 30) y *Ulnaria acus* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 16) presentaron una abundancia importante en L9B (ANEXO DEL CAPÍTULO 8, TABLA 2). La relación entre ambos perfiles se observa claramente en el análisis de agrupamiento por correlación de la FIGURA 8.23, en donde las muestras L9A, B y C resultan más similares a muestras particulares de Lapao 5 (con valores de correlación significativos, $p < 0.05$) que entre sí.

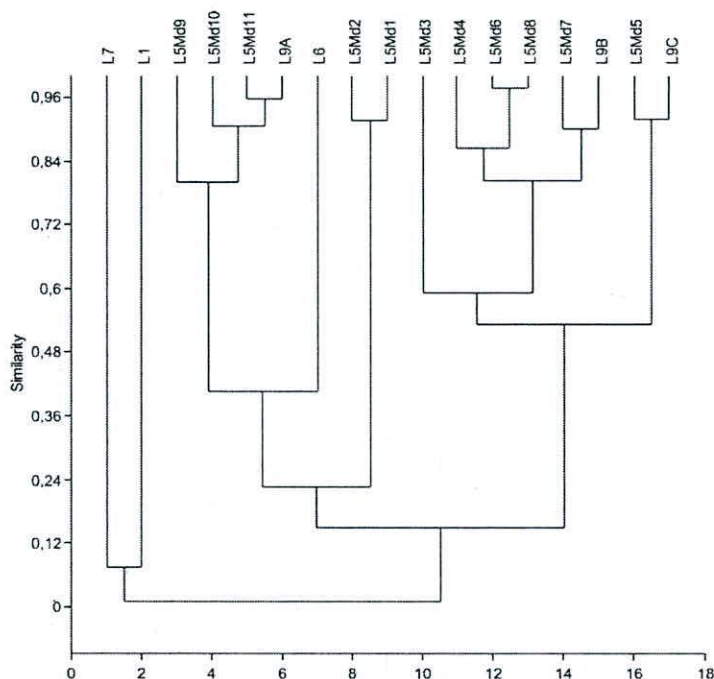


FIGURA 8.23. Análisis de agrupamiento por valores de correlación de todas las muestras analizadas en la Quebrada de Lapao.

Al respecto se observa una clara relación entre L9A (la muestra superior) con el sector superior de Lapao 5 -la zona C-, mientras que las dos restantes -L9B (la intermedia) y L9C (la inferior)- son afines a muestras particulares de la zona B (L5Md7 y L5Md5, respectivamente) respetando el orden estratigráfico (FIGURA 8.23).

Según se observa en la FIGURA 8.23 las flora de las muestras aisladas analizadas en los perfiles L7, L1 Y L6 resultan claramente distintas entre sí, aunque la composición de la última (zona L6) es similar a la de la muestras L9A y las correspondientes a la zona C de Lapao 5 (L5Md9, L5Md10 y L5Md11).

En el caso de la muestra analizada en Lapao 7 (datada en 8230 ± 40 AP) se observa la dominancia de la dupla de géneros *Epithemia-Rhopalodia*, compatible con lo observado en los estudios actualísticos realizados en la laguna de agua dulce Rincón de las Cajas. En este caso, la especie dominante fue *Epithemia adnata* (22,5%) y las co-dominantes *Rhopalodia gibberula* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 31) y *Denticula elegans* (15%) (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 9). Entre las especies que mostraron frecuencias considerables se cuentan *Pinnularia viridis* (9,5%) (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 10), *Rhopalodia constricta* (8%), *Nitzschia vitrea* (6%) y *Navicula cincta* (5%) (ANEXO DEL CAPÍTULO 8, TABLA 2).

En la muestra analizada en Lapao 1 (datada 7550 ± 90 AP), en cambio, se consolida la dupla de los géneros *Navicula-Nitzschia*, que ha sido registrada en una amplia variedad de ambientes actuales que van de dulces a salobres y valores de pH alcalinos. La especie dominante en Lapao 1 fue *Navicula cincta* (40%) y las co-dominantes fueron *Diademsis gallica* (17,5%), seguida por *Nitzschia frustulum* (16%) (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 27), *Nitzschia perspicua* (7%) y *Staurosirella brevistriata* (5%) (ANEXO DEL CAPÍTULO 8, TABLA 2).

Finalmente, la flora de la muestra Lapao 6 (7750 ± 40 AP) estuvo ampliamente dominada por el género *Amphora*. En este sentido, *Amphora tucumana* fue la especie dominante con el 32% y *Staurosira construens* var. *venter* (14,5%), *Amphora veneta* (9,5%), *Cocconeis placentula* (8%), *Anomeoneis sphaerophora* (6,5%) (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 23), *Hantzschia amphyoaxis* (6%) (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 32), *Navicula cincta* (5,5%) fueron la co-dominante y frecuentes, respectivamente (ANEXO DEL CAPÍTULO 8, TABLA 2). Asimismo, cabe observar la coincidencia cronológica entre esta muestra y las asociadas por el cluster de la FIGURA 8.23, adscribibles a fechas posteriores al 7770 AP (observar el eje Y de la FIGURA 8.22 en el que se ha incluido el modelo de edad/profundidad del apartado anterior)

INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL DE LAS SECUENCIAS DE LAPAO 5, LAPAO 9 Y MUESTRAS DE PERFILES ASOCIADOS

A partir de la zonación de flora y de los parámetros ecológicos principales de las diatomeas de la secuencia de Lapao 5, representados en la FIGURA 8.24, es posible derivar una serie de consideraciones paleoambientales que se abordan a continuación.

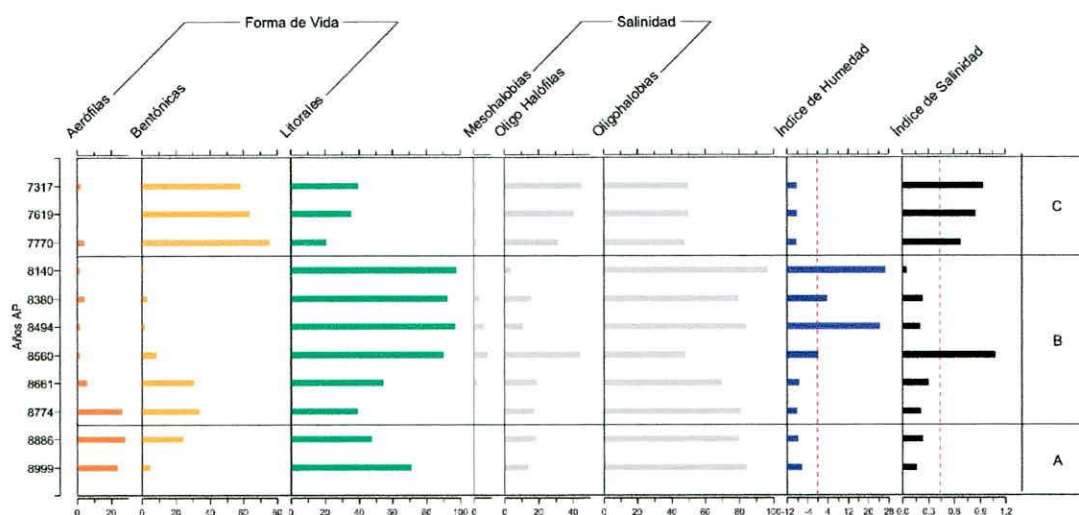


FIGURA 8.24. Fluctuación de las abundancias relativas de las especies de Lapao 5 agrupadas en función de su forma de vida, tolerancia a la salinidad, índices de humedad (en valores de anomalía) y salinidad. Las líneas rojas indican el valor medio y las letras a la derecha del gráfico indican las zonaciones de la flora.

En términos generales el estudio de diatomeas de Lapao 5 sugiere que el registro analizado corresponde a un humedal que alternó entre el desarrollo de vegas (moderada a profusamente vegetadas) y un sistema palustre somero irregularmente disponible en el tiempo. En este sentido, el momento de máxima humedad –en forma de un cuerpo de agua somero con amplias áreas litorales- se registra entre ~8600 y 8100 AP (segunda mitad de la zona B). Asimismo, este humedal presentó características variables en cuanto a su salinidad y pH según lo sugerido por las especies detectadas en el estudio.

El período que abarca la zona A, es decir entre ~9000 y 8900 AP, es compatible con las características de un ambiente de vega moderadamente vegetado sugerido por la alta frecuencia de especies litorales como *Stausosira brevistriata* y *Cocconeis placentula*, acompañadas por taxones bentónicos como *Cymbella cistula*.

Como se puede observar en los gráficos de los índices de la FIGURA 8.24, parecieran instalarse a lo largo de la zona B condiciones más húmedas, particularmente a partir del 8600 AP. No obstante, las condiciones de máxima humedad registradas entre 8500 y 8100 AP -que pudieron traducirse en la presencia de un sistema palustre somero- no parecen haber sido constantes, ya que se observa -al menos- un claro momento más seco entorno al 8400 AP y otros más húmedos hacia el ~8500 AP y el 8100 indicados por el aumento de frecuencia de especies litorales como *Stausosira construens* var. *veneter*.

Finalmente, en la zona C -y en un lapso menor a los 400 años- se produjo un cambio sustancial en las características del ambiente, en el que vuelven a consolidarse condiciones más secas que las de la zona B. Esta última zona, ampliamente dominada por especies bentónicas

como *Amphora veneta* acompañadas por especies epifíticas como *Cocconeis placentula*, puede ser caracterizada como correspondiente a un humedal -probablemente una vega- profusamente vegetado y periódicamente¹⁸ encharcado y desecado- según indican los valores de los índices de humedad y salinidad¹⁹.

Estas condiciones se mantienen en la secuencia de Lapao 5, al menos, hasta el ~7300 AP. Si tomamos en consideración las características sedimentarias del segmento inmediatamente superior a la última muestra analizada, esencialmente idénticas a las tres muestras analizadas de la zona C, y lo incluimos al modelo de edad profundidad (ver FIGURA 8.17, fecha Lapao Techo) probablemente se pueda establecer esta la interrupción final del depósito hacia el 7040 AP.

En cuanto a las muestras procedentes de Lapao 9, como ya hemos mencionado, confirman las características ambientales observadas en la Lapao 5 y se configuran como las expresiones marginales de los procesos ocurridos hacia el centro de la cuenca. Así, L9C muestra condiciones similares al primer momento de aridez de la zona B de Lapao 5, datado hacia 8560 AP, aunque el dominio de *Staurosira construens* var. *subsalina* es más marcado en L9C (>50%, TABLA 2 DEL ANEXO DEL CAPÍTULO 8) sugiriendo condiciones levemente más salobres adscribibles a un sector más marginal del evento observado en la secuencia principal. De la misma manera, L9B es compatible con el segundo momento de retracción del humedal, datado en 8380 AP en Lapao 5. En este caso, en L9B se observa una flora notablemente similar a la de del mismo evento de Lapao 5 pero reflejando condiciones más litorales, según lo indica una menor abundancia de la especie *Staurosira construens* var. *venter* y un aumento de litorales epifíticas como *Cocconeis placentula* (ver TABLAS 1 Y 2 DEL ANEXO DEL CAPÍTULO 8). Finalmente, el caso de L9A representa el área marginal del humedal de la zona C, siendo particularmente afín a la flora de la muestra de ~7300 AP de Lapao 5, aunque con mayor abundancia de especies epifíticas como en el caso anterior (ver TABLAS 1 Y 2 DEL ANEXO DEL CAPÍTULO 8).

La información provista por las muestras aisladas analizadas en los perfiles de Lapao 6, 7 y 1, al igual que lo aportado por la secuencia de Lapao 9, brindan información importante para comprender situaciones cronológicamente puntuales de las áreas marginales del humedal evidenciado por Lapao 5 y sus características a lo largo del tiempo.

Así, la muestra analizada en Lapao 6, no solo muestra una flora comparable con la de la zona C de Lapao 5, sino que la fecha radiocarbónica obtenida de 7750 ± 40 AP la refiere específicamente como una zona marginal de la muestra de 7770 ± 80 AP de Lapao 5, siendo las únicas que comparten abundancias importantes (mayor aún en el caso de L6) de la especie

¹⁸ Con "periódicamente" se hace referencia a la ocurrencia de "eventos recurrentes" de frecuencia e intensidad relativamente similar.

¹⁹ Los niveles relativamente elevados de salinidad pueden estar indicando ciclos de desecación periódica (que concentran sales) en un marco de humedad como el sugerido por los valores del índice de humedad.

bentónica *Amphora tucumana*. En los casos de Lapao 7 y Lapao 1, la interpretación de sus resultados resulta más compleja, ya que no se registra una relación evidente entre su flora y la de los estudios realizados en la margen opuesta de la Quebrada de Lapao en los *loci* 5, 6 y 9. Al respecto, sabemos que las taxocenosis de diatomeas pueden presentar un fuerte grado de heterogeneidad en distancias relativamente cortas (ej. Rijstenbil *et al.* 1993), por lo que la falta de correlación entre las floras mencionadas no resulta sorprendente. No obstante, las características ambientales sugeridas para los *loci* 1 y 7, datados en 7550 ± 90 y 8230 ± 40 , respectivamente, permiten sugerir de manera preliminar que los mismos también pueden ser manifestaciones marginales de los procesos registrados en la secuencia principal estudiada (Lapao 5).

En el caso de la muestra de Lapao 7, la coexistencia de abundancias importantes de especies como *Epithemia adnata* y *Rhopalodia gibberula*, asociadas a *Denticula elegans*, permiten inferir un ambiente de vega moderadamente vegetada, alcalina rica en P y probablemente pobre en N. Esto se desprende de lo sugerido por Stevenson y Pan (1999:22) y Hall y Smol (1999) quienes mencionan que las especies de estos tres géneros son particularmente abundantes cuando existe un déficit de Nitrógeno en los cursos de agua, y más aún si las mismas son ricas en fosfatos. Particularmente *Rhopalodia gibberula* fue considerada por Fritz *et al.* (1999:53) como una especie halófila y alcalífila, usual en momentos de déficit hidrológico. Si tomamos como parámetro estas características y la cronología de esta muestra, que la ubica entre las de ~ 8400 y 8100 AP analizadas en Lapao 5 -que evidencian un momento de retracción del humedal en el primer caso y de recuperación en el segundo- las características del ambiente sugerido por esta muestra es compatible con un sector marginal de un momento de transición entre ambos eventos de Lapao 5, en el marco del momento de mayor extensión del humedal (a partir de la mitad de la zona B).

Dada la falta de información sobre las afinidades ecológicas de gran parte de las especies identificadas en Lapao 1, se hace dificultoso realizar inferencias paleoambientales. Al respecto, la escasa información ecológica disponible sugiere que la muestra correspondería a una vega levemente alcalina con una buena disponibilidad de nutrientes. La abundancia de *Diadesmis gallica*, tolerante a bajas intensidades lumínicas, sugiere un ambiente parcialmente sombreado, posiblemente por la presencia de vegetación (Kligmann 2009). Así, la presencia de un humedal hacia el 7550 AP en la margen opuesta del registro de Lapao 5, en el que la zona C muestra un desarrollo de este tipo, permite de manera preliminar inferir que ambas vegas pueden haber pertenecido al mismo sistema. Finalmente, si tomamos como parámetro que la turba muestreada en Lapao 1 se interrumpe por una discontinuidad erosiva (ver FIGURA 8.10) no apareciendo suelos posteriores en dicho perfil, resulta plausible que el depósito de este humedal se interrumpiera por

la retracción del ambiente, coincidiendo temporalmente con las condiciones más secas de la zona C de Lapao 5 (~7300 AP).

PASTOS CHICOS

COMPOSICIÓN GENERAL DE LA FLORA DE LOS PERFILES 1 Y 2 DE PASTOS CHICOS.

En las muestras recuperadas de los dos perfiles estudiados en la localidad de Pastos Chicos se pudo identificar un total de 150 taxones a nivel específico y sub-específico. Su composición porcentual en cada una de las muestras estudiadas de esta localidad se detalla en las Tablas 3, 4 y 5, (Pastos Chicos 1) y 6, 7 y 8 (Pastos Chicos 2) del Anexo del Capítulo 8.

En general, y de manera similar a lo sucedido en la localidad de Lapao, en ambos perfiles de Pastos Chicos se destacó el grupo de las fragilariaceas (ver *supra*) en la flora de ambos perfiles. No obstante, en este caso, también fueron frecuentes las especies del género *Nitzschia*, acompañado por *Navicula* en Pastos Chicos 2, y por *Achnanthes Denticula*, *Encyonema* y *Rhopalodia* en Pastos Chicos 1.

En el caso de las ocho muestras correspondientes a Pastos Chicos 1, el género *Staurosira* dominó la flora de cuatro muestras (*S. construens* var. *subsalina* en tres y *S. construens* var. *venter* en una). En el resto, lo hicieron *Pseudostaurosira. brevistriata*, *Tabularia fasciculata*, *Navicula lauca* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 11) y *Achnanthidium thermalis* var. *rumrichorum* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 4 y FOTOS 8.2 5). Otras especies mostraron frecuencias importantes a lo largo del registro, entre ellas se puede mencionar a *Staurosirella pinnata* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.2 4), *Nitzschia valdecostata*, *Frankophila similoides* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.2 6), *Encyonema neogracile* y *Denticula kuetszingii* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 17) (ver TABLAS 3, 4 Y 5 DEL ANEXO DEL CAPÍTULO 8).

En el caso de las 20 muestras procedentes de Pastos Chicos 2, las fragilariaceas dominaron en 9 muestras (*S. construens* var. *venter* en cinco y tanto *Staurosirella. pinnata* como *Pseudostaurosira. brevistriata* en dos). Por su parte, el género *Navicula* dominó la flora de 7 muestras (*N. parinacota* en dos, *N. libonensis* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 13) en otras dos y *N. lauca*, *N. salinicola* var. *salinicola* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 12) y *N. salinicola* var. *atacamensis* lo hicieron en una ocasión cada una) y *Nitzschia* en dos (en ambos se trató de *N. valdecostata*). Otras dos especies dominantes en las muestras de Pastos Chicos 2 fueron *Planothidium delicatulum* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 5) y *Achnanthes thermalis* var. *rumrichorum*, mientras que entre los taxones frecuentes a lo largo del registro se pueden mencionar *Staurosira construens* var. *subsalina*, *Rhopalodia gibberula*, varias especies del género *Nitzschia* (como *N. palea* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 8), *N. vitrea*, *N.*

liebertrutii, *N. hungarica*, *N. commutata* [ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 20] y *N. amphibia* [ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 25]), *Hantzschia elongata*, *Fragilaria capucina* var. *vaucheria*, *Brachysira neoexilis* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 21) y *Amphora veneta* (ver TABLAS 3, 4 Y 5 DEL ANEXO DEL CAPÍTULO 8).

En este caso, ya que se cuenta con un análisis geomorfológico detallado de la secuencia (Tchilingirian 2008) que permitió definir depósitos diferentes, se ha decidido describir a continuación la flora según las Alofacies y Alomiembros identificados (ver *supra*).

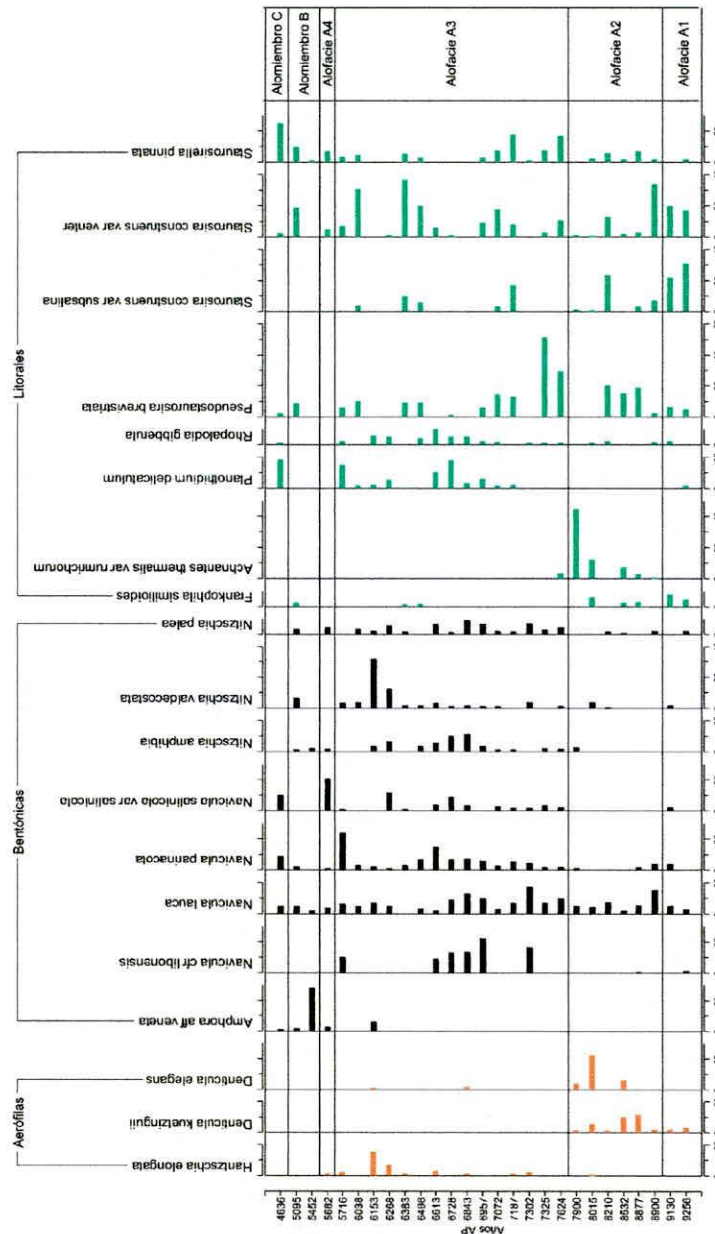


FIGURA 8.25. Fluctuación en la abundancia relativa de las especies más representativas en los perfiles Pastos Chicos 1 y Pastos Chicos 2. En el margen derecho se indican las Alofacies y Alomiembros definidos por Tchilingirian (2008).

La Alofacie A1 (~9250 a 9100 AP) se caracteriza por la dominancia de dos especies litorales del género *Staurosira* (*S. construens* var. *venter* y *S. construens* var. *subsalina*) y una escasa presencia de taxones bentónicos y aerófilos (FIGURA 8.25).

En la Alofacie A2, si bien continúan dominando las especies litorales, sus representantes han estado representados fundamentalmente por *Pseudostaurosira brevistriata* y *Achnanthis thermalis* var. *rumrichorum*, acompañadas por las especies de *Staurosira* antes mencionadas y por una mayor frecuencia de taxones aerófilos como *Denticula elegans* y *D. kuetzingii* (FIGURA 8.25).

La Alofacie A3 se caracteriza por la intercalación de muestras donde dominan el grupo *Staurosira-Pseudostaurosira-Staurosirella*, con otras que presentan alternativamente abundancias importantes de otras formas litorales, epifíticas, como *Planithidium delicatulum* y *Rhopalodia gibberula* acompañados de taxones bentónicos y zonas en las que dominan taxones bentónicos como *Navícula parinacota* y *Nitzschia valdecostata* (FIGURA 8.25).

En la Alofacie A4 y Alomiembros B y C las especies dominantes en cada caso resultan diferentes. En A4 dominan las especies bentónicas como *Nitzschia valdecostata*. En el caso de la Alomiembro B, en la primera muestra dominan los taxones bentónicos, en este caso *Amphora veneta*, mientras que en la segunda los litorales, comandados por *Staurosira construens* var. *venter*. Finalmente, en la Alomiembro C, se presentan abundantes los taxones litorales *Planithidium delicatulum* y *Staurosirella pinnata* (FIGURA 8.25).

INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL DEL REGISTRO COMPUESTO POR LOS PERFILES PASTOS CHICOS 1 Y 2.

El análisis de las afinidades ecológicas de las diatomeas recuperadas de los dos perfiles que conforman el registro de Pastos Chicos, incluyendo los índices calculados a partir de ellas (FIGURA 8.26) sugieren, en general, la presencia de dos momentos ambientales diferentes a lo largo del registro.

El primero de ellos corresponde a un ambiente relativamente estable y húmedo, al menos entre ~9300 y 7000 AP (hasta mediados de la Alofacie A3, línea roja en la FIGURA 8.26). Este ambiente puede ser caracterizado en términos generales como un humedal con amplias áreas litorales vegetadas, interrumpido, al menos, por un pulso de retracción y/o desecación hacia el ~8000, que se evidencia por la anomalías negativas en el gráfico del índice de humedad (flechas amarillas en la FIGURA 8.26)

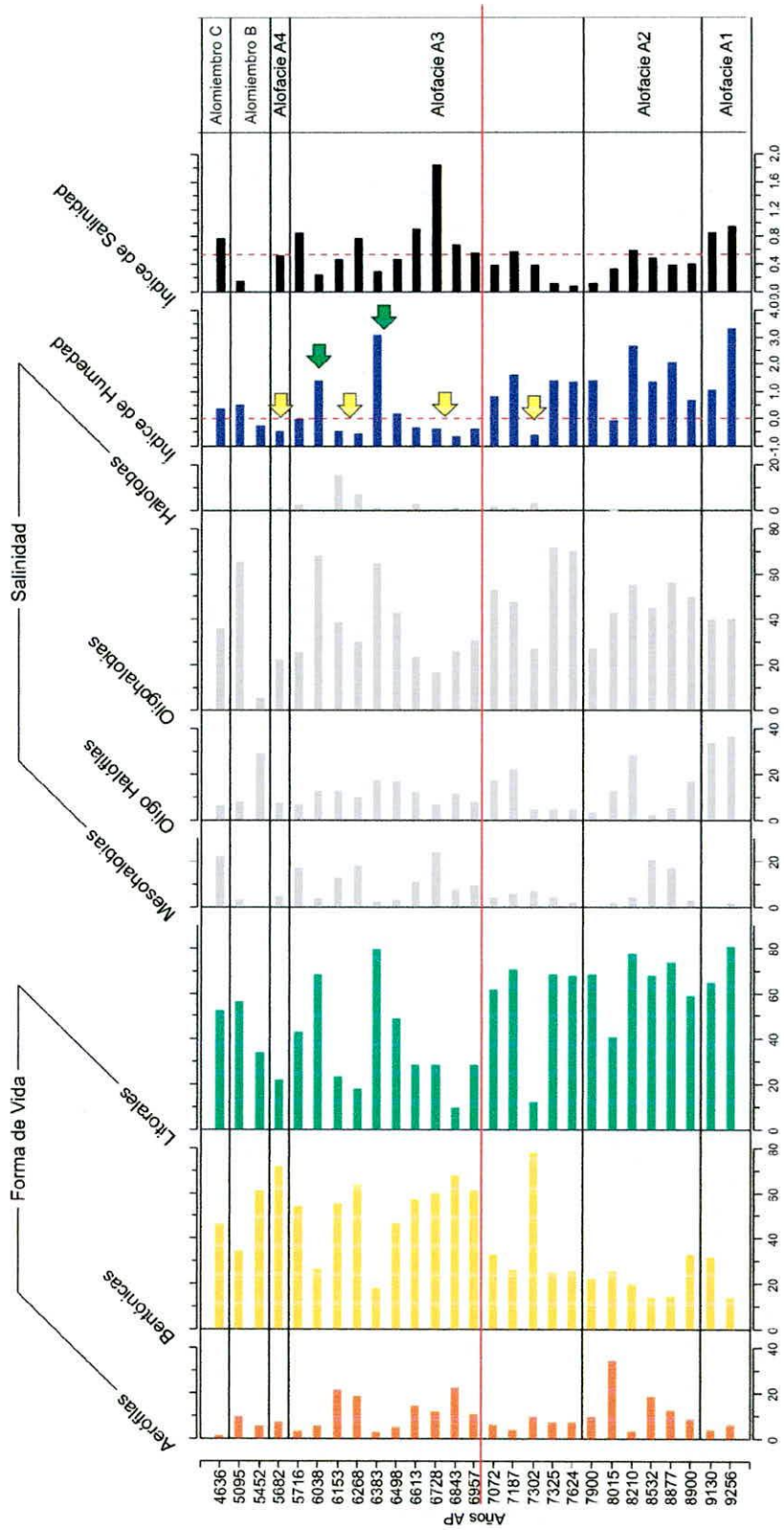


FIGURA 8.26. Fluctuación de las abundancias relativas de las especies agrupadas en función de sus afinidades ecológicas en la secuencia de Pastos Chicos (incluyendo ambos perfiles) en cuanto a su forma de vida; tolerancia a la salinidad, índice de humedad (expresado en valores de anomalía) e índice de salinidad (la líneas rojas punteadas indican el valor medio en cada caso).

En cambio, los ensambles de diatomeas sugieren que el ambiente durante el segundo periodo habría sido un humedal considerablemente más seco y salobre interrumpido por episodios puntuales de humedad como los registrados hacia ~6400 y ~6000 AP (flechas verdes).

En particular, el amplio dominio de un grupo de fragilariceas litorales (ver FIGURAS 8.25 y 8.26), ampliamente tolerantes a fluctuaciones en la salinidad en las muestras correspondientes a la Alofacie A1 –al final de la primer mitad del Holoceno Temprano – sugiere la presencia de un humedal con un área litoral importante y fluctuaciones en el tenor salino, entre el ~9300 y 9100 AP.

El lapso comprendido por la Alofacie A2, presenta condiciones ambientales similares a A1, aunque en general, levemente más secas según lo indicado por el aumento en la frecuencia de las especies aerófilas. En este segmento se registra, además, un evento particularmente seco entorno al 8000 AP, que correspondería al momento más seco detectado en la crono-zona del holoceno Temprano.

Las condiciones inferidas a partir del análisis de las diatomeas coinciden en términos generales con la caracterización realizada por Tchilinguirian (2008) a partir de los sedimentos para las Alofacies A1 y A2, que corresponde a la de un ambiente de planicie de inundación con desarrollo de turbas y un régimen de humedad permanente.

En lo que concierne a la Alofacie A3 es posible identificar dos momentos ambientalmente diferentes. El primero de ellos, presenta condiciones similares, a las Alofacies A1 y A2, y corresponde al lapso ~7900-7000 AP. Durante este momento se registro un evento particularmente seco, hacia el ~7300 AP. A partir del ~7000 AP y hasta el final de la Alofacie A3, entorno al 5700 AP, predominan condiciones más secas que son la característica que identifica el segundo momento ambiental. En el marco de estas condiciones se observan dos eventos con condiciones relativamente más húmedas, el primero entre ~6500 y 6400 AP y el segundo, alrededor del 6000 AP (flechas verdes en la FIGURA 8.26). Es destacable, también, la persistencia en esta alofacie de condiciones particularmente secas, probablemente el período más seco de la secuencia, entre ~6600 y 6800 AP indicado tanto por el aumento de especies aerófilas como por los valores del índice de salinidad (FIGURA 8.26).

En cuanto a las Alofacies A4, B y C, las inferencias que se pueden realizar sobre ellas deben ser tomadas con cautela dado que están representadas por una o dos muestras cada una. No obstante, las condiciones sugeridas por la Alofacie A4 correspondientes a un ambiente árido y poco vegetado, coincidente con el ambiente interpretado por Tchilinguirian (2008) como un momento transicional entre las condiciones preexistentes y un ambiente de planicie de inundación árida.

ALTO TOCOMAR

COMPOSICIÓN GENERAL DE LA FLORA DE LOS PERFILES 1 Y 2 DE ALTO TOCOMAR.

De las 27 muestras recuperadas de los dos perfiles de Alto Tocomar (siete del perfil 1 y veinte del perfil 2, ver FIGURA 8.15) solo 13 presentaron material para el análisis de diatomeas (5 del Perfil 1 y 8 del perfil 2). Las razones por las que una muestra puede resultar estéril en términos de su contenido de diatomeas son diversas, incluyendo la presencia de actividad química, biológica y procesos sedimentarios particulares (Straub 1980). En este caso, dado que buena parte de las facies muestreadas presentan matrices de clastos gruesos (arena gruesa y/o gravas, según el caso), se considera que es esperable que el potencial de preservación de diatomeas sea bajo o nulo en dichas muestras. No obstante, y gracias a la abundancia de fechas disponibles que permitieron desarrollar un modelo de edad/profundidad confiable y las evidentes relaciones estratigráficas existentes entre ambos perfiles, ha sido posible fusionar ambos grupos de muestras en un único registro paleoambiental.

Una vez más, y de manera similar a lo sucedido en Lapao y Pastos Chicos el grupo de las fragilariaceas ha sido el más frecuente en las muestras analizadas. Sin embargo, en este caso, las especies más importantes en cuanto a su proporción relativa han sido *Fragilaria capucina* var. *vaucheria* y *Staurosirella pinnata*, dominando la flora en 5 muestras en cada caso (ver TABLAS 9 Y 10 DEL ANEXO DEL CAPÍTULO 8). Las tres muestras restantes han sido dominadas alternativamente por *Planotidium lanceolatum* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 6), *Navicula lauca* y *Epithemia adnata*. Otras especies frecuentes a lo largo del registro han sido *Rhopalodia gibba*, *Planotidium delicatulum*, *Naviculadicta chilensis*, *Luticola mutica* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 7), *Ulnaria acus* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 15), *Eunotia bilunaris* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 29), *Encyonema minutiforme*, *Amphora veneta* y *Amphora copulata* (ANEXO CAPÍTULO 8, FOTOS 8.1 2)(ver TABLAS 9 Y 10 DEL ANEXO DEL CAPÍTULO 8).

De la misma manera que en el caso de Lapao se ha recurrido a un análisis de agrupamiento por valores de correlación constreñido y ordenado (en este caso por las fechas absolutas y las derivadas del modelo de edad/profundidad), para establecer las zonaciones de la flora. Los resultados de este análisis se presentan en el dendrograma de la FIGURA 8.27.

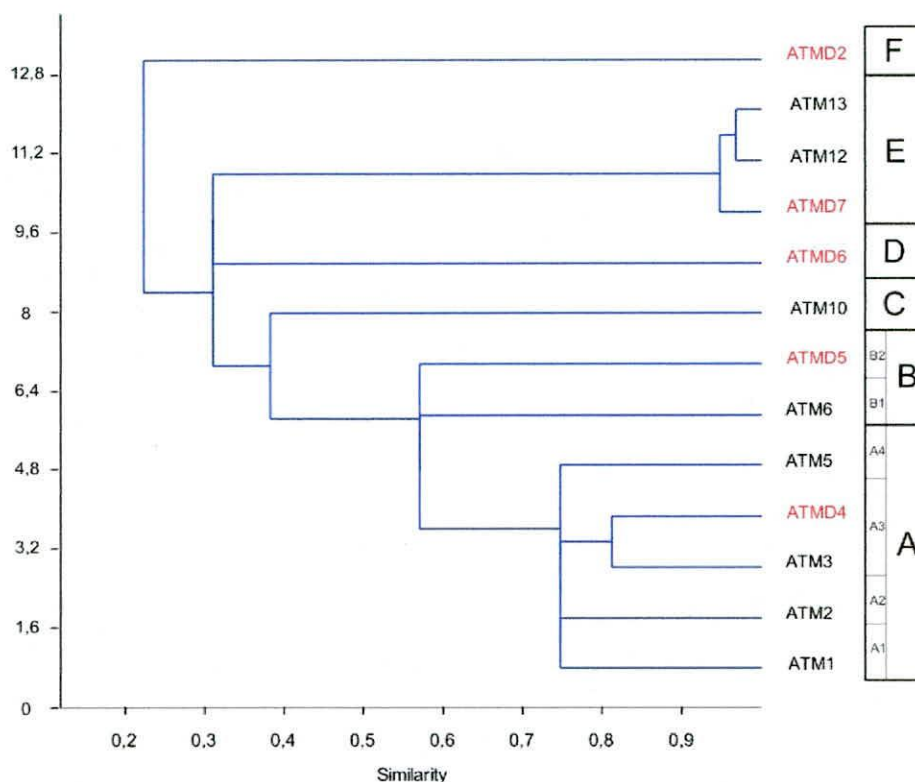


FIGURA 8.27. Análisis de agrupamiento por valores de correlación constreñido por las fechas absolutas y las derivadas del modelo edad/profundidad incluyendo las muestras de los perfiles 1 (rojo) y 2 (negro) de Alto Tocomar.

Como se puede observar en la FIGURA 8.28, cuatro de las cinco zonas identificadas estuvieron ampliamente dominadas por taxones de forma de vida litoral. No obstante, se observaron frecuentes cambios en las especies dominantes en cada una de ellas.

En la zona A dicha afinidad fue ampliamente representada por taxones como *Fragilaria capuccina* var. *vaucheria* y dos especies del género *Planothidium* (*P. delicatulum* y *P. lanceolatum*) acompañados de taxones bentónicos como *Navicula lauca* y "*Naviculadicta*" *chilensis*.

En la zona B, la frecuencia de *Fragilaria capuccina* var. *vaucheria* se redujo a favor de *Staurosirella pinnata* y *Ulnaria acus*, evidenciándose, además, un leve descenso en la frecuencia de taxones de forma de vida bentónica (particularmente "*Naviculadicta*" *chilensis*) y la desaparición de los taxones aerófilos.

La zona C, por su parte, mostró una menor frecuencia de especies de afinidad litoral, comandadas en este caso por *Epithemia adnata*, acompañada de *Ulnaria acus* y en menor medida por *Fragilaria capuccina* var. *vaucheria*, ambos representantes del género *Planothidium*, *Rhopalodia gibba* y taxones bentónicos como *Amphora veneta* y *Amphora copulata*, entre otros.

En el caso de la zona D, la única muestra que la representa estuvo ampliamente dominada por la presencia de *Staurosira construens* var. *venter* y en menor medida por *Ulnaria acus*, acompañadas por escasos representantes de forma de vida bentónica.

La zona E, manifestó un nuevo cambio en la flora del registro, consolidándose como un momento notablemente estable en términos de abundancias relativas donde dominó ampliamente *Staurosirella pinnata* acompañada de *Fragilaria capucina* var. *vaucheria*.

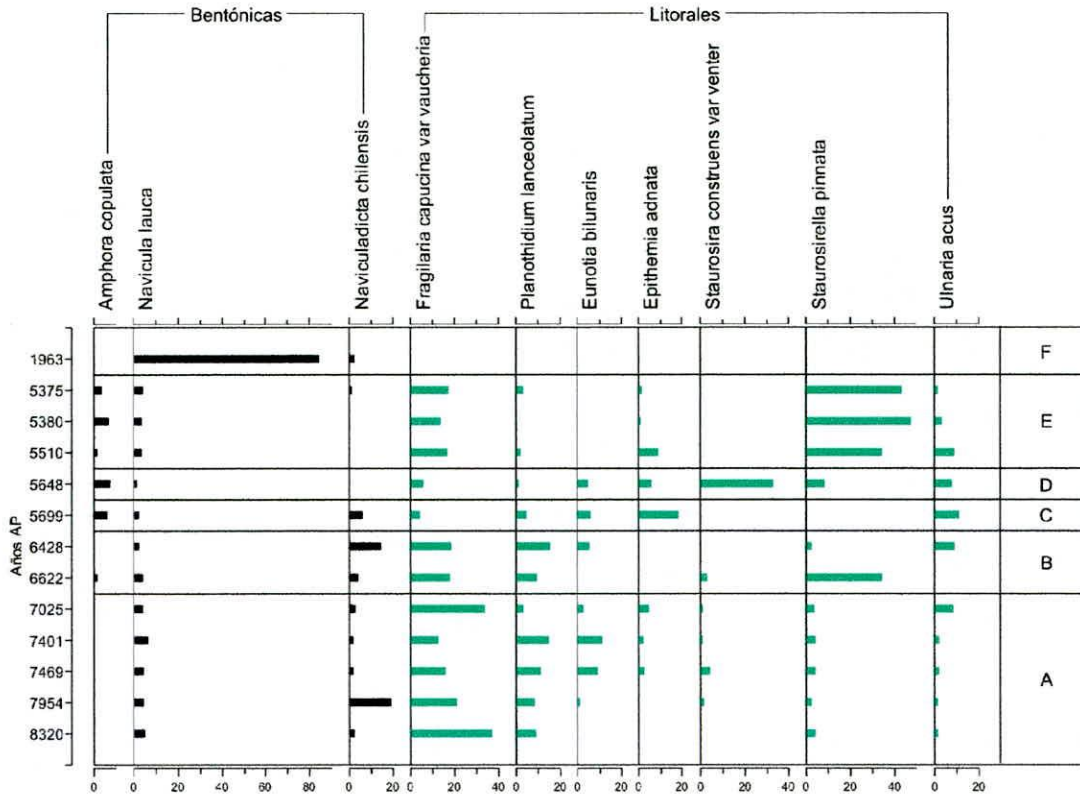


FIGURA 8.28. Fluctuación en la abundancia relativa de las especies más representativas en la secuencia de Alto Tocomar.

Finalmente, la zona F fue la única en que se observó la ausencia de taxones de forma de vida litoral. En esta muestra la dominancia absoluta de la flora estuvo dada por especies de forma de vida bentónica como *Navicula lauca*, y en mucho menor medida "*Naviculadicta*" *chilensis*.

INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL DEL REGISTRO COMPUESTO POR LOS PERFILES ALTO TOCOMAR 1 Y 2.

Las características paleoambientales inferidas a partir del análisis de la secuencia de Alto Tocomar muestran una serie de particularidades que son dignas de mención y que se discutirán

incluyendo al resto de los *proxies* analizados en el último apartado de este capítulo. Por esta razón, a continuación sólo se describen las características generales de los momentos ambientales inferidos a partir del análisis de diatomeas de la secuencia.

En términos generales el registro de diatomeas de Alto Tocomar sugiere tres momentos ambientalmente diferentes. El primero, comprendido entre ~8300 y 7000 AP -zona A- muestra condiciones asimilables a un humedal profusamente vegetado y estable, pero levemente más seco que el del segundo momento, entre ~7000 y 5400 AP. Éste, si bien más húmedo que el anterior, pareciera haber estado sujeto a una mayor inestabilidad ambiental ya que muestra cambios frecuentes en las especies dominantes, incluyendo entre ellas algunas vinculadas a momentos de déficit hídrico (*Ephitemia adnata*) o tolerantes a variaciones amplias en el tenor salino del medio (*Staurosirella pinnata*). El tercer momento estaría representado por una sola zona y muestra, la F datada en ~2000 AP, que muestra un ambiente escasamente vegetado y mucho más seco que los mencionados con anterioridad.

En particular, las floras que dominan las zonas A –coincidente con el primer momento ambiental, entre ~8200 a 7000 AP- mostró una flora estable en cuanto a su composición, aunque presentando variaciones en las abundancias relativas de los taxones dominantes. Como se ha mencionado anteriormente, las condiciones inferidas para este momento se refieren a un ambiente relativamente estable en cuanto a su humedad aunque levemente más salobre hacia los niveles iniciales de la secuencia.

La zona B (~6600 y 6400 AP) se configura, en términos de su composición florística, como la transición entre el primer y segundo momento ambiental. Esto se infiere a partir de la presencia conjunta de taxones dominantes durante el momento previo (*Fragilaria capuccina* var. *vaucheria* y los dos especies del género *Planothidium*) y los que lo serán en el posterior (*Staurosirella pinnata*, *Staurosira construens* var. *venter* y *Ulnaria acus*).

Las zonas C y D, muestran la variabilidad en las floras dominantes a la que se hacía referencia para el segundo momento ambiental. En el primer caso –zona C, ~5700 AP- su composición (dominada por *Ephitemia adnata*) e índices de humedad y salinidad indican condiciones levemente más secas y salobres posiblemente relacionadas a un evento de déficit hídrico. La zona D (~5650 AP), por su parte, sugiere condiciones más húmedas que las anteriores y las menos salobres de la secuencia. Cabe notar, si tomamos como referencia las edades obtenidas del modelo edad/profundidad que el cambio en la composición de ambas zonas, y consecuentemente en sus características ambientales, sucedió en un lapso aproximado de 50 años (FIGURA 8.29).

El lapso comprendido entre ~5500 y 5400, representado por la zona E, a diferencia de lo observado en los casos antes mencionados muestran una notable similitud en la composición de su flora, indicando, en promedio, el momento más húmedo de la secuencia.

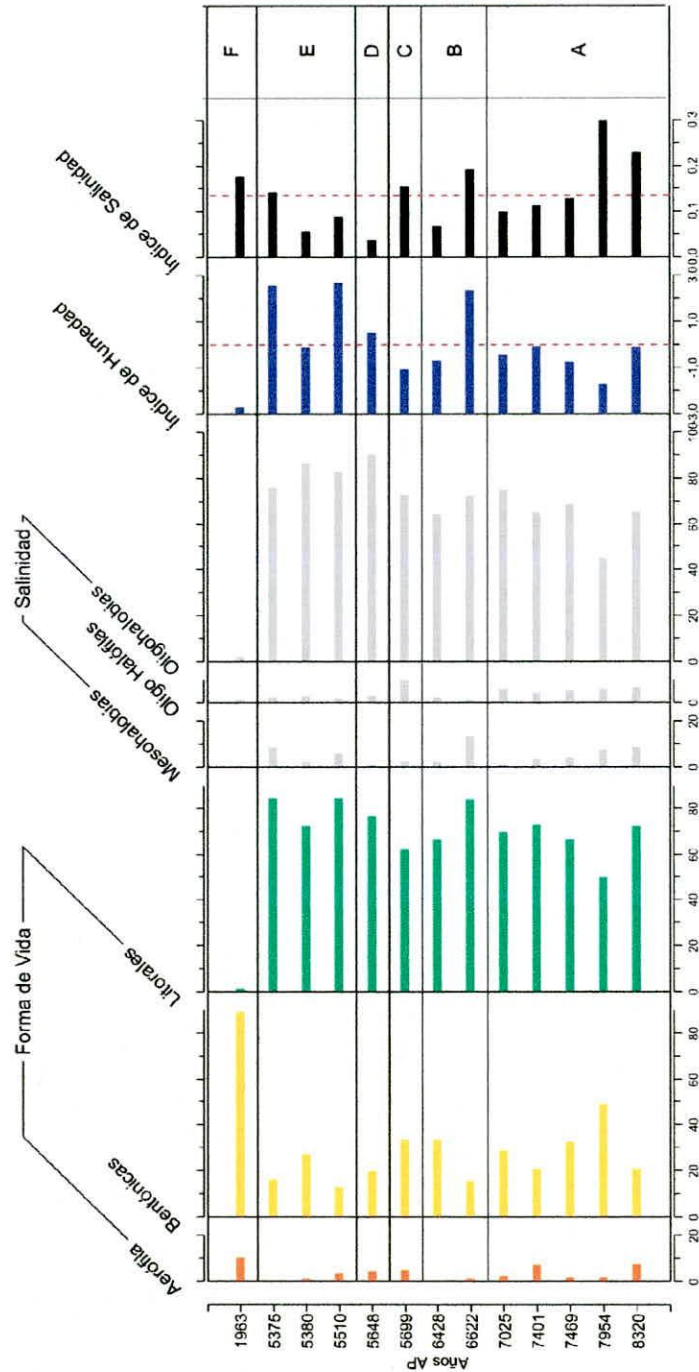


FIGURA 8.29. Fluctuación de las abundancias relativas de las especies agrupadas en función de sus afinidades ecológicas en la secuencia de Alto Tocomar (incluyendo ambos perfiles) en cuanto a su forma de vida, tolerancia a la salinidad, índices de humedad (expresado en valores de anomalía) y salinidad. Las líneas rojas indican los valores medio de los índices y las letras a la derecha del gráfico las zonas de la flora.

En contraposición, la zonas F (~2000 AP) que constituye el tercer momento ambiental, muestra una modificación sustancial en las afinidades de las diatomeas que componen su flora, sugiriendo un ambiente salobre y el más seco de la secuencia estudiada.

RESULTADOS PALEOAMBIENTALES DE PROXIES COMPLEMENTARIOS

ANÁLISIS POLÍNICOS DE LAS SECUENCIAS DE PASTOS CHICOS Y LAPAO 5

Como se ha sugerido en numerosas oportunidades (ej. Dincauze 2000, Grosjean *et al.* 2003, entre otros, ver Capítulo 3), los datos polínicos suelen presentar información paleoambiental de diferente resolución espacial, incorporando la señal del polen local, a la del procedente de áreas distantes climáticamente relacionadas (ej. polen transportado hacia sotavento) (Fraegri e Iversen 1989). Esto implica, en general, que las señales polínicas presentan una menor resolución espacial que otros *proxies* (ej. diatomeas) derivadas de un palimpsesto en el que interviene granos aportados por la vegetación local y alóctona (Moore *et al.* 1991). Es por esta razón que el polen usualmente es tomado como un *proxy* de escala sub-regional o regional. En el caso de la Puna (ver antecedentes en el Capítulo 6), los datos polínicos suelen ser interpretados en relación a su pertenencia a composiciones florísticas típicas: polen de estepa gramínea, de estepa arbustiva, indicadores de humedad local (ej. Cyperaceas), polen extralocal (ej. arboreo), etc. La abundancia relativa de cada tipo de polen permite estimar la influencia de cada piso vegetacional (ver Capítulo 5) sobre un *locus* muestreado en una cronología determinada (Fraegri e Iversen 1989; Moore *et al.* 1991). Si bien el análisis pormenorizado del registro polínico de la quebrada de Lapao y de la secuencia de Pastos Chicos son objeto de una tesis específica (Oxman, en preparación), la información preliminar que se presenta en este apartado se orienta a completar y precisar la información paleoambiental producida mediante el análisis de diatomeas realizado en esta tesis.

Así, los datos polínicos descriptos a partir de aquí responden a los obtenidos por Oxman (2009) sobre 4 muestras de Lapao 5 y 13 de la secuencia de Pastos Chicos (*i.e.* 3 del perfil 1 y 10 del perfil 2). En el caso de Lapao 5 las muestras analizadas corresponden a la turba basal datada en 9280 AP (no disponible en el análisis de diatomeas) y las muestras 5, 7 y 8 (8560 AP, 8380 AP [dataciones] y 8140 AP [modelo], respectivamente). Por su parte, las muestras analizadas en Pastos Chicos corresponden a la mitad de las analizadas en el caso de las diatomeas (*i.e.* muestra de por medio, aunque 3 fueron excluidas por su bajo contenido de polen). Los resultados de estos análisis se han resumido por tipos de vegetación (*i.e.* vegetación correspondientes a estepa

arbustiva y estepa gramínea) y graficado en las FIGURAS 8.30 (Lapao) y 8.31 (Pastos Chicos) con el eje temporal constante a intervalos regulares de 100 años entre el 4300 y 9200.

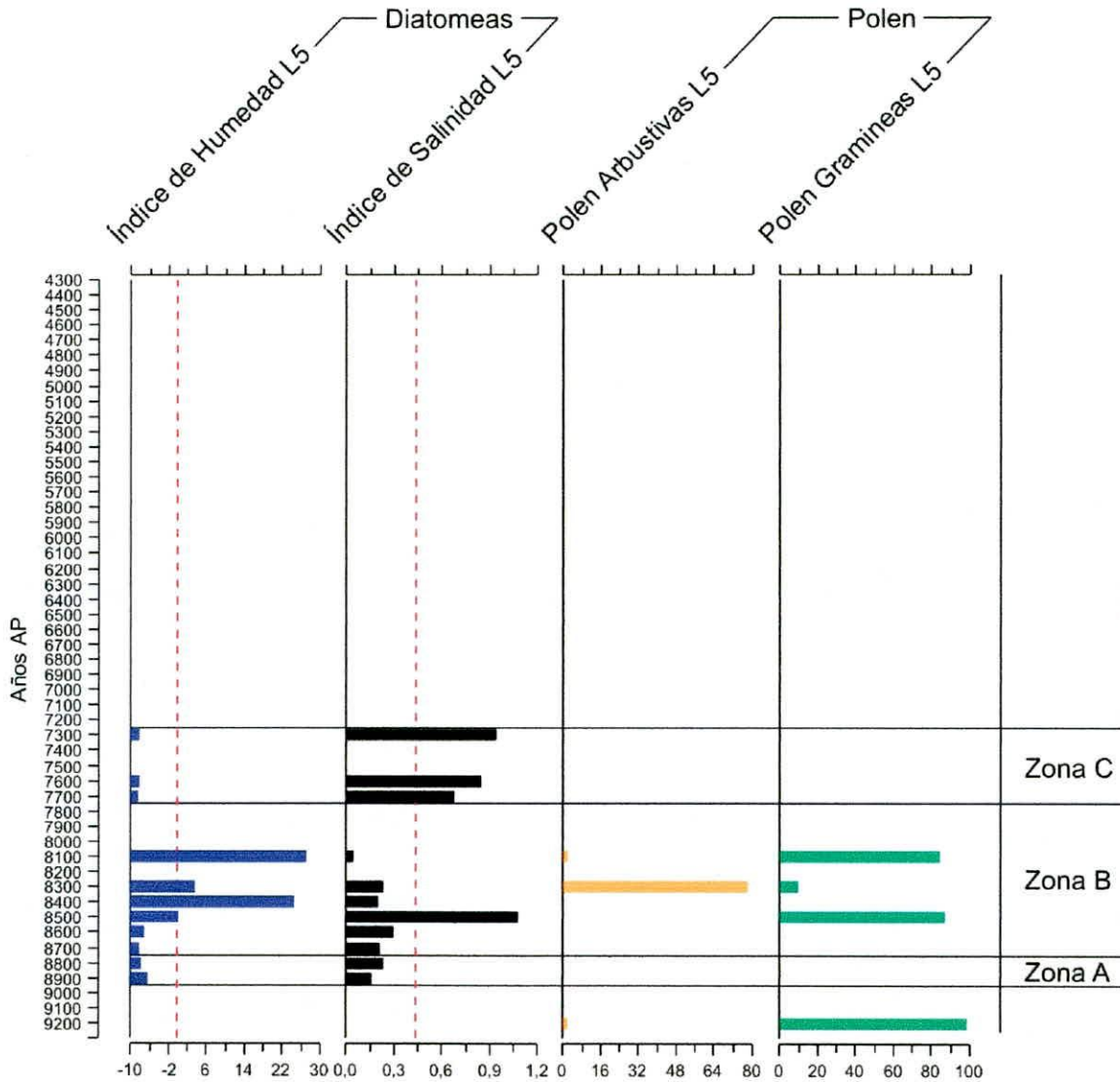


FIGURA 8.30. Índices de humedad (expresado en valores de anomalía) y salinidad resultantes del análisis de diatomeas, seguidos por las abundancias relativas de los tipos polínicos mencionados en las muestras de Lapao 5. La barra de la derecha ubica las zonaciones de la flora de la flora de diatomeas.

La interpretación que puede derivarse de los análisis polínicos de Lapao 5 aún debe ser tomada con cautela debido a la escasez de muestras analizadas hasta el momento. No obstante, pueden hacerse una serie de consideraciones preliminares entorno a la posible vegetación presente en los momentos ambientales descritos a partir de las diatomeas.

En primer lugar la dominancia de Poáceas y Gramíneas (incluidas en el tipo “estepa gramínea”) en la mayoría de las muestras analizadas confirma la interpretación de un ambiente

de vega bien desarrollado a lo largo de la secuencias. Más aún, se ha registrado la presencia de Cyperaceas y otras especies hidrófilas -indicadoras de humedad local- entorno al momento de consolidación y comienzo de retracción del cuerpo de agua sugerido por el índice de balance hídrico resultante del análisis de diatomeas (Oxman 2009). Asimismo, la dominancia de polen correspondiente a una esteba arbustiva en la muestra datada en 8380 ± 100 AP resulta compatible con el pulso de retracción inferido mediante las diatomeas para este momento (ver *supra*).

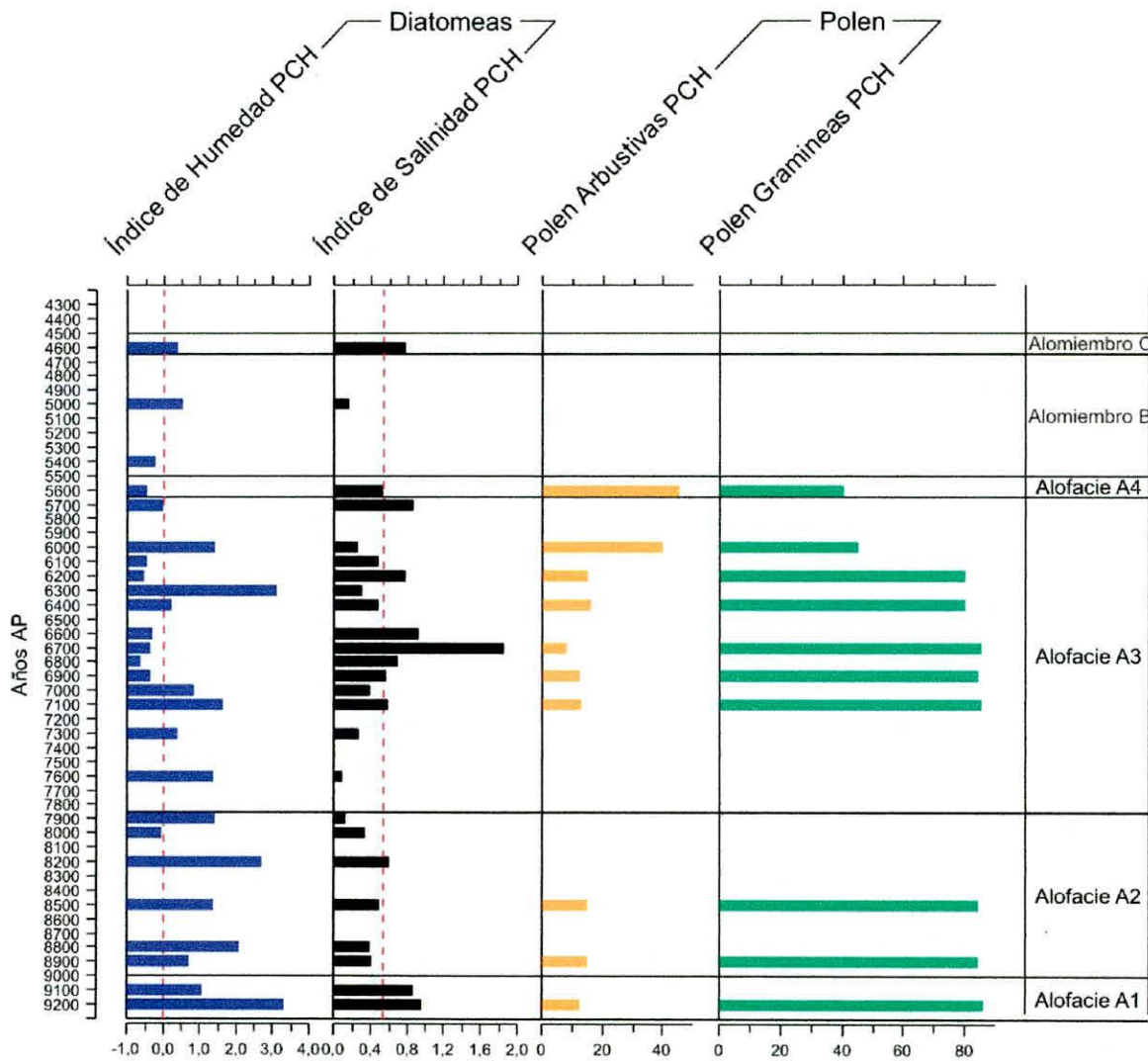


FIGURA 8.31. Índices de balance hídrico (expresado en valores de anomalía) y salinidad resultantes del análisis de diatomeas, seguidos por las abundancias relativas de los tipos polínicos mencionados en las muestras de la secuencia de Pastos Chicos. La barra de la derecha referencia las Alofacies definidas por Tchilinguirian (2008).

En el caso de la secuencia de Pastos Chicos, la abundancia de muestras de polen estudiadas permite realizar un análisis más detallado. Como resulta evidente a partir de la observación de la FIGURA 8.31, el segmento correspondiente a las Alofacies A1 y A2 –entre ~9300

y 7300 AP- evidencia proporciones notablemente regulares de polen de estepa gramínea y arbustiva. Dichas proporciones sugieren, ante la amplia dominancia de las de primer tipo, un ambiente de vega profusamente vegetada por Poáceas (Oxman 2009).

Durante la Alofacie A3 se observan dos momentos. El primero entre ~7900 y 6600 AP con un ambiente de vega relativamente estable, vegetado por Poáceas, en el marco de una estepa arbustiva más diversa, representada por especies de *Senecio* y *Ephedra* y miembros de las familias de las *Chenopodiaceas*, *Fabaceas* y *Solanaceas*. El segundo momento -entre ~6600 y 5700 AP- se encuentra signado por un incremento en la aridez regional y en la variabilidad local. Este aumento en la aridez regional estaría representada por el aumento progresivo de la abundancia de polen procedente de una estepa arbustiva diversa (ver FIGURA 8.31) en la que se incluyen las especies antes mencionadas más representantes de la familia de las *Verbenaceas* (Oxman 2009). La variabilidad se pone de manifiesto por los dos eventos intensos de humedad -en el marco de un ambiente en general más seco que en momentos anteriores- manifestados por el índice de humedad de las diatomeas (~6400 y 6000 AP).

Este aumento progresivo del polen procedente de la estepa arbustiva registrado durante la segunda mitad de la Alofacie A3 culmina con un momento particularmente seco de la secuencia que coincide con la Alofacie A4- indicado por la predominancia del polen de arbustivas hacia 5682 AP y que Tchilinguirian (2008) ha interpretado como asimilable a una planicie de inundación árida.

RELACIÓN CORG/NTOT DE LA SECUENCIA DE ALTO TOCOMAR

El estudio de la materia orgánica presente en cuerpos palustres ha demostrado que los valores isotópicos del carbono (*i.e.* $\delta^{13}\text{C}$) pueden variar considerablemente y se superponen frecuentemente, por lo que una buena alternativa para definir el origen de la materia orgánica en un humedal es el análisis de la relación C/N (Leng 2005). La relación C/N en la materia orgánica ha sido usada usualmente para distinguir si el carbono presente en sedimentos procede de algas u otras plantas mayores (Leng 2005). En este sentido, diferentes estudios muestran que la relación de C/N en los sedimentos de lagos puede revelar si el origen de la materia orgánica se relaciona a la presencia de hidrófitas (relación C/N con valores <10) o de humus terrestre alóctono (relación C/N con valores entre 20 y 30) (Jing'an *et al.* 2002). Al respecto, Leng (2005) sugiere que mientras los valores típicos de la relación C/N para algas palustres se encuentran entre 10 y 12, los valores para macrófitos se ubican entre 10 y 20 y los correspondientes a plantas terrestres o emergidas en valores mayores a 20.

Ahora bien, la lectura de esta relación en los sedimentos de humedales con fines paleoclimáticos no puede ser realizada de manera directa. Como el contenido y la composición de la materia orgánica en los sedimentos de un humedal reflejan la relación entre el fitoplancton y las plantas terrestres, entonces también reflejan las variaciones climáticas (Lou & Chen 1997). Al respecto, Lou & Chen (1997) sugieren que los sedimentos que contienen más materia orgánica (MO) y valores más altos de C/N indican condiciones más cálidas y húmedas – debido al desarrollo de suelos y proliferación de plantas terrestres en el área de drenaje de la cuenca-, mientras que los sedimentos con menos MO y valores reducidos de C/N sugieren condiciones más frías y secas.

Es en este último sentido que se interpretan los resultados obtenidos en colaboración con el Dr. Karsten Schitteck sobre 60 muestras del perfil 2 de Alto Tocomar que han permitido generar una serie de datos de alta resolución cronológica -en algunos casos llegando a intervalos decadales- que se grafican en la FIGURA 8.32. La procedencia de estas muestras ha sido indicada oportunamente en la FIGURA 8.15 y los valores de Corg/Ntot se encuentran disponibles en la FIGURA 8.20.

A partir de la serie resultante, representada en la FIGURA 8.32, es posible realizar una serie de consideraciones ambientales. En primer lugar, los datos de C/N permiten establecer cuatro segmentos diferentes en términos de sus valores estadísticos. El segmento A corresponde al lapso comprendido entre ~8520 y 7750 AP y se caracteriza por presentar una dominancia de valores inferiores a la media de la serie. El B, por su parte, corresponde al período ubicado entre ~7750 y 5560 AP y se caracteriza por la presencia de una notable variabilidad de escala centenaria y una clara dominancia de los valores que se encuentran por encima de la media, incluyendo frecuentes (N=8) eventos extremos (*i.e.* $> 0 < a$ la media ± 1 desvío estándar), particularmente entre el ~7700 y 7000 AP. El segmento C, ubicado entre ~5560 y 4360 AP muestra solo dos eventos extremos de diferente signo, y una proporción similar de valores mayores y menores a la media dentro del rango esperable de variación. Finalmente, el segmento D, de manera similar a lo observado en el A, muestra una dominancia absoluta de valores menores a la media, aunque con una mayor abundancia y duración de los eventos extremos que en el caso mencionado.

En virtud de las observaciones realizadas al comienzo de este apartado, el segmento A de Alto Tocomar sugiere la presencia de condiciones frías y relativamente secas, compatibles con las observaciones realizadas a partir de las diatomeas del segmento inferior de la zona A (*ver supra*). Cabe mencionar, que dichas condiciones de sequedad no deben sobreestimarse, ya que -teniendo en cuenta la altitud del registro estudiado- es posible que las condiciones frías en si mismas hayan influido en la eficiencia del proceso de descomposición de la materia orgánica.

En cuanto al segmento B, los valores obtenidos permiten observar que entre ~7750 y 7100 AP parece haber existido un momento fuertemente variable en una escala centenaria que se consolida como un período de transición entre las condiciones antes descritas y condiciones considerablemente más cálidas y húmedas que pudieron haber incluido la presencia conjunta de vegetación hidrófita y plantas terrestres. Estas condiciones de mayor humedad y estabilidad son las que caracterizan el segundo momento del segmento B, entre ~7100 y 5580 AP, y que, en términos generales, resultan consistentes con la mayor frecuencia de valores por encima de la media en el índice de humedad obtenido a partir del análisis de diatomeas del registro de Alto Tocomar durante el período comprendido entre 6600 y 5600 AP.

Finalmente, el segmento C, pareciera consolidarse como un nuevo momento transicional ente las condiciones de humedad precedentes y las condiciones más secas del registro de Alto Tocomar, registradas a partir del ~4360 AP, representado por el segmento D en el caso de la relación C/N y por la zona F en el análisis de diatomeas.

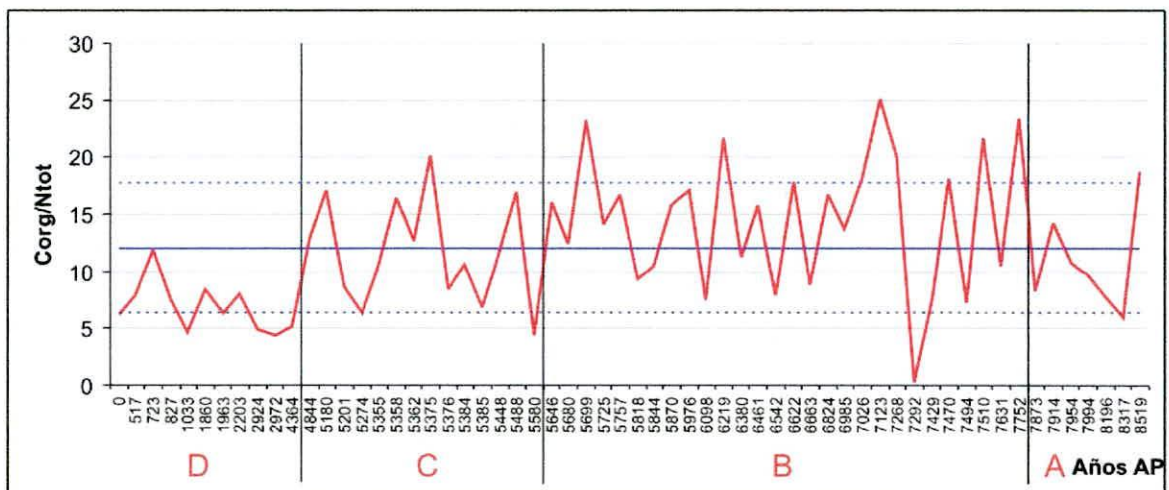


FIGURA 8.32. Representación gráfica de la serie de valores de la relación C/N (línea roja), del valor medio de la serie (azul continua) y ± 1 desvío estándar (azul punteada). Las líneas negras verticales y las letras delimitan los diferentes momentos ambientales interpretados a partir de esta línea de evidencia.

REGISTRO DE GASTERÓPODOS DE LA QUEBRADA DE LAPAO

En un trabajo previo (Yacobaccio y Morales 2005) se había mencionado la presencia de la especie *Biomphalaria peregrina* (*Planorbidae*) (FIGURA 8.33, izquierda) en la muestra analizada en el perfil Lapao 6 (7750 \pm 40 AP). Las afinidades ecológicas y biológicas de los individuos de esta especie de gasterópodos, ubicados en la matriz sedimentaria en posición de vida, sugerían un ambiente con características físico-químicas coherentes con las inferidas para los *loci* estudiados

en esa oportunidad (*i.e.* Lapao 1 y 7). Al respecto, estos *Planorbidae* ampliamente distribuidos en la Argentina prefieren -como la mayoría de los integrantes de esta Familia- ambientes de baja energía y viven y se alimentan sobre macrófitos enraizados en aguas neutras o alcalinas, carbonatadas y levemente salobres.

En el material recuperado de Lapao para esta tesis nuevamente se observaron ejemplares de *Biomphalaria peregrina* en posición de vida, pero en este caso en los sedimentos correspondientes a la muestra 9 de Lapao 5 (L5Md9, 7770 ± 80 AP) y en la A de Lapao 9 (L9A) (ver FIGURA 8.35, derecha). En virtud de las relaciones estratigráficas existentes entre las muestras mencionadas y L6, ilustradas oportunamente en la FIGURA 8.23, la presencia de estos gasterópodos en las tres muestras no solo confirma dichas relaciones, sino que son coherentes con las características paleoambientales inferidas para estos sectores como correspondientes a facies litorales profusamente vegetadas de un humedal en retracción.

Resta realizar en un futuro cercano un estudio sistemático de la microestratigrafía de depositación de estos gasterópodos y de los valores isotópicos de sus caparazones que permitan obtener nueva información que complete la interpretación paleoambiental de esta localidad.

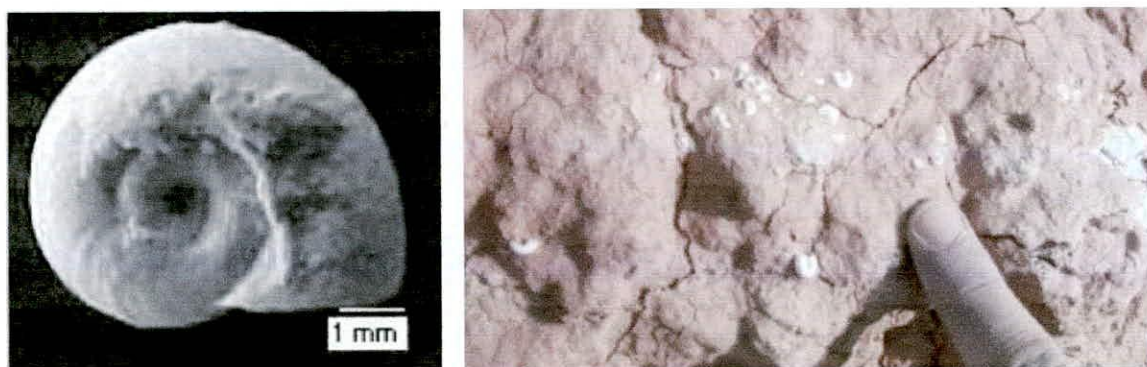


FIGURA 8.33. Izquierda: *Biomphalaria peregrina* (*Planorbidae*) recuperado de Lapao 6 (foto cortesía del Dr. Marcelo Cardillo). Derecha: ejemplares de *B. peregrina* hallados *in situ* en el perfil Lapao 9 a una profundidad de 15cm (profundidad equiparable a la muestra L9A)

SÍNTESIS E INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS PALEOAMBIENTALES OBTENIDOS

Para poder integrar y sintetizar la información generada en el transcurso de los apartados anteriores ha sido necesario, en primera instancia, estandarizar cronológicamente los datos obtenidos. Para esto, se ha optado por expresar dichos resultados en una escala centenaria (*i.e.* intervalos regulares de 100 años), recurriendo en los casos en que existió más de un dato para un lapso menor a la obtención de los valores medios del período involucrado. Así, las tendencias obtenidas -que serán el eje de las descripciones y discusión de este apartado- se han graficado en

la FIGURA 8.34 que incluye los índices de humedad de las tres localidades estudiadas. En este marco, se hace mención, también, de los datos complementarios provistos por el polen y la relación C/N en cada una en particular (Pastos Chicos y Lapao, en el primer caso y Alto Tocomar, en el segundo). Por otra parte, con el fin de comparar las tendencias observadas en una de las localidades estudiadas en particular con datos paleoambientales de escala supra-regional, se ha decidido graficar en la FIGURA 8.35 las series de datos de δO^{18} y partículas de polvo ($>0,63\mu$) del Nevado Huascarán de manera conjunta con el índice de humedad obtenido para Pastos Chicos.

En términos de la comparación de los resultados de las tres localidades estudiadas en esta tesis, es factible hacer una serie de consideraciones generales y a partir de ellas, avanzar sobre aspectos particulares de cada secuencia.

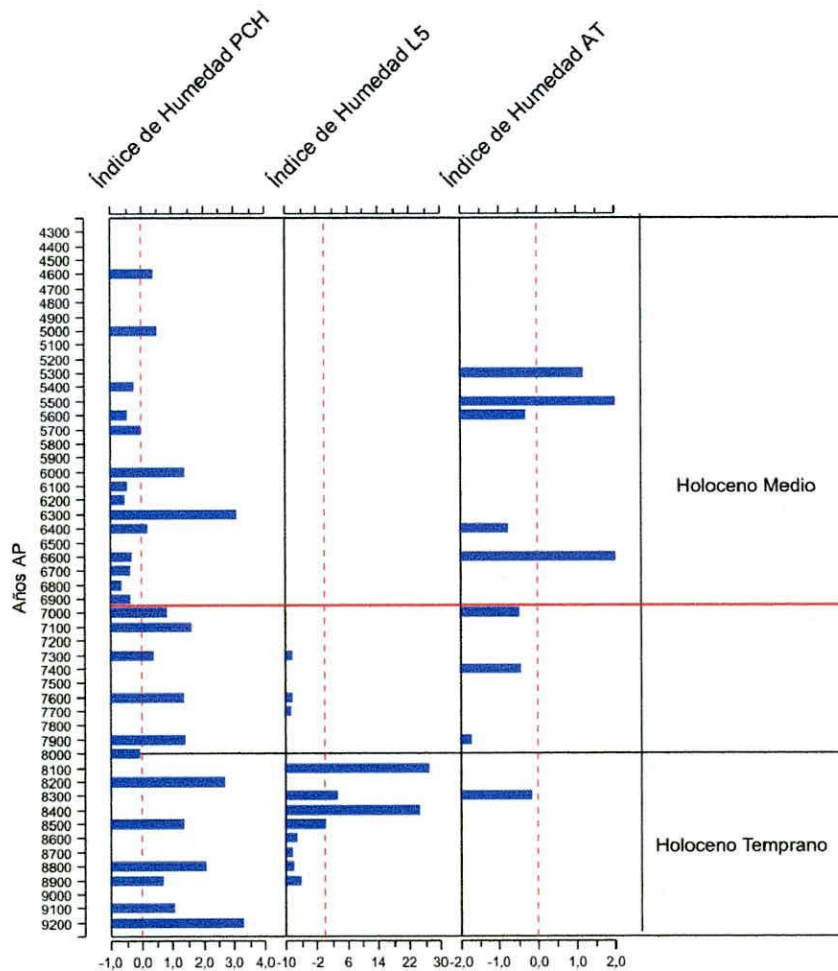


FIGURA 8.34. Series centenarias de los índices de humedad de las tres localidades estudiadas entre el 4300 y el 9200 AP.

En términos generales, los tres registros coinciden en indicar un cambio importante hacia el 7000 AP (línea roja en la FIGURA 8.34). No obstante, las condiciones inferidas para cada localidad presentan una serie de particularidades que las asemeja o distancia a unas de otras.

En primer lugar, si bien las tres localidades presentan condiciones asimilables a humedales hasta el 7000 AP, las características de los mismos durante este lapso parecieran ser diferentes entre sí. Así, mientras que a partir del 7000 AP en Pastos Chicos parecieran instalarse condiciones notablemente más áridas y fluctuantes -inferidas tanto por el descenso en los valores del índice de humedad como por el aumento del polen procedente de la estepa arbustiva a partir del 6000 AP- en el caso de Lapao, dichas condiciones parecieran instalarse de manera más temprana, entorno al 8000 AP para acentuarse progresivamente hasta generar la interrupción definitiva de las secuencias sedimentarias estudiadas hacia el 7000 AP. Cabe señalar, además, que mientras las condiciones de humedad en Pastos Chicos se presentan relativamente estables y se reducen gradualmente durante el período 9200-7000 AP, en el caso de Lapao, la humedad muestra pulsos puntuales e intensos como los registrados hacia el ~8100 y el ~8400 AP.

A diferencia de los casos anteriores, Alto Tocomar, presenta a partir del 7000 AP un aumento notable de la humedad en la localidad, según lo indicado tanto por el índice de humedad como por los valores de la relación C/N. Cabe hacer notar, además, que en los momentos en donde se han observado condiciones particularmente húmedas y cálidas en Alto Tocomar -ej. hacia el 6600 y el 5400 AP- se han registrado las condiciones más secas del registro de Pastos Chicos.

Los factores clave que se proponen como responsables de esta variabilidad en las señales -y a los que se ha prestado particular atención durante el capítulo 4 de esta tesis- son el tamaño del área de captación hídrica de cada uno de los sistemas estudiados (ver FIGURAS 8.8, 8.11 y 8.14) y la influencia del emplazamiento de los registros en términos de la naturaleza de la dinámica hídrica del sistema.

Como se ha mencionado de forma reiterada en este volumen, el área de captación hídrica de un sistema interviene de manera determinante en las señales paleoambientales obtenidas. En este sentido, los sistemas con amplias áreas de captación generan resultados que promedian las condiciones presentes en sus tributarios y sus áreas de influencia, mientras que los sistemas pequeños evidencian solo las condiciones particulares del área de influencia directa del sistema estudiado. Si se toma esto en cuenta en los casos analizadas en esta tesis, es esperable que las condiciones paleoambientales sugeridas por el registro de Pastos Chicos presenten un alcance más amplio en términos de su escala espacial (*i.e.* escala sub-regional) y que los cambios registrados en su serie muestren una intensidad más moderada que en los registros restantes. En

este mismo sentido, en los casos de Lapao y, particularmente, Alto Tocomar -que poseen áreas de captación hídrica más pequeñas- solo se estarían reflejando las condiciones de humedad presentes en sus respectivas áreas directas de influencia (*i.e.* escala local) y mostrarían cambios considerablemente más abruptos e intensos.

Sostener que el tamaño del área de captación de cada sistema condiciona la escala de las señales paleoambientales obtenidas, conlleva asumir que los sistemas con áreas de captación hídrica más amplias tenderán a mostrar señales paleoambientales más homogéneas y coherentes con las tendencias regionales y supra-regionales, mientras que los sistemas más pequeños podrán exhibir una variabilidad marcada en sus señales en distancias relativamente cortas. Este punto se ve claramente ilustrado en la FIGURA 8.35 en donde no solo se observa una tendencia muy similar entre el índice de balance hídrico de PCH y la serie de δO^{18} del Nevado Huascarán -datos que en áreas intertropicales han sido vinculados al balance hídrico de una región (ver Capítulo 7)- sino que sus valores están correlacionados de manera significativa (*i.e.* $r=0,4297$; $p<0.05$).

Más allá del área de captación de un humedal, existe otro elemento importante que permite establecer relaciones entre las señales paleoambientales de distintas localidades: la naturaleza de la dinámica hídrica del sistema. En un trabajo previo (Morales 2004) ya se había mencionado la importancia de los agentes involucrados en el proceso de recarga hídrica de un humedal en la interpretación de la señal paleoambiental. A modo de ejemplo, durante lapsos más cálidos un sistema cuya carga hídrica depende fuertemente de las precipitaciones o del nivel de freática presentará un balance hídrico con tendencia negativa, mientras que si el sistema depende del aporte de deshielo dicho balance será positivo, al menos, durante un tiempo considerable. Este último caso, es particularmente pertinente en lo relacionado a las Vegas Altoandinas (ver capítulo 4) -como Alto Tocomar- en las cuales el deshielo del *permafrost* es un elemento clave para su desarrollo y estabilidad. Así, resulta coherente que en Alto Tocomar se registren condiciones de calidez -sugeridas por la relación C/N y de los datos procedentes de estudios paleoambientales de escala más amplia (ver Capítulo 6)- asociadas a un aumento en la humedad de esta localidad, mientras tiene como contrapartida momentos particularmente secos en secuencias en las que el aporte por deshielo tiene escasa o nula participación (*i.e.* Pastos Chicos).

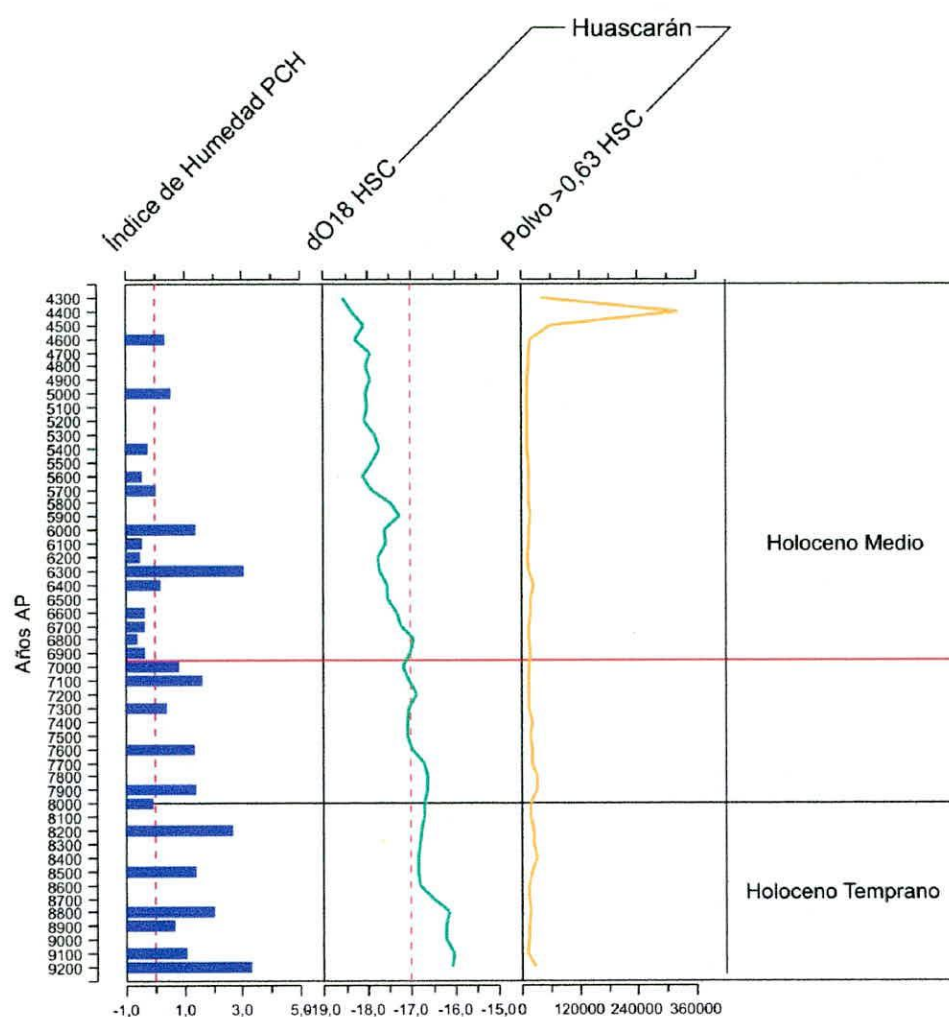


FIGURA 8.35. Series centenarias del índice de humedad de Pastos Chicos (barras azules) y de δO^{18} (línea verde) y partículas de polvo $>0,63\mu$ (línea naranja) del nevado Huascarán entre el 4300 y el 9200 AP. Las series de medias centenarias de los datos de Huascarán (Thompson 2001²⁰) fueron tomados de las bases de datos publicadas en el *National Climate Data Center* de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* de los Estados Unidos.

Entonces, si tomamos como base el tipo de dinámica hídrica del sistema y su área de captación es posible jerarquizar los humedales en virtud del tipo de señal paleoambiental que se obtendrá. Así, como lo demuestran los casos estudiados, los humedales con amplias áreas de captación y en el que intervienen agentes de carga diversa (Pastos Chicos) tienden a generar señales compatibles entre si y de escala espacial más amplia. Por el otro lado, humedales con áreas de captación reducida y fuertemente dependientes de los niveles de freática (Lapao) generan señales locales con tendencias compatibles a las registradas en escalas más amplias pero más abruptas y de una intensidad más marcada. Finalmente, los humedales de altura (Alto Tocomar)

²⁰ <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/trop/huascarán/hs2-100a.txt> y <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/trop/sajama/sc1-100a.txt>, respectivamente.

dependientes fuertemente del deshielo del *permafrost* tenderán a mostrar señales distintas -incluso opuestas- a las obtenidas en ambientes que involucran otros agentes en su recarga hídrica. Esta estratificación de humedales en cuanto al tamaño de su área de captación y su dinámica hídrica será uno de los elementos principales para la construcción del modelo paleoambiental multi-escalas -y, consecuentemente, de las expectativas arqueológicas derivadas- que será objeto del próximo capítulo.

PARTE IV

MODELOS Y DISCUSIÓN

MODELOS PALEOAMBIENTALES MULTI-ESCALAS PARA LA PRIMERA MITAD DEL HOLOCENO (10.000- 4000 AP) EN LA PUNA SECA ARGENTINA

CAPÍTULO

9

INTRODUCCIÓN

Este capítulo es el resultado de la integración de la información presentada en el marco de la construcción de dos modelos vinculados. El primero se trata de un modelo paleoambiental multi-escalas que aborda el clima, la humedad regional y el comportamiento de los sistemas hídricos durante el lapso 10.000-4000 AP; que sienta las bases del segundo, que modela las áreas disponibles y la estructura de recursos de la Puna Seca Argentina durante la primera mitad del Holoceno

Para la construcción del modelo paleoambiental se ha tomado la información resultante del análisis de los patrones climáticos del área del Capítulo 4, la revisión de las características geográficas y bióticas del Capítulo 5, los estudios paleoambientales disponibles para el área andina reseñados en el Capítulo 6 y los resultados de los análisis paleoambientales realizados para esta tesis, tanto los de escalas regional y supra-regional, como los de escalas sub-regional y local tratados en los Capítulos 7 y 8, respectivamente. Este modelo contempla una estratificación del espacio vinculada a diferentes variables como la altitud, la naturaleza de los sistemas hídricos. El modelo de áreas disponibles y estructura de recursos toma las características y tendencias sugeridas por el anterior y las transforma en valores de productividad primaria neta disponible en diferentes zonas del área y en representaciones gráficas de la distribución de las zonas de concentración de nutrientes a lo largo del tiempo. Consecuentemente, el modelo permite estimar la dinámica de la estructura de recursos ante los diferentes cambios ambientales ocurridos en el período 10.000-4000 AP y obtener diversos escenarios cualitativos y cuantitativos sobre la abundancia, distribución y variabilidad de elementos centrales -como el agua y la energía- para la viabilidad de los grupos humanos a lo largo del lapso estudiado.

LAS CAUSAS: MODELO PALEOAMBIENTAL MULTI-ESCALA DE LA PUNA SECA DURANTE LA PRIMERA MITAD DEL HOLOCENO (10.000-4000 AP)

Como un paso previo y necesario para abordar la construcción del modelo de áreas disponibles y estructura de recursos de la Puna Seca durante la primera mitad del Holoceno, es necesario resumir las tendencias y cambios de sus agentes causales, es decir las características climáticas y ambientales imperantes durante el período 10.000-4000 AP. Con este fin, en los dos apartados siguientes se sintetiza la información paleoambiental reseñada y analizada a lo largo de diversos capítulos de esta tesis. El primero de ellos se orienta a las variables y tendencias de escalas amplias (*i.e.* supra-regional y regional), mientras que el segundo aborda las expectativas teóricas para las de escala reducida (*i.e.* sub-regional y local). Hacia el final de cada uno de ellos se enumeran las principales observaciones en lo referente a las características y tendencias observadas.

CARACTERÍSTICAS Y TENDENCIAS PALEOAMBIENTALES DE ESCALA REGIONAL Y SUPRA-REGIONAL

Para describir las tendencias climáticas y ambientales durante la primera mitad del Holoceno en una escala regional se ha recurrido a la síntesis de la información ya presentada en virtud de dos aspectos paleoambientales generales: el clima y la humedad ambiental resultante.

En el caso del clima, se han resumido gráficamente (FIGURA 9.1) las tendencias de largo plazo -en cuanto a precipitaciones y temperatura- y las de de corto plazo, definiendo la frecuencia e intensidad de los cambios climáticos (ver Capítulo 3). Las características de las precipitaciones y temperaturas se han obtenido de fuentes principales:

- 1) la información presentada en el Capítulo 4 sobre los patrones de circulación atmosférica presentes durante la primera mitad del Holoceno y
- 2) la información paleoambiental provista por diversos estudios de escala regional (principalmente niveles de lagos) y registros particulares que generan información de esta escala (*i.e.* núcleos de hielo) realizados por varios investigadores en el área Andina, reseñados en el capítulo 6 de esta tesis.

En cuanto a la variabilidad de corto plazo, se han tomado los trabajos particulares sobre la historia de la dinámica de los eventos ENSO y tipo-ENSO reseñados en el Capítulo 4, ya que como se ha discutido en dicho capítulo, parecieran estar fuertemente vinculados a la variabilidad

interanual en las precipitaciones (*i.e.* en promedio en la Puna Seca un 20% menos de precipitaciones durante los eventos El Niño y un 25% más durante La Niña) y en la temperatura de la región (en la Puna Seca 0,3 °C más durante eventos El Niño y 0,6 °C menos durante los de La Niña).

En la misma representación gráfica (FIGURA 9.1), se han resumido las tendencias de la humedad ambiental regional durante el mencionado lapso, que se ha tomado aquí como el segundo aspecto para definir las tendencias regionales del ambiente para generar el modelo de áreas disponibles y estructura de recursos que es objeto de este apartado. En este caso, se ha estimado la humedad relativa tomando en cuenta la información provista por:

- 1) los ya citados estudios paleoambientales realizados en el área andina reseñados en el capítulo 6;
- 2) los análisis realizados sobre la abundancia de dataciones de paleosuelos en los Andes del Capítulo 7, que han mostrado patrones diferenciales de humedad vinculados a tres variables espaciales: a) la latitud (Norte y Sur de Andes), b) la vertiente de la cordillera (Oeste – Este) y c) la altitud (>4000 y <4000 msnm).

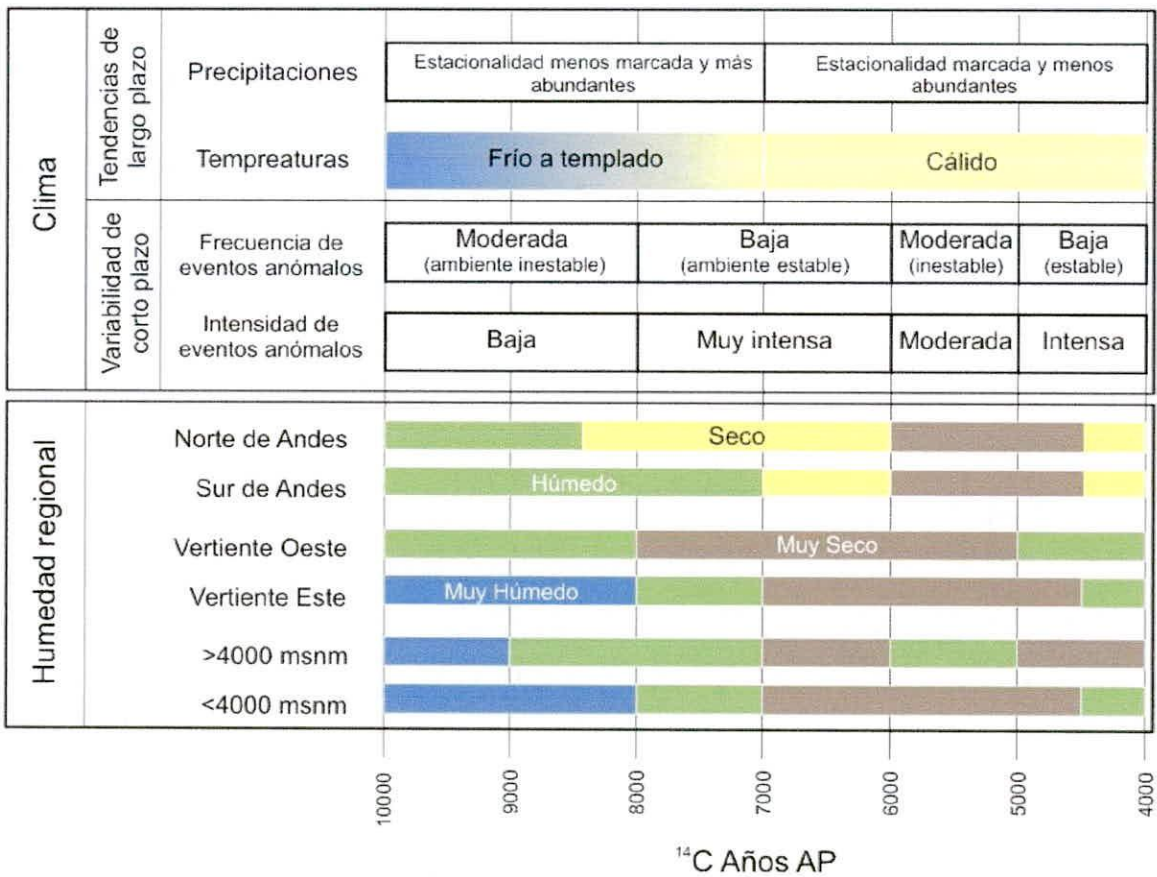


FIGURA 9.1. Resumen gráfico de las características climáticas y la humedad ambiental regional del área Andina durante la primera mitad del Holoceno.

A partir de la síntesis gráfica de la FIGURA 9.1 se pueden realizar una serie de consideraciones centrales sobre las características ambientales de los Andes durante la primera mitad del Holoceno.

En este sentido, para el lapso comprendido entre el 10.000 y el 8000 AP se observa que:

- 1) existiría una mayor abundancia de precipitaciones que -tomando las estimaciones de Grosjean *et al.* (1995)- duplicaron las actuales del área Andina a comienzos del Holoceno Temprano¹
- 2) dichas precipitaciones estarían distribuidas de una manera más regular que en la actualidad a lo largo del año (*i.e.* menor estacionalidad)
- 3) estos cambios en las precipitaciones estarían enmarcados en un ambiente con temperaturas considerablemente más bajas (según se deriva de las estimaciones de Kull *et al.* 2003 para el MG), que tienden a atemperarse hacia el final de este período.
- 4) si bien las tendencias registrarían eventos de inestabilidad en el corto plazo, dichos eventos habrían sido de baja intensidad, sugiriendo que no habrían producido modificaciones sustanciales en relación a las tendencias medias del período.
- 5) estas condiciones climáticas habrían generado un ambiente claramente más húmedo que el correspondiente al Holoceno Medio, particularmente, entre el 10.000 y el 9000 AP en la vertiente este de la cordillera, traduciéndose en una abundancia de al menos un 30% más de vegas durante el lapso 10.000-8000 AP en relación al período posterior (ver capítulo 7).
- 6) estos altos niveles de humedad ambiental finalizarían de manera más temprana en el sector norte que en el sur y en las cotas altas (*i.e.* por encima de los 4000 msnm) de los Andes (ver FIGURA 9.1).

Entre el 8000 y el 6000 AP, parecieran registrarse condiciones transicionales entre las previamente mencionadas y las más secas que se registran con posterioridad a este lapso. Así, en términos regionales, durante este período se observa que:

¹ Cabe mencionar que a partir de las estimaciones de algunos autores sobre las temperaturas y precipitaciones para el MG inferidas a partir de avances glaciales en el NOA (Kull *et al.* 2003) y sobre las precipitaciones del HT en sí mismas (Grosjean *et al.* 1995 y 2001) a partir de niveles de lagunas en Chile, son esperables valores mucho mayores de las precipitaciones que involucran un aumento de hasta el 200%. Para el modelo se ha decidido esta estimación de precipitaciones a pesar de los valores relativamente conservadores sugeridos por Ramírez *et al.* (2003) para el MG. No obstante no se debe dejar de tomar en cuenta y evaluar en el futuro la existencia de este tipo de estimaciones.

- 1) se habría reducido notablemente la abundancia de precipitaciones y aumentado su estacionalidad,
- 2) en el marco de temperaturas más elevadas y condiciones estables en el corto plazo.
- 3) los pocos eventos anómalos de corto plazo registrados en este período parecen haber sido de una intensidad muy importante, como los denominados mega-ENSO mencionados por Villagrán (1993) y otros autores (ver Capítulo 4).
- 4) estas condiciones climáticas deben haber producido durante el Holoceno Medio un balance hídrico negativo (*i.e.* menos precipitaciones/más evapotranspiración) en relación al período anterior, porque son responsables de la reducción en la humedad regional y de la menor abundancia de vegas inferidas a partir del análisis realizado en el Capítulo 7.
- 5) las condiciones de humedad del Holoceno Temprano parecen prolongarse hasta ~7000 AP en la zona sur y vertiente este de los Andes,
- 6) en general el aumento de la aridez de la región pareciera comenzar entorno al 8000 AP y estar presente de manera extendida en toda el área andina entre el 7000 y 6000 AP (ver FIGURA 9.1).

Finalmente, para el lapso 6000-4000 AP se observa que:

- 1) aunque la estacionalidad de las precipitaciones y las temperaturas muestran un signo similar al lapso anteriormente descrito (*i.e.* 8000-6000 AP), es posible inferir un aumento de la inestabilidad climática e intensidad de los eventos anómalos de corto plazo asimilables a las primeras manifestaciones periódicas de eventos vinculados a ENSO (ver Capítulo 4) (ver FIGURA 9.1).
- 2) las condiciones de aridez del período previo se extenderían regionalmente hasta ~4500 AP, pero se registra una recuperación más temprana de la humedad en la vertiente oeste de la cordillera, en torno al 5000 AP.
- 3) son esperables condiciones más húmedas que la media regional en las cotas altas de la cordillera (>4000 msnm) entre el 6000 y el 5000 AP en el marco de este lapso regionalmente árido.

CARACTERÍSTICAS Y TENDENCIAS PALEOAMBIENTALES DE ESCALA SUB-REGIONAL Y LOCAL PARA LA PUNA SECA

En el caso de las tendencias paleoambientales centrales vinculadas a estas escalas menores ha sido factible generar una serie de observaciones para el período 10.000-4000 AP –sintetizadas en la FIGURA 9.2- tomando como base:

- 1) la información paleoambiental obtenida de las diatomeas y otros *proxies* de la Puna Seca Argentina analizados en el Capítulo 8,
- 2) la información paleoambiental disponible en escalas sub-regional y local presentada en el Capítulo 6,
- 3) los modelos hídricos sobre actividad de cuencas y génesis de suelos en la Puna - propuestos por Tchilinguirian (2009) y resumidos en el Capítulo 5

Esta información se ha sintetizado en la FIGURA 9.2 de donde se muestra una serie de expectativas ambientales teóricas estratificadas espacialmente. En primera instancia la mencionada estratificación segrega las expectativas que refieren a sistemas hídricos con y sin aporte hídrico de deshielo. En segunda instancia, cada uno de estos casos fue dividido entre sistemas con áreas de captación amplia, que estarían reflejando las tendencias ambientales de escala subregional (ej. el caso de Pastos Chicos estudiado en el Capítulo 9), y aquellos con áreas de captación reducida, que indicarían las respuestas locales a dichas tendencia (ej. Alto Tocomar y Quebrada de Lapao, analizados en el mismo capítulo).

Las observaciones sobre estas tendencias teóricas diferenciales para cada uno de estos estratos se enumeran a continuación de la FIGURA 9.2.

		Holoceno Temprano		Holoceno Medio				
Sistemas sin aporte de deshielo	Área de captación amplia	Muy Húmedos	Muy Húmedos	Húmedos	Secos con escasos eventos húmedos	Secos con frecuentes eventos húmedos	Secos con frecuentes eventos húmedos	
	Área de captación reducida	Húmedos	Muy Húmedos	Húmedos a Secos	Secos	Secos	Secos a Húmedos	
Sistemas con aporte de deshielo	Área de captación amplia	Secos	Secos con escasos eventos húmedos	Secos con frecuentes eventos húmedos	Húmedos con frecuentes eventos secos	Húmedos con escasos eventos secos	Secos	
	Área de captación reducida	Secos	Secos	Secos a Húmedos	Húmedos	Muy húmedos	Secos	
		10.000	9000	8000	7000	6000	5000	4000
		Años AP						

FIGURA 9.2. Resumen gráfico de las características ambientales de escala sub-regional y local de la Puna Seca estratificadas en sistemas con y sin aporte glacial.

En términos sub-regionales y locales, durante el Holoceno Temprano (10.000-8000 AP) es esperable que:

- 1) las áreas relacionadas a sistemas sin aporte –o, al menos, con aporte escaso- de deshielo (*i.e.* cuencas por debajo de los 4000 msnm²) muestren condiciones claramente más húmedas, debido a la abundancia de precipitaciones y los bajos valores de evaporación regional vinculados, a su vez, a las bajas temperaturas del período.
- 2) en las cuencas altas, estas mismas condiciones climáticas habrían producido condiciones relativamente secas (en comparación con lapsos posteriores y con el estrato anteriormente citado) debido a que generarían lapsos más cortos de licuación del permafrost y ablación glacial dificultando la génesis de suelos y vertientes.
- 3) a pesar de esto, estas mismas condiciones habrían producido en las cuencas altas un progresivo aumento de las reservas hídricas regionales desde el MG que impactarán de manera notable en lapsos posteriores al 9000 AP en sistemas con cuencas amplias y particularmente en torno al 8000 AP en aquellos con áreas de captación hídrica pequeña.

El efecto de la transición hacia condiciones más cálidas y secas -que regionalmente se ubica entre ~8000 y 7000 AP- se traducirían en una amplia variabilidad de respuestas en cada uno de los estratos definidos. En este sentido, durante este lapso sería esperable que:

- 1) en las cuencas sin aporte glacial, las condiciones de humedad precedentes se mantengan hasta ~7000 AP, probablemente debido a los altos niveles freáticos alcanzados durante el período previo.
- 2) ante la instalación de condiciones más cálidas y secas, este tipo de cuencas pueden mostrar eventos secos puntuales, como el registrado en PCH hacia el 7300 AP.
- 3) los sistemas con áreas de captación hídrica pequeña iniciaron un rápido proceso de desecación que comenzaría en torno al 8100 AP –como lo ejemplifica el caso de Lapao-
- 4) ante el aumento gradual de la temperatura media regional -como el registrado a partir del 8000 AP- las cuencas altas comenzaran a tener un aporte más frecuente de aguas de deshielo y condiciones más benignas para la descomposición eficiente de la materia orgánica, involucrada en el desarrollo de suelos.

² Cabe mencionar que este límite de 4000 msnm es un valor medio que representa la transición entre las unidades de tolar y pajonal en una escala regional. Debe tenerse en cuenta que en el caso de la Puna Salada, por ejemplo, dicho límite rondaría los 3800 msnm.

5) en las cuencas con amplias áreas de captación, se registra la presencia de eventos húmedos aislados más tempranamente (*i.e.* ~9000 AP) que en las de áreas pequeñas, que comenzarían a evidenciarlos solo a partir del 8000 AP.

Con la instalación de condiciones cada vez más cálidas a partir del 7000 AP y el aumento de la frecuencia de anomalías de corto plazo como las relacionadas a ENSO, a partir del 6000 AP, el lapso comprendido entre el 7000 y 5000 AP constituye el momento ambiental más heterogéneo tanto espacial como cronológicamente. En este sentido, es esperable que:

- 1) existieran condiciones contrastantes entre los sistemas con pequeñas áreas de captación ubicados por encima y debajo de los 4000 msnm, siendo muy húmedas en el primer caso y secas en el segundo. Los ubicados por encima de esta cota evidenciaran condiciones muy húmedas
- 2) los sistemas con amplias áreas de captación se mostrarían fluctuantes, dominando las condiciones húmedas en los sistemas con aporte glacial y las secas en las que el mismo tiene una participación reducida.

Finalmente, es esperable que durante el lapso 5000-4000 AP se registren condiciones de sequedad en todos los estratos, instalándose de manera abrupta en los sistemas de cotas altas con pequeñas áreas de captación (como en el caso de Alto Tocomar, que lo hacen en torno a 5500 AP). En los sistemas de cotas bajas es esperable que las condiciones de aridez -que serían una continuación de momentos secos previos- se mantuvieran hasta ~4500 AP, cuando comenzaría a evidenciarse un incremento en la frecuencia de eventos húmedos, sobre todo en las cuencas con amplias áreas de captación hídrica.

Ahora bien, teniendo en cuenta estas tendencias paleoambientales de diferente escala, ¿qué áreas de la Puna Seca estarían disponibles para su explotación por parte de los grupos humanos? ¿Cómo se traducirían los efectos de estas tendencias y sus cambios en términos de la abundancia y distribución de la productividad primaria y secundaria en las diferentes zonas del área? Estas preguntas se abordan en el siguiente apartado para definir el “modelo de áreas disponibles y estructura de recursos durante el Holoceno temprano y Medio en la Puna Seca”.

LOS EFECTOS: MODELO DE ÁREAS DISPONIBLES Y ESTRUCTURA DE RECURSOS DE LA PUNA SECA DURANTE LA PRIMERA MITAD DEL HOLOCENO (10.000-4000 AP)

El modelo de estructura de recursos para la primera mitad del Holoceno en la Puna Seca presentado en este apartado (Figura 9.3) se estructura sobre tres variables generales: 1) la abundancia de recursos, 2) su predicibilidad y 3) su distribución, durante el período 10.000-4000 AP. La primera de estas variables ha podido ser estimada cuantitativamente, mientras que las estimaciones sobre las restantes son de naturaleza cualitativa. A continuación se describen la forma en que dichas estimaciones fueron obtenidas y sus resultados.

ABUNDANCIA DE RECURSOS: LAS ESTIMACIONES CUANTITATIVAS DEL MODELO

En lo concerniente a las estimaciones cuantitativas de la abundancia de recursos, ha sido posible estimar tres aspectos:

a) El “*porcentaje de variación en la abundancia de Zonas de Concentración de Nutrientes*”³ cada 1000 años en una escala regional⁴ en relación al valor medio de los 6000 años estudiados. Además, se ha calculado dicho parámetro discriminando su porcentaje por encima y debajo de los 4000 msnm. Estos porcentajes de aumento o reducción durante el lapso 10.000-4000 AP ha sido obtenido recurriendo al procedimiento siguiente:

- a.1) en primer lugar, se ha calculado el N regional de turberas cada 500 años para el período 10.000-4000 AP—en base a los datos presentados en el Capítulo 7⁵— (ver ANEXO DEL CAPÍTULO 9, TABLA 1 Y GRÁFICO 1),
- a.2) luego, se han obtenido los valores medios cada 1000 años (tanto los que incluyen ambos rangos altitudinales como los que los discriminan) y el correspondiente a la serie de 6000 años (ANEXO DEL CAPÍTULO 9, TABLA 1 Y GRÁFICO 1).
- a.3) a partir de estos dos valores ha sido posible calcular el valor porcentual de variación cada 1000 años en relación a la media general de la serie (*i.e.* 6000 años) (ANEXO DEL CAPÍTULO 9, TABLA 1 Y GRÁFICO 1).
- a.4) finalmente, los valores porcentuales resultantes disponibles (ANEXO DEL CAPÍTULO 9, TABLAS 1, 2 Y 3; GRÁFICOS 1, 2 Y 3) se expresan en la Figura 9.3. incluyendo tanto los del área

³ Como se ha mencionado en el capítulo 7, ya que la presencia de turberas resulta un *proxy* de la presencia de ZCN, realmente lo que se ha calculado es el porcentaje de turberas cada 1000 años en relación a la media de la serie.

⁴ La decisión de trabajar con los N regionales de turbera -tanto para este caso como para el cálculo de la PPN responde a cuestiones metodológicas relacionadas al N muestral. En este sentido se considera que al trabajar con los valores regionales de N se reducen los posibles sesgos vinculados a valores de N reducidos y valores poco representativos como ya se ha mencionado en el Capítulo 7.

⁵ Es por la inclusión solo de las fechas entre el 10.000 y el 4000 AP que el N total de dataciones de turberas se reduce a 85 (en lugar de las 97 originales).

andina en general como los de los estratos ubicados por encima y debajo de los 4000 msnm (ver Figura 9.3).

b) El “valor medio de PPN (*i.e.* productividad primaria neta, g/km²/año) cada 2000 años” – *i.e.* 10.000-8000 AP, 8000-6000 AP y 6000-4000 AP- para la Puna Seca, siguiendo el siguiente procedimiento:

b.1) se calculo el porcentaje de variación de ZCN cada 2000 años en relación a la media, recurriendo a los mismos datos del caso anterior (ANEXO DEL CAPÍTULO 9, TABLAS 1, 2 Y 3; GRÁFICOS 1, 2 Y 3).

b.2) luego, se calculó el cociente entre los valores regionales de ZCN cada 2000 años y el valor medio de precipitaciones estimado para el Holoceno Temprano a partir de lo sugerido por Grosjean *et al.* (1995) (si estos autores sugieren la duplicación de las precipitaciones, en el caso de la Puna Seca este valor que alcanzaría los 625 mm/año⁶).

b.3) así, el valor resultante de este cociente corresponde a la tasa de incremento en las precipitaciones por unidad porcentual de las ZCN

b.4) al contar con las estimaciones porcentuales de variaciones de ZCN para los restantes dos lapsos fue posible multiplicar los valores de dicha tasa por la diferencia entre los valores porcentuales de variación ZCN de los dos períodos restantes en relación a los del Holoceno Temprano, pudiéndose estimar mediante esta operación los valores de precipitación media correspondientes.

b.5) contando con valores estimados de precipitaciones para los tres lapsos, entonces, fue posible calcular sus valores de PPN aplicando la formula de Rosenzweig (1968) ya utilizada durante el Capítulo 5 de esta tesis.

c) la “abundancia media de nutrientes de origen animal por Km² cada 2000 años” (*i.e.* energía en kilocalorías y kilogramos de proteínas y grasas por km²) a partir de la abundancia de unidades animales (*i.e.* N de vicuñas por km²) calculada a partir de los valores de PPN. Esto se realizó de la siguiente manera:

c.1) se calculó la biomasa de herbívoros en relación a la PPN obtenida mediante b) la aplicación de la formula de Mc Noughton *et al.* (1989) que, como ya se ha observado en el capítulo 5, resulta conservadora en relación a algunos valores censales obtenidos en Jujuy.

c.2) luego, los valores de biomasa de herbívoros resultantes de esta operación -expresados en Kg/km²- fueron divididos por el valor medio del peso de vicuñas de diferente sexo y

⁶ en relación al valor medio actual de 312 mm/año citado en el Capítulo 4

rangos etarios obtenido de los datos publicados por Yacobaccio (2006), permitiendo obtener el N de camélidos por km² sobre el cual

c.3) se aplicaron los valores medios de kilocalorías, proteínas y grasas por km² estimados para camélidos citados por Muscio (1995).

Los resultados de estas tres estimaciones se expresan en la Figura 9.3 y se discuten a continuación.

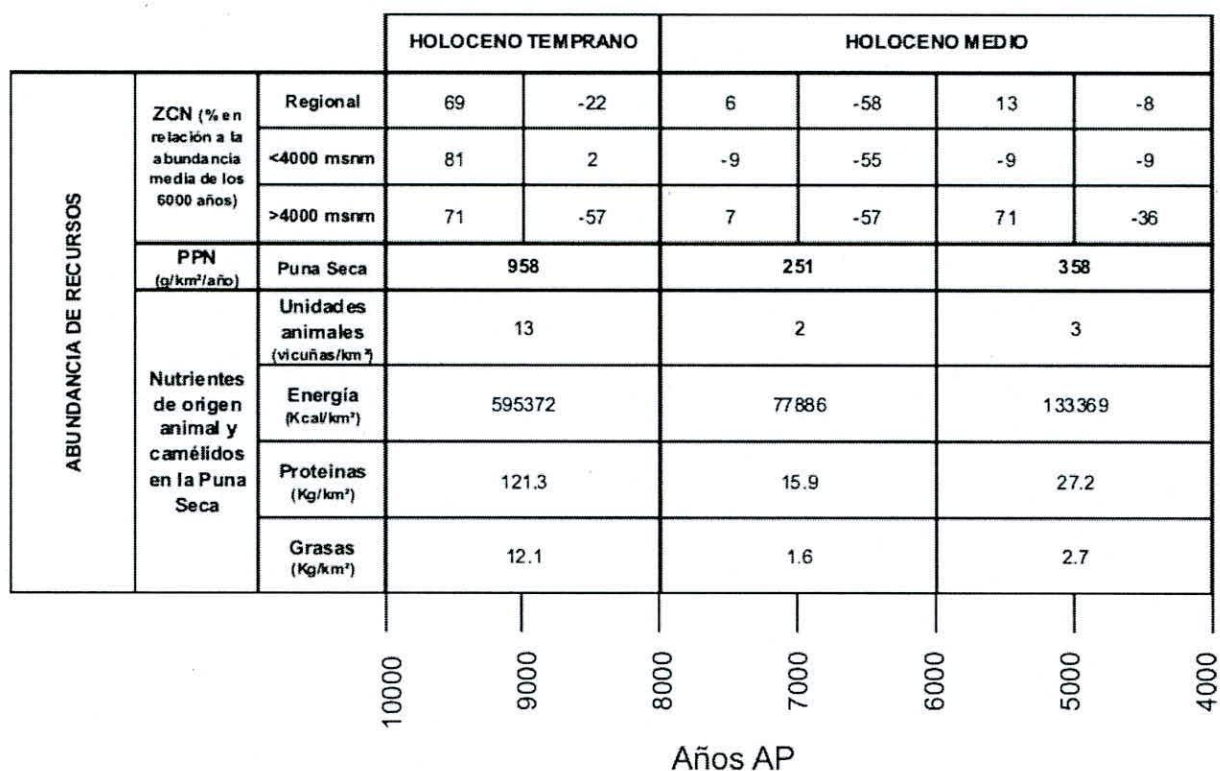


FIGURA 9.3. Estimaciones cuantitativas sobre la abundancia de recursos entre el 10.000 y el 4000 AP, en términos de la abundancia porcentual regional de ZCN, valores de la PPN media y abundancia de camélidos y su correlato nutricional para la Puna Seca.

Si se observa la Figura 9.3 y se tiene en cuenta el régimen de precipitaciones del Holoceno Temprano —i.e. sus elevados valores medios y su estacionalidad reducida— resulta destacable que la abundancia de ZCN sea sólo un ~50% mayor que la del Holoceno Medio, mientras que la PPN resulta entre 3 y 4 veces más importante que la de los períodos 6000-4000 AP y 6000-8000 AP, respectivamente. Si traducimos estos valores de PPN en los términos energéticos derivados de la estimación de biomasa de camélidos, se observa que su abundancia resulta aún mayor, llegando a traducirse en una oferta de energía en el paisaje hasta 6 veces superior que la del período 8000-6000 AP. Si bien las expectativas sobre la organización de los grupos C-R se abordaran en el capítulo siguiente de esta tesis, no puede dejar de mencionarse el impacto evidente que este tipo

de modificación en la oferta de recursos –*i.e.* una reducción de ~80% de los nutrientes de origen animal y del 50% de las ZCN- tuvo que haber generado en sociedades con una base de subsistencia extractiva.

Al respecto, cabe mencionar, que los valores aquí obtenidos deben ser tomados como preliminares, ya que descansan sobre un cuerpo reducido de estimaciones sobre el volumen de precipitaciones para el Holoceno Temprano. Este hecho ilustra la necesidad de contar en el futuro con estimaciones cuantitativas abundantes, precisas y confiables sobre parámetros climáticos centrales -como los valores de las precipitaciones y temperaturas- en el pasado. Por esto, es menester orientar los futuros esfuerzos de investigación a la obtención de dichos valores, ya que son estas estimaciones cuantitativas las que permitirán definir la verdadera magnitud del impacto producido en la estructura de recursos del área por los diferentes cambios paleoambientales ocurridos a lo largo del Holoceno.

No obstante, si bien los valores efectivos de estas estimaciones sobre la abundancia de recursos en la Puna Seca pueden variar en el futuro, las relaciones de magnitud entre los cambios de estas variables no, ya que dependen de la estructura de los algoritmos utilizados y no de los valores. En este sentido, las relaciones observadas que indican que cambios importantes en las precipitaciones y la PPN del área impactan de manera moderada en la abundancia de ZCN y muy intensa en la abundancia de biomasa secundaria se mantienen. Este es punto que fija una relación que debe ser tenida en cuenta a la hora de generar expectativas arqueológicas a partir de información paleoambiental.

DISTRIBUCIÓN DE LOS RECURSOS EN LA PUNA SECA

La estimación cualitativa subregional de la distribución de recursos en la Puna Seca, se ha realizado mediante síntesis gráficas (Figuras 9.4, 9.5 y 9.6). Para ello se ha tomado como base la zonación actual de PPN de la Puna Seca descrita en el capítulo 5 (Zonas 1 a 4, ver Figura 5.2) - segmentado las porciones de estas zonas que se encuentran por encima de los 4000 msnm (ver línea blanca en las figuras mencionadas)- y estableciendo expectativas diferenciales para el área - *i.e.* escala cromática de las figuras- en función de:

- I) las variaciones en la PPN calculada para cada lapso de 2000 años ilustradas en la Figura 9.3
- II) la abundancia porcentual de ZCN cada 1000 años indicada en la misma figura
- III) la información sobre las tendencias en la humedad regional ilustrada en la Figura 9.1.

Ya que se buscó simplificar la lectura de estas síntesis gráficas, el comportamiento diferencial inferido para los sistemas con diferentes áreas de captación hídrica (obtenidos a partir del análisis de diatomeas y proxies complementarios del Capítulo 8, reseñado en la Figura 9.2) que constituye el cuarto elemento contemplado en la distribución de recursos, se comenta de manera general junto con la descripción de los patrones resultantes.

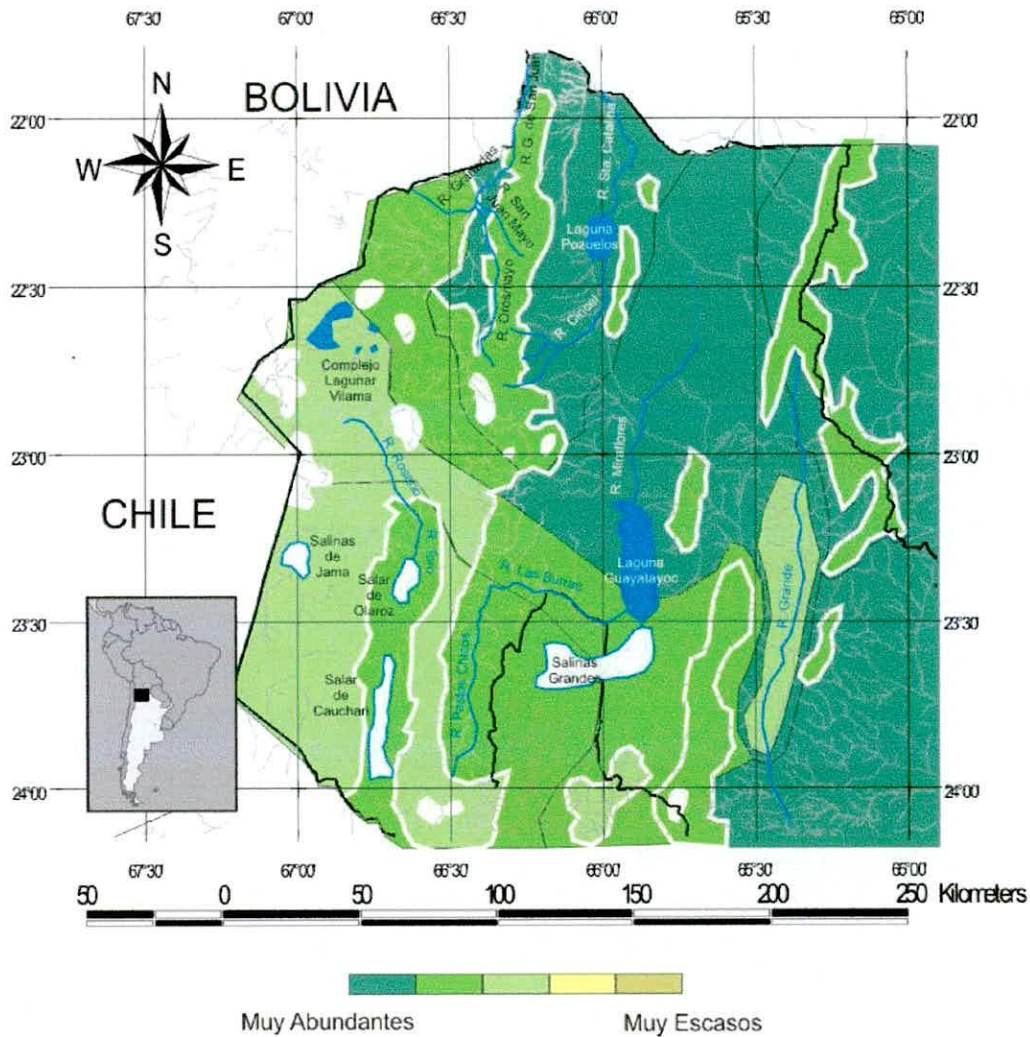


FIGURA 9.4. Distribución de recursos en la Puna Seca entre el 10.000 y el 8000 AP.

Como se aprecia en la Figura 9.4, durante el período 10.000-8000 AP, los recursos se presentarían abundantes en todo los sectores de la Puna Seca, a excepción de: 1) las “tierras altas” (*i.e.* >4000 msnm) al oeste de la cuenca del río Pastos Chicos (*i.e.* serranía de Taire), 2) la ubicadas al oeste de la cuenca Olaroz-Cauchari (entorno a las Salinas de Jama), 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 (al oeste de la laguna Pozuelos) y la de Zenta-Santa Victoria (al este del río Grande) estarían concentrando la mayor abundancia de recursos de la Puna Seca.

No obstante, esta distribución no parece haber sido estable a lo largo de todo el período. Al respecto, la distribución de estos recursos habría sido más homogénea y abundante durante el lapso 10.000-9000 AP que durante el 9000-8000 AP. Durante el primer lapso, las ZCN serían mucho más frecuentes y se concentrarían en cuencas sin aporte de deshielo con diferentes áreas de captación. Durante el lapso 9000-8000 AP es posible que una cantidad considerable de las cuencas con menor área de captación hubieran presentado eventos de déficit hídrico y las ZCN hayan comenzado a estar disponibles más frecuentemente en cuencas con aporte de deshielo de cotas altas (>4000 msnm). Estos procesos combinados habrían generado una dispersión mayor de las ZCN durante el lapso 9000-8000 AP que en momentos precedentes. Finalmente, las zonas ubicadas por encima de los 5000 msnm (áreas blancas) estarían cubiertas de nieve durante la mayor parte del año, por lo que no presentarían una oferta de recursos importante.

En cuanto a la distribución general de los recursos durante el período 8000-6000 AP, sintetizado en la Figura 9.5, resulta notable el aumento de su dispersión debido al descenso regional en su abundancia, generado por la marcada reducción de las precipitaciones y aumento de las temperaturas del área. Sin embargo, dicha dispersión parece haber sido mucho más importante durante el período 7000-6000 AP que en el 8000-7000 AP. En la Figura 9.5 -que muestra las condiciones promediadas del lapso completo- es posible observar recursos abundantes solo en las zonas altas del noroeste de la Puna Seca -entorno a las serranías de Zenta-Santa Victoria, Volcán (sudeste de Salinas Grandes) y el Aguilar (hacia el noreste de la laguna de Guayatayoc)- y, con una abundancia algo menor, en las tierras altas del sudoeste del área. Las áreas restantes muestran una abundancia de recursos escasa (hacia el norte y este de la región) y muy escasa (hacia la zona centro-sur).

Si bien la distribución de recursos durante el lapso 8000-7000 AP parece haber sido similar a la del lapso 9000-8000 AP, podría haber presentado una mayor concentración de ZCN en las cuencas con aporte de deshielo ubicadas por encima de los 4000 msnm, reduciéndose las vinculadas a sistemas con áreas de captación reducida ubicadas por debajo de esta cota. Por el contrario, durante el lapso 7000-6000 AP es factible que la mayor parte de las ZCN presentes en los sistemas ubicados por debajo de la cota de 4000 msnm hayan desaparecido, siendo la excepción aquellas ubicadas alrededor de las cuencas principales (ej. Pastos Chicos-Las Burras, Miraflores, Cincel y Sta. Catalina). Además, cabe la posibilidad de que durante este lapso aumentara la frecuencia de ZCN vinculadas a sistemas con diferentes áreas de captación ubicados

en las tierras altas de la Puna Seca, debido al incremento del aporte de aguas de deshielo derivado del aumento de las temperaturas registrado durante el Holoceno Medio (ver Capítulo 6). Finalmente, es necesario mencionar que las ZCN presentes entre el 8000-6000 AP comienzan a estar signadas por el aumento de la estacionalidad de las precipitaciones, lo que habría impreso una dinámica estacional marcada en la distribución temporal de los recursos en la región.

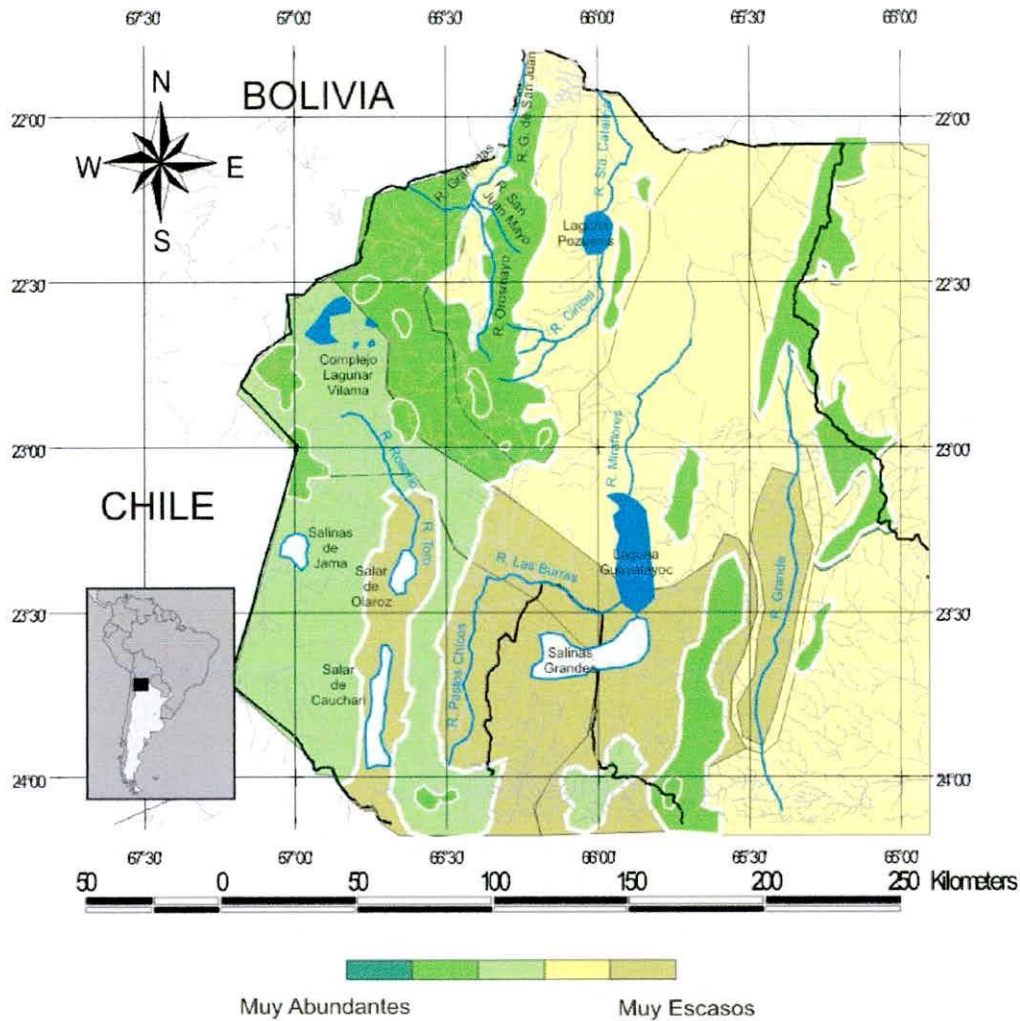


FIGURA 9.5. Distribución de recursos en la Puna Seca entre el 8000 y el 6000 AP.

En cuanto al período 6000-4000 AP, FIGURA 9.6, sucede algo similar a los casos anteriores en cuanto a las diferencias entre ambos bloques de 1000 años (en este caso 6000-5000 AP y 5000-4000 AP), aunque más marcada aún. Si bien el modelo promediado para el período completo muestra una distribución más homogénea que en el caso del lapso 8000-6000 AP -debido principalmente al aumento de la abundancia de recursos en los sectores centro-norte, centro sur y hacia el este de la Puna Seca-, la zona sudoeste (hacia el oeste del río Pastos-Chicos) y alrededores

del Complejo Lagunar Vilama podrían haber presentado una abundancia importante de recursos y frecuentes ZCN vinculadas a sistemas con áreas de captación de tamaño variado, al menos, hasta el 5000 AP. A partir de ese momento, la distribución de recursos pareciera haber sido notablemente más dispersa que en lapsos anteriores y las ZCN haberse restringido a las cuencas con áreas de captación más amplia. De la misma manera, en el área noroeste de la Puna Seca -si bien la escala cromática sugiere condiciones similares a las mencionadas en el período 8000-6000 AP- es posible que haya estado sujeta a una dinámica similar a lo ocurrido con las cuencas en el sudoeste durante el 5000-4000 AP (ver Figura 9.6). No obstante, la mayor abundancia de sistemas fluviales y palustres con amplias áreas de captación y los valores medios de PPN (que en la actualidad cuadruplican los del sudeste) sugieren que en una escala regional el impacto de estas modificaciones en la abundancia y distribución de los recursos habría sido mucho menor.

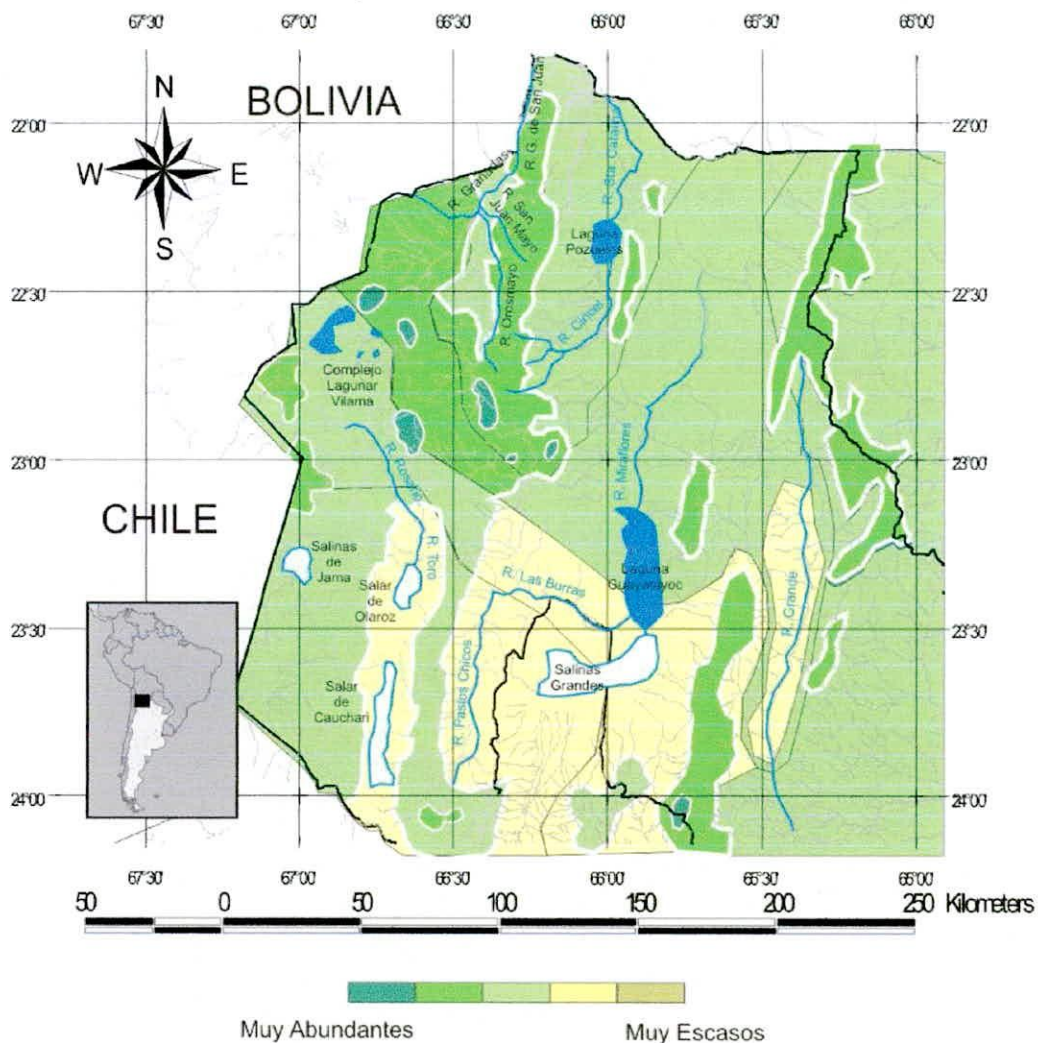


FIGURA 9.6. Distribución de recursos en la Puna Seca entre el 6000 y el 4000 AP.

PREDICIBILIDAD ESPACIO- TEMPORAL DE LOS RECURSOS EN LA PUNA SECA

Dada la diversidad de recursos presentes en la Puna Seca, las estimaciones cualitativas obtenidas sobre su predicibilidad han requerido incorporar:

- I) los datos sobre comportamiento de los camélidos (Capítulo 5),
- II) la dinámica de las diferentes cuencas hídricas (Tchilinguirian 2009) citada en el mismo capítulo,
- III) los resultados paleoambientales obtenidos en el Capítulo 8 y
- IV) los datos sobre estacionalidad mencionados en el Capítulo 4 de esta tesis.

Las expectativas se han dividido en predicibilidad espacial y temporal, y la primera, como en los casos anteriores, en sectores ubicados por encima y debajo de los 4000 msnm. Este último dato surge esencialmente de las expectativas diferenciales sugeridas por los resultados obtenidos del análisis de dataciones de turberas del Capítulo 7 y de las estimaciones cuantitativas sobre abundancia de ZCN de la Figura 9.3. En cuanto a la predicibilidad temporal de corto plazo, sus expectativas descansan básicamente de la dinámica de ENSO esperada para cada lapso y las inferencias sobre el grado de estacionalidad sugeridas para el período estudiado, presentadas en el Capítulo 4 y retomadas en la Figura 9.1 del presente capítulo. Las estimaciones se han esquematizado en la figura 9.7 y se comentan a continuación.

		HOLOCENO TEMPRANO		HOLOCENO MEDIO		
		<4000 msnm	>4000 msnm			
PREDICIBILIDAD DE RECURSOS	Espacial	Muy alta por recursos mejor distribuidos en el espacio y menor estacionalidad	Alta aunque en abundancia menor que en áreas <4000 msnm	Alta pero menor que durante el HT y sujeta a estacionalidad	Moderada y estacionalmente pautada	Moderada y estacionalmente pautada (más alta partir del 4500 en el área <4000 msnm)
	Temporal	Predicible con frecuentes eventos impredecibles de baja intensidad y estacionalidad poco marcada		Altamente predicible aunque con escasos eventos impredecibles muy intensos y sujeta a estacionalidad		Predicible con frecuentes eventos impredecibles de moderada intensidad y sujeta a estacionalidad
		10000	9000	8000	7000	6000
						5000
						4000
		Años AP				

FIGURA 9.7. Estimaciones sobre la predicibilidad espacio-temporal de los recursos de la Puna Seca entre el 10.000 y el 4000 AP.

En cuanto a la predicibilidad espacio-temporal de los recursos, resulta destacable la baja variabilidad interanual esperable y la estabilidad de las ZCN vinculadas a sistemas con amplias áreas de captación hídrica durante el período comprendido entre los 10.000 y 7000 años AP. Obviamente, dicha predicibilidad se verá afectada por la naturaleza y abundancia de cada tipo de recurso. Por ejemplo, si tomamos a los camélidos durante este período, si bien su abundancia regional se estima considerablemente mayor (Figura 9.3), es posible que su predicibilidad espacial fuera algo menor que durante el Holoceno Medio, ya que ante una oferta más abundante y regular de PPN y ZCN en el paisaje los grupos de animales pudieran dispersarse más en el paisaje. Por el contrario, la baja oferta de áreas productivas durante momentos como el 7000-6000 AP o el 5000-4000 AP concentraría la mayor parte de esta fauna en puntos discretos del paisaje tornándolos espacialmente más predecibles. El ejemplo opuesto lo constituyen los roedores como el *Lagidium* sp., que por sus necesidades ecológicas presentan una distribución restringida a las zonas de roquedales (Capítulo 5) y sus poblaciones están fuertemente correlacionadas a la humedad del ambiente. Esto sugiere que, al estar espacialmente constreñidos, su predicibilidad espacio-temporal covariaría directamente con la PPN.

Finalmente, e independientemente de que los recursos resulten muy abundantes y homogéneamente distribuidos (como en el lapso 10.000-9000 AP) o más dispersos (durante el lapso 9000-7000) el lapso comprendido entre el 10.000 y 7000 AP constituye el momento en que, en general, los recursos resultarían más predecibles temporalmente. Al respecto -como se hace referencia en la Figura 9.1- la mayor estacionalidad presente a partir del 8000 AP y el aumento de frecuencia de eventos anómalos intensos que se instalan en el período 8000-6000 AP podría haber comenzado a tener un efecto negativo en la predicibilidad de corto plazo en los recursos a partir del 7000 AP, sobre todo en lo referente a la disponibilidad de los sistemas con áreas de captación hídrica pequeña ubicadas por debajo de los 4000 msnm.

EXPECTATIVAS ARQUEOLÓGICAS DERIVADAS DE LOS MODELOS PALEOAMBIENTALES

CAPÍTULO

10

INTRODUCCIÓN

Como se mencionó en el capítulo introductorio de esta tesis (Capítulo 1), hasta el momento, la evidencia arqueológica pasible de ser utilizada para definir patrones y tendencias confiables sobre diferentes aspectos organizativos de los Cazadores-Recolectores (C-R) durante el Holoceno Medio en la Puna Seca resulta fragmentaria. Por esta razón es que se ha propuesto que los estudios paleoambientales resultarían herramientas metodológicas útiles para definir los escenarios paleoambientales a partir de los cuales generar hipótesis arqueológicas que permitirían abordar las tendencias y caracterizaciones regionales de dichos aspectos organizativos.

Este capítulo intenta ilustrar esta afirmación, tomando como base el modelo de áreas disponibles y estructura de recursos para la primera mitad del Holoceno en la Puna Seca elaborado en el capítulo anterior. A partir de este modelo se derivan una serie de expectativas teóricas sobre diversas esferas organizativas de los grupos humanos que habitaron el área durante este período recurriendo a las premisas y modelos teóricos descriptos en el Capítulo 3. Estas expectativas se orientan a caracterizar y comprender la dinámica en términos sistémicos de ciertos aspectos generales de los patrones organizativos de los grupos cazadores-recolectores que habitaron el área. Dichos patrones incluyen la movilidad residencial, el tamaño de los grupos C-R y las estrategias y técnicas vinculadas al aprovechamiento de recursos claves como las materias primas líticas y la energía, entre otras. Estas expectativas sistémicas –así como sus correspondientes consecuencias observacionales en el registro arqueológico- se han estructurado en bloques cronológicos de 2000 años –i.e. 10.000-8000 AP, 8000-6000 AP, 6000-4000 AP- en virtud de la estructura del modelo paleoambiental mencionado que se resume brevemente para cada caso.

En el apartado final de este capítulo parte de estas consecuencias observacionales son discutidas de manera general a la luz de la información arqueológica correspondiente a las

ocupaciones humanas del lapso 10.000-4000 AP que fuera reseñada en el Capítulo 2 de este volumen.

IMPLICANCIAS SISTÉMICAS Y ARQUEOLÓGICAS DERIVADAS DEL MODELO DE ESTRUCTURA DE RECURSOS

Como se mencionó líneas arriba, mediante la articulación de los modelos paleoambientales propuestos en el capítulo anterior con los teóricos reseñados en el Capítulo 3 es factible obtener una serie de implicancias sobre diversos aspectos organizativos de los grupos C-R que habitaron la Puna Seca durante los primeros 6000 años del Holoceno. Los aspectos que aquí se abordan se refieren fundamentalmente a aspectos sistémicos (*sensu* Binford 1980) sobre patrones de movilidad y subsistencia, que incluyen: a) la frecuencia y características de los movimientos residenciales de los grupos C-R, b) el tamaño relativo de estos grupos, c) la estimación de la base de subsistencia, sus cambios y características a través del tiempo y d) las estrategias vinculadas al uso y obtención de recursos, en general, y de materias primas líticas alóctonas, en particular. Finalmente, estos aspectos sistémicos de los que se mencionan, además, parte de sus consecuencias observacionales en el registro arqueológico se resumen en las FIGURAS 10.1 y 10.2, respectivamente.

En relación a esto último cabe realizar dos salvedades. Por un lado, resulta claro que las implicancias que pueden ser derivadas del modelo paleoambiental exceden con creces las aquí propuestas, habiéndose hecho foco en este caso solo en las más generales debido a una mera cuestión arbitraria relacionado a la extensión del presente volumen. Por el otro, al mencionar que se mencionan “parte” de las consecuencias observacionales de la implicancias sistémicas se refiere al hecho de que algunas de ellas (ej. el tamaño de los grupos) resulta de difícil abordaje en el registro arqueológico.

ASPECTOS ORGANIZATIVOS DE LOS GRUPOS C-R DE LA PUNA SECA DURANTE EL LAPSO 10.000-8000 AP (HOLOCENO TEMPRANO)

A la hora de generar las implicancias en lo referente a estas variables, habrá que tener en cuenta el contexto ambiental sugerido por los modelos paleoambientales multi-escala presentados con anterioridad para este lapso, en el que:

1) las abundantes precipitaciones y bajas temperaturas favorecieron el desarrollo de

- 2) un paisaje regionalmente más húmedo y homogéneo, particularmente en la vertiente oriental de la cordillera, debido a la presencia de
- 3) un 50% más de ZCN que durante el Holoceno Medio en los Andes en general,
- 4) particularmente abundantes y homogéneamente distribuidas entre el 10.000 y 9000 AP,
- 5) en los sistemas sin aportes importantes de deshielo de la Puna Seca ubicados por debajo de los 4000 msnm, de especial modo, en el área centro norte de la provincia de Jujuy, implicando
- 6) una disponibilidad 3 o 4 veces mayor de presas que durante el Holoceno Medio lo que habría generado una oferta regular de nutrientes de origen animal en este sector de la Puna Argentina.
- 7) siendo particularmente predecibles en términos espaciales los recursos animales como *Lagidium* sp. y en menor medida los camélidos (ver Capítulo 9)

Así, es posible sostener en términos teóricos que durante el Holoceno Temprano, entre el 10.000 y el 8000 AP:

- A) los grupos C-R tuvieron una movilidad residencial frecuente (aunque sin descartar la presencia de partidas logísticas vinculadas a la caza) y con rangos anuales amplios, constituida por ocupaciones breves y más o menos reiterada de áreas de reparo (*i.e.* cuevas y aleros) de los *loci* mejor *rankeados* del área. Siguiendo el modelo de parches propuesto por Bettinger (1991), las zonas mejor *rankeadas* se encontrarían distribuidas en los sectores centro-norte (*i.e.* entre las serranías de Rinconada y Zenta-Sta. Victoria) y centro-sur de la Puna Seca. Estas zonas incluirían tanto, las cuencas principales, como los sectores superiores de sus tributarios, ya que -debido a las bajas temperaturas medias- los estratos ubicados por encima de los 4000 msnm podrían haber sido ocupadas sólo de manera eventual durante el verano.
- B) Si los costos de la movilidad están relacionados con el tamaño de los grupos (*sensu* Binford 2001), es esperable que los grupos de C-R presentaran un tamaño relativamente pequeño, en la escala de unidades domesticas extendidas.
- C) Teniendo en cuenta las altas disponibilidades de ZCN y PPN calculadas para el período, es posible que la biomasa de camélidos haya estado más dispersa en el paisaje que en momentos posteriores. Este hecho sumado a la alta viabilidad que las condiciones ambientales suponen para la proliferación de los roedores (ver Capítulo 5) y su predicibilidad espacial, es factible esperar que ambas fuentes de proteínas y grasas presentaran valores de ranking más próximos, consolidándose como los dos recursos alternativos más importantes.

- D) Los costos relativamente altos en la obtención de camélidos (ej. en términos de tasa de encuentro) y las temperaturas bajas del Holoceno Temprano (mayor necesidad de grasas) abrían propiciado un aprovechamiento intensivo de éste ítem (extracción sistemática de médula) (ver a modo de ejemplo, Rindel 2009).
- E) En relación a las formas de obtención e los recursos faunísticos (partiendo del Modelo I de Aschero y Martínez 2001), es factible esperar técnicas de caza solitarias o con la participación de pocos individuos por aproximación en lugares abiertos.
- F) Tomando los amplios rangos anuales de movilidad esperados, es esperable que las materias primas líticas dominantes en el registro arqueológico fueran aquellas de origen local, mientras que
- G) la incorporación de materias primas y otros recursos alóctonos estuviese esencialmente¹ subsumida en la movilidad y, por lo tanto, muestren un alto grado de conservación y mantenimiento, así como frecuencias no muy elevadas en el registro arqueológico.

Consecuencias observacionales para el lapso 10.000-8000 AP

En virtud de lo sugerido por las implicancias A y B obtenidas en términos sistémicos es esperable que el registro arqueológico evidencie una distribución diferencial de ocupaciones, siendo más frecuentes en las cotas ubicadas por debajo de los 4000 msnm. Dichas ocupaciones estarían restringidas a aleros y cuevas con secuencias de ocupaciones no muy extensas espacialmente, someras y posiblemente reiteradas. A partir de C y D resulta esperable que el registro zooarqueológico, tendiera a presentar durante este período frecuencias relativas más altas que en lapsos posteriores de roedores y otras taxas complementarias, así como un índice de fragmentación más elevados en el registro óseo de camélidos. Asimismo, a partir de la estacionalidad sugerida en A, es posible que en los poco frecuentes sitios de este período ubicados por encima de los 4000 msnm se registre una mayor abundancia de restos de camélidos nonatos y perinatos que en los ubicados por debajo de esta cota. En términos de las implicancias D y F es factible esperar una menor diversidad de cabezales líticos que en períodos posteriores ya que sería esperable una única técnica de caza. Asimismo, en términos de Aschero y Martínez (2001) dichos cabezales se tratarían de puntas de dardo triangulares pequeñas. En cuanto a las abundancias de materias primas (MP), según se deduce de A y G que los conjuntos líticos estarían ampliamente dominados por materias primas locales (dentro del radio de los 20 km, rango medio

¹ Sin descartar *items* incorporados por intercambio que pudo haber sido un mecanismo relativamente frecuente. Esto se funda en que ante densidades poblacionales bajas -como las esperables para la Puna durante este período- la necesidad de eventos de contacto entre grupos para mantener su viabilidad biológica resultan imprescindibles. Estas ocasiones son esenciales para el intercambio de personas y, obviamente, propician el flujo de bienes.

estimado para C-R por Binford 2001) acompañadas por la presencia en muy baja frecuencia de una amplia diversidad de MPs alóctonas.

ASPECTOS ORGANIZATIVOS DE LOS GRUPOS C-R DE LA PUNA SECA DURANTE EL LAPSO 8000-6000 AP (PRIMERA MITAD DEL HOLOCENO MEDIO)

Teniendo en cuenta que el lapso 8000-6000 AP:

- 1) se consolida como un periodo transicional en general más árido que el precedente,
- 2) durante el cual, hasta el 7000 AP, se mantiene un paisaje regional con condiciones relativamente húmedas –aunque en menor medida que durante el Holoceno Temprano- debido a que
- 3) las precipitaciones continúan siendo abundantes hasta esta fecha, las temperaturas y estacionalidad aumentan gradualmente, generando un balance hídrico negativo que se acentuará hacia el final de este lapso (*i.e.* 7000-6000 AP) y
- 4) un ambiente más heterogéneo y contrastante, con áreas y momentos particularmente productivos en relación a la media del lapso –ej. hacia el NO de la provincia de Jujuy y en las inmediaciones de la serranías de Zenta y Santa Victoria- y otros con una marcada dispersión y escasez de los mismos (ej. centro sur de la provincia y cuencas de Olaroz-Cauchari), en el que
- 3) la mayor abundancia relativa de ZCN se concentran más frecuentemente en las cuencas sin aporte de deshielo entre el 8000 y el 7000 AP, mientras que
- 4) entre el 7000 y 6000 AP solo estarían disponibles las cuencas principales ubicadas por debajo de los 4000 msnm, y sistemas con distintas áreas de captación por encima de esta cota,
- 4) consolidándose como el lapso con la menor oferta de recursos media en la Puna Seca, que aunque más predecibles espacialmente, parecieran haber sufrido intensas fluctuaciones en el corto plazo

Así, los grupos C-R durante el lapso 8000-6000 AP se habrían caracterizado por:

- H) presentar una movilidad residencial frecuente (aunque menor que durante el Holoceno Temprano) y con eventos periódicos de nucleamiento de grupos (Lee 1979, Aschero *et al.* 1999, Guenther 1996) (posiblemente estacionales², durante el invierno-primavera) a partir del 7000 AP. Sería esperable que -debido al aumento de la heterogeneidad del paisaje- los rangos de movilidad anual estuviesen más pautados que en el lapso previo, incorporando

² Recordar que ante el aumento en la estacionalidad de las precipitaciones inferido a partir del 7000 AP sería esperable un contraste más marcado entre los meses húmedos (Dic-Mar) y los secos (Jun-Nov).

puntos discretos del paisaje de manera recurrente. Los *loci* mejor *rankeados* (*sensu* Bettinger 1991) durante este lapso estarían disponibles: a) entre el 8000 y el 7000 AP, en las zonas ubicadas por debajo de los 4000 msnm, particularmente aquellos ubicados en la zona centro norte de la Puna Seca y en las cuencas hidrográficas principales y b) entre el 7000 y el 6000 AP, restringidos sólo a sistemas ubicados por encima de los 4000 msnm o sistemas con áreas de captación amplias o con un aporte importante de deshielo por debajo de esta cota.

- I) En virtud de que no sería esperable hasta el 7000 AP modificaciones sustanciales en la movilidad, no serían esperables modificaciones sustanciales en el tamaño de los grupos hasta esta fecha. No obstante, la presencia de eventos periódicos de nucleamiento esperables a partir del 7000 AP habrían generado aumentos temporarios en el tamaño de los grupos facilitando la implementación de nuevas estrategias en relación a la obtención de recursos (*ver infra*).
- J) Teniendo en cuenta la reducción en la disponibilidad de ZCN y PPN calculadas para el período y el aumento de la heterogeneidad del paisaje, es posible que la biomasa de camélidos se haya concentrado de manera sostenida en puntos particulares del paisaje desde el 8000 AP, y a partir del 7000 AP con mayor intensidad aún, volviéndolos más predecibles tanto espacial como temporalmente. Este hecho sumado a la reducción de la humedad ambiental y al aumento de la variabilidad climática de corto plazo que habría reducido sustancialmente las poblaciones de *Lagidium* sp., comenzaría a ubicar a los camélidos como la fuente principal de proteínas y grasas y el recurso mejor *rankeado* regionalmente.
- K) En relación a las formas de obtención e los recursos faunísticos (*sensu* Aschero y Martínez 2001) -y ante el aumento periódico del tamaño de los grupos- es factible esperar técnicas que combinen alternativamente la aproximación a de presas en lugares abiertos con la participación de pocos individuos (Modelo I) -durante los momentos de baja demografía- con eventos de caza colectiva con la participación de varios cazadores por intercepción (Modelos IIa y IIb) con o sin arreo.
- L) Esta nueva conformación de la estructura de recursos y los aumentos temporales de la demografía de los grupos habría propiciado el desarrollo de un proceso de especialización en la explotación de camélidos en el área.
- M) Tomando los rangos anuales de movilidad esperados y los eventos de nucleamiento mencionados, es esperable que las materias primas líticas dominantes en el registro arqueológico continuaran siendo aquellas de origen local (Kuhn 2004),

- N) aunque la incorporación de materias primas y otros recursos alóctonos sería más frecuente, pudiendo ser el resultado de la combinación de las obtenidas mediante la movilidad y el intercambio durante los eventos de nucleamiento, siendo esperable que muestren un aumento relativo en su abundancia en relación al lapso anterior, aunque manteniendo altos niveles de mantenimiento y conservación.

Consecuencias observacionales para el lapso 8000-6000 AP

En el caso del lapso 8000-6000 AP según lo sugerido por las implicancias H e I obtenidas en términos sistémicos es esperable que el registro arqueológico evidencie una distribución diferencial de ocupaciones, siendo más frecuentes en las cotas ubicadas por debajo de los 4000 msnm hasta el 7000 AP, particularmente, cueva y aleros próximos a sistemas hídricos con amplias áreas de captación. Entre el 7000 y el 6000, por el contrario, sería esperable una mayor frecuencia de ocupaciones en cotas altas (>4000 msnm). Sería esperable en términos de la mayor recurrencia y los eventos de nucleamiento sugeridos por H que las ocupaciones de este período fuesen más potentes, extensas y recurrentes espacialmente en la escala del sitio y menos abundantes y más localizadas en una escala regional. A partir de J resulta esperable que el registro zooarqueológico, tendiera a presentar durante este período frecuencias relativas más altas de restos de camélidos que en el lapso anterior en detrimento de los roedores y las otras taxas, así como un descenso en el índice de fragmentación del registro óseo de camélidos. En términos de las implicancias D y F es factible esperar a partir del 7000 AP una mayor diversidad de cabezales líticos que en cronologías anteriores, ya que sería esperable la presencia de técnicas de caza alternativas que emplean diferentes sistemas de armas (*sensu* Hughes 1991) (*i.e.* propulsor y lanza, respectivamente *sensu* Aschero y Martínez 2001). Así, a partir del 7000 AP sería esperable la coexistencia de cabezales como los mencionados para el lapso previo (puntas triangulares) con puntas lanceoladas grandes adscribibles al segundo sistema de armas (Aschero y Martínez 2001). En cuanto a las abundancias de materias primas (MPs), según se deduce de M y N los conjuntos líticos continuarían ampliamente dominados por materias primas locales (dentro del radio de los 20 km, rango medio estimado para C-R por Binford 2001) acompañadas por la presencia en mayor frecuencia³ que en el caso anterior de las procedentes de distancias medias (*i.e.* <50 km) y continuarían siendo poco abundantes y diversas las MPs distantes.

³ Debido a que sería esperable que el uso redundante y pautado de algunos puntos del paisaje generara un aumento relativo de las materias primas aprovisionadas en loci próximos incluidos en el rango anual.

ASPECTOS ORGANIZATIVOS DE LOS GRUPOS C-R DE LA PUNA SECA DURANTE EL LAPSO 6000-4000 AP (SEGUNDA MITAD DEL HOLOCENO MEDIO)

Por su parte, ya que el lapso 6000-4000 AP se caracteriza por:

- 1) ser esencialmente similar al lapso anterior en términos de su aridez general,
- 2) sin embargo, los valores medios de PPN y ZCN disponibles resultan ser algo mayores, sobre todo entre el 6000-5000 AP en las cotas altas.
- 3) No obstante, las temperaturas, estacionalidad y variabilidad ambiental de corto plazo parecen haber aumentado, manteniendo
- 4) un ambiente heterogéneo y contrastante, particularmente en lo que concierne a la disparidad entre las condiciones por encima y debajo de los 4000 msnm durante el lapso 6000-5000, momento durante el cual
- 5) las áreas más productivas se ubicarían entorno a los sistemas con diferentes áreas de captación por encima de los 4000 msnm hasta el 5000 AP, estando disponibles por debajo de esta cota solo las cuencas principales.
- 6) A partir del 5000 AP se reduciría notablemente la disponibilidad de las ZCN relacionadas a las cuencas con pequeñas áreas de captación ubicadas por encima de los 4000 msnm y
- 7) los recursos se habrían mantenido –aunque sujetos a una estacionalidad marcada y a periódicas fluctuaciones de corto plazo- restringidos tanto en las “zonas altas” como “bajas” a los sistemas palustres y fluviales de la Puna Seca con las áreas de captación más extensas en la Puna Seca.

Los patrones organizativos de los C-R del período 6000-4000 AP se caracterizarían por presentar:

- O) una movilidad residencial reducida y un aumento de la frecuencia de las partidas logísticas (*sensu* Kelly 1995) con escasos movimientos anuales de la base residencial, alternando su ubicación entre puntos fijos y recurrentes del paisaje. Sería esperable que debido a las altas temperaturas medias las ocupaciones alternaran entre áreas de reparo - durante el invierno en las zonas altas (>4000 msnm), ya que durante esta época serían las únicas zonas disponibles- y campamentos a cielo abierto próximos a las cuencas principales y tributarios de las zonas bajas durante los meses húmedos. Los *loci* mejor *rankeados* durante este lapso estarían disponibles: a) entre el 6000-5000 AP en las zonas ubicadas por encima de los 4000 msnm del oeste de la Puna Seca y b) a partir del 5000 AP, en las cuencas con mayor área de captación de ambos rangos altitudinales (*i.e.* por encima y debajo de los 4000 msnm) durante la mayor parte del año y en sus tributarios durante la estación húmeda.

- P) Partiendo de lo sugerido por Binford (2001), el tamaño de los grupos en este caso estaría constreñido en menor medida por la movilidad, por lo que sería esperable la presencia de grupos más numerosos. En este sentido, es factible que esta reducción en la movilidad favorecida por la inestabilidad ambiental de corto plazo haya propiciado que los eventos de nucleamiento precedentes se volvieran progresivamente permanentes, y solo se registrarán fisiones ante eventos de riesgo ambiental y estrés en los recursos (Blackburn 1996, Lee 1979). No obstante, sería esperable que el tamaño de estos grupos no superara los valores medios sugeridos para sociedades con una base de subsistencia extractiva (ver Kelly 1995, Binford 2001).
- Q) Teniendo en cuenta las similitudes con el período anterior en cuanto a la estructura de recursos estimada, es esperable que la biomasa de camélidos continuara concentrándose en puntos particulares del paisaje. Ahora bien, ante la escasa oferta de estos puntos en el espacio y la reducción de la movilidad de los grupos humanos, se puede esperar que ambas especies convergieran entorno a estos mismos *loci* generando una relación sinérgica. Al respecto Yacobaccio (2001, 2004) ha sugerido que uno de las relaciones posibles en estos escenarios es el *protective herding* (*i.e.* protección de manadas) que en su modelo se configura como un paso previo en el proceso de intensificación identificado como domesticación. En consecuencia, es esperable que a partir del 6000 AP los camélidos se consolidaran como el recurso faunístico casi exclusivo en la base de subsistencia de estas poblaciones.
- R) Asimismo, las características mencionadas, sumadas al aumento del riesgo derivado de la baja predicibilidad de corto plazo instalada por la alta variabilidad de eventos tipo ENSO, pudo haber impulsado una diversificación en la dieta, que en virtud de la movilidad esperada pudo haber descansado en un aumento en la frecuencia del consumo de vegetales.
- S) En relación a las formas de obtención e los recursos faunísticos y ante el aumento del tamaño esperable para los grupos a partir de la reducción de su movilidad- es factible esperar técnicas de caza colectiva con la participación de varios cazadores tanto por intercepción con o sin arreo (Modelos IIa y IIb, Aschero y Mertínez 2001) como caza por asecho con uso de parapetos (Modelo III, Aschero y Martínez 2001).
- T) Tomando la reducción en movilidad residencial esperada, es esperable que las materias primas líticas dominantes en el registro arqueológico continuaran siendo aquellas de origen local, manteniendo o aumentando levemente la frecuencia de materias primas alóctonas. No obstante, durante este lapso se esperaría una reducción en la diversidad de

estas últimas debido a su forma de obtención (recordar Kuhn 2004, Jones *et al.* 2003), que en este caso sería esperable que incluyeran

- U) el intercambio y partidas logísticas sistemáticas a fuentes de aprovisionamiento particulares (Kuhn 2004).
- V) Finalmente, la reducción de la movilidad residencial, el aumento del tamaño de los grupos sociales y la consolidación de procesos como la especialización y/o la intensificación habría favorecido el incremento progresivo de la desigualdad social y el prestigio de algunos individuos -o grupos de ellos- propiciando mecanismos relacionados al desarrollo de comportamientos sociales identificados como característicos de “sociedades C-R complejas” (ej. Hocsman 2002).

Consecuencias observacionales para el lapso 6000-4000 AP

Para el caso de la segunda mitad del Holoceno Medio (*i.e.* 6000-4000 AP) según lo sugerido por las implicancias O y P es esperable que el registro arqueológico evidencie una reducción en la abundancia regional de ocupaciones en la Puna Seca, y que las mismas pudiesen presentarse tanto en áreas de reparo como a cielo abierto. Las áreas que presentarían las frecuencias relativas más altas se ubicarían entre el 6000-5000 AP en las zonas ubicadas por encima de los 4000 msnm del oeste de la Puna Seca y a partir del 5000 AP en las cuencas con mayor área de captación de ambos rangos altitudinales (*i.e.* por encima y debajo de los 4000 msnm). Asimismo es posible que los sitios mostraran cierto grado de estacionalidad en sus ocupaciones, pudiéndose ocupar de manera recurrente durante el verano: a) entre el 6000 y 5000 AP las zonas ubicadas por debajo de los 4000 msnm y b) a partir del 5000 AP los tributarios de las cuencas principales del área. Asimismo, en cuanto a las características intra-sitio de las ocupaciones, la menor movilidad residencial y el aumento demográfico relativo de los grupos durante este período producirían facies estratigráficas más potentes y extensas tanto espacial como cronológicamente que las presentes durante los lapsos anteriores. A partir de Q y R resulta esperable que el registro zooarqueológico, tendiera a presentar casi de manera exclusiva restos de camélidos. En este sentido, y teniendo en cuenta la posibilidad del inicio de un proceso de intensificación en el seno de estos grupos con menor movilidad residencial, es factible que algunos de estos ejemplares de camélidos mostraran anomalías morfométricas vinculadas a las etapas iniciales del proceso de domesticación (*sensu* Yacobaccio 2004) y que el registro arqueológico comenzara a evidenciar un aumento en la frecuencia del procesamiento de vegetales para consumo. Tomando como base lo sugerido por la implicancia S resultaría esperable un aumento –aún mayor que en el caso anterior- de la diversidad de cabezales líticos vinculados a la obtención de los recursos faunísticos. En términos de las materias primas, debido a los cambios

en las formas de aprovisionamiento sugeridos por T y U se puede inferir un recorte notable en la variabilidad de rocas de origen alóctono y un posible aumento en su frecuencia, aunque continuaría dominando ampliamente las de origen local, sobre todo en la confección de instrumentos expeditivos y sin altas exigencias de performance (*sensu* Bousman 1993). Finalmente, según se deduce del inicio de un proceso de aumento de la complejidad social (V) sería esperable una serie de cambios notables en cuanto a las características del registro arqueológico del área, que entre muchos otros, podrían reflejarse en un aumento de la frecuencia de ítems de carácter suntuario, en la modificaciones en el tratamiento de los restos humanos, etc.

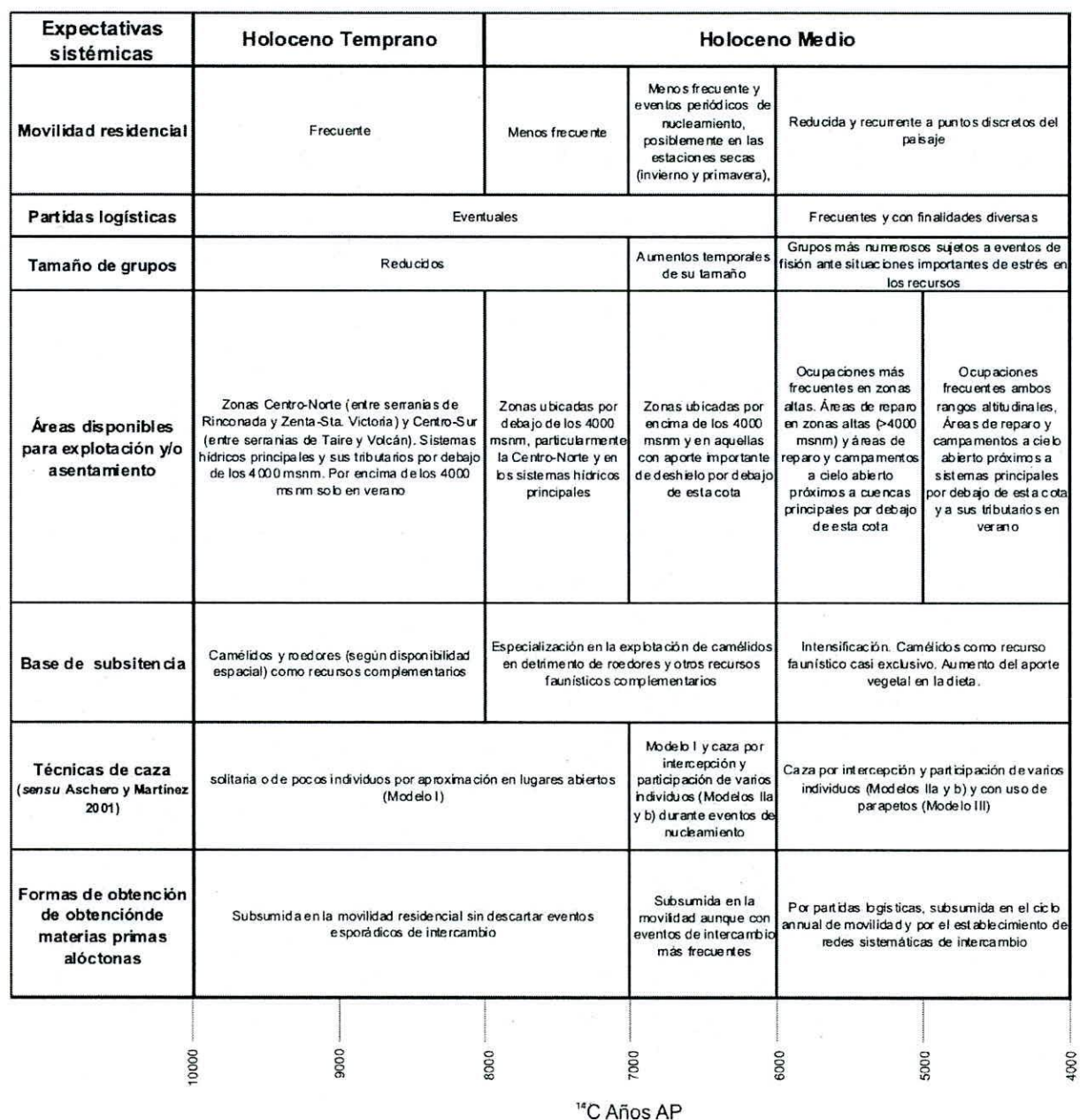


FIGURA 10.1. Síntesis de las expectativas sistémicas sobre los patrones organizativos de los grupos C-R de la Puna Seca durante la primera mitad del Holoceno

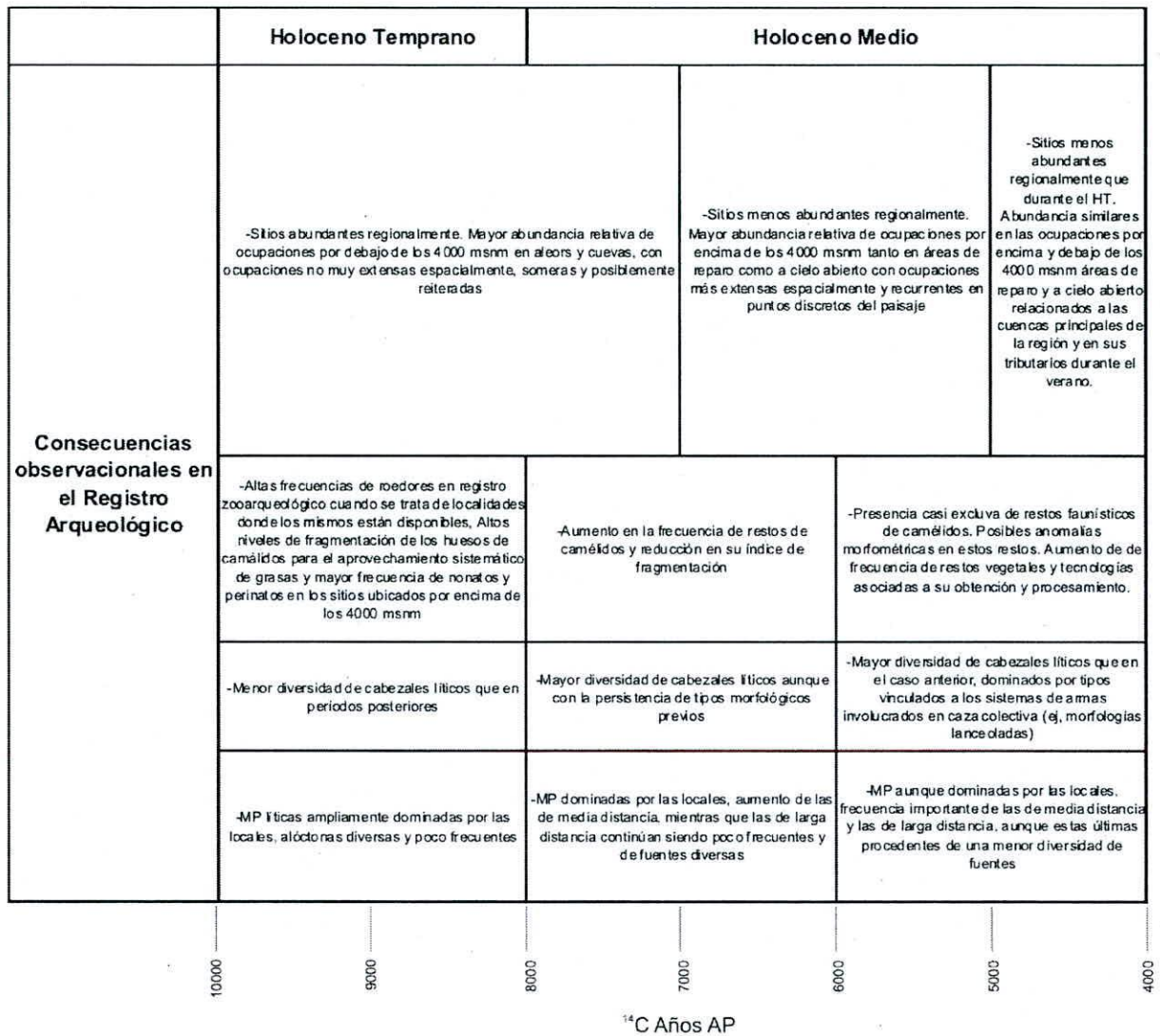


FIGURA 10.2. Síntesis de las consecuencias observacionales en el registro Arqueológico derivadas de las expectativas sistémicas de la FIGURA 10.1.

DISCUSIÓN DE LAS IMPLICANCIAS A PARTIR DEL REGISTRO ARQUEOLÓGICO DE LA PRIMERA MITAD DEL HOLOCENO

A partir de la observación y análisis de las implicancias y consecuencias observacionales descritas y resumidas en las FIGURAS 10.1 y 10.2 del apartado anterior se desprende una consideración importante. Si bien las expectativas han sido generadas para la Puna Seca, si se modifican algunos aspectos clave pueden ser útiles para otras áreas de la Puna de Atacama. A manera de ejemplo, si se desea abordar las expectativas sobre la distribución diferencial de sitios

por debajo o encima de una cota determinada en la Puna Salada, el límite de 4000 msnm impuesto para la Puna Seca debe descender hasta los 3800 msnm (ver Capítulo 5). De la misma manera, si lo que se buscara es aplicar las expectativas sobre la disponibilidad de las cuencas con área de captación pequeña en el caso de la Puna Salada, deberá estimarse en general una frecuencia menor en su disponibilidad que en la Puna Seca, ya que estos sistemas resultan en general más vulnerables por estar ubicados dentro de un área con un balance hídrico empobrecido respecto al sector norte de la Puna. En este mismo sentido, si se busca estimar la distribución relativa de sitios arqueológicos para el caso de la vertiente chilena se deberá tomar en cuenta: a) la fuerte gradiente altitudinal de la vertiente occidental que genera una reducida superficie de áreas por encima de los 4000 msnm (*i.e.* en comparación con la vertiente oriental) b) el marcado déficit hídrico que ha llevado a considerar segmentos de esta zona como un “desierto absoluto” (ej. Latorre *et al.* 2003) y c) sus diferencias con la vertiente oriental en los patrones de circulación atmosférica del área (ver Capítulo 4).

En virtud de lo dicho hasta aquí, si bien este apartado se aboca a discutir de manera general algunas de las expectativas para la Puna Seca, incluye en numerosos casos referencias a las situaciones en áreas aledañas a esta subregión. Para ello, las expectativas -resumidas en las FIGURAS 10.1 y 10.2- se discuten mediante el análisis de: a) la distribución diferencial espacio-temporal de las ocupaciones b) las abundancias y características de la arqueofauna y los materiales líticos presentes en estos sitios y c) aspectos general mencionados en la bibliografía sobre las sus características (ej. estratigráficas, emplazamiento general, extensión intra-sitio de las ocupaciones).

DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LAS OCUPACIONES HUMANAS

Para abordar este tema se ha recurrido a dos tipos de análisis. En primer lugar, se han graficado en las FIGURAS 10.3, 10.4 y 10.5 la relación entre las fechas radiocarbónicas y la altura a la que se encuentran los sitios de las que fueron obtenidas (datos disponibles en las TABLAS 1 Y 2 del ANEXO DEL CAPÍTULO 2). En estos gráficos se han indicado los límites altitudinales que generan expectativas diferenciales para cada caso: a) 4000 msnm para la Puna Seca, b) 3900 msnm (valor medio del los límites correspondientes a la Puna Salada y a la Seca) para el conjunto de ocupaciones de la Puna Argentina y para el conjunto de ocupaciones que incluyen ambas vertientes (ya que la vertiente chilena muestra límites similares a la Puna Salada, ver FIGURA 5.3 del Capítulo 5). Asimismo, en los casos que fueron pertinentes se han indicado con un símbolo diferente las ocupaciones correspondientes a la Puna Seca, Puna Salada y vertiente chilena.

En segundo lugar, para el caso de la Puna Seca se han ubicado espacialmente las ocupaciones con dataciones entre el 10.000 y el 4000 AP mencionadas en el Capítulo 2 sobre los mapas de áreas disponibles cada 2000 años del capítulo antecedente (FIGURAS 9.4, 9.5 y 9.6) aplicando tres símbolos distintos (ver referencias en la FIGURA 10.6) con el fin de establecer la presencia cada 1000 años de ocupaciones en cada sitio. A continuación se presentan las Figuras resultantes de estos dos abordajes y posteriormente se discuten en relación al tema de la movilidad en C-R.

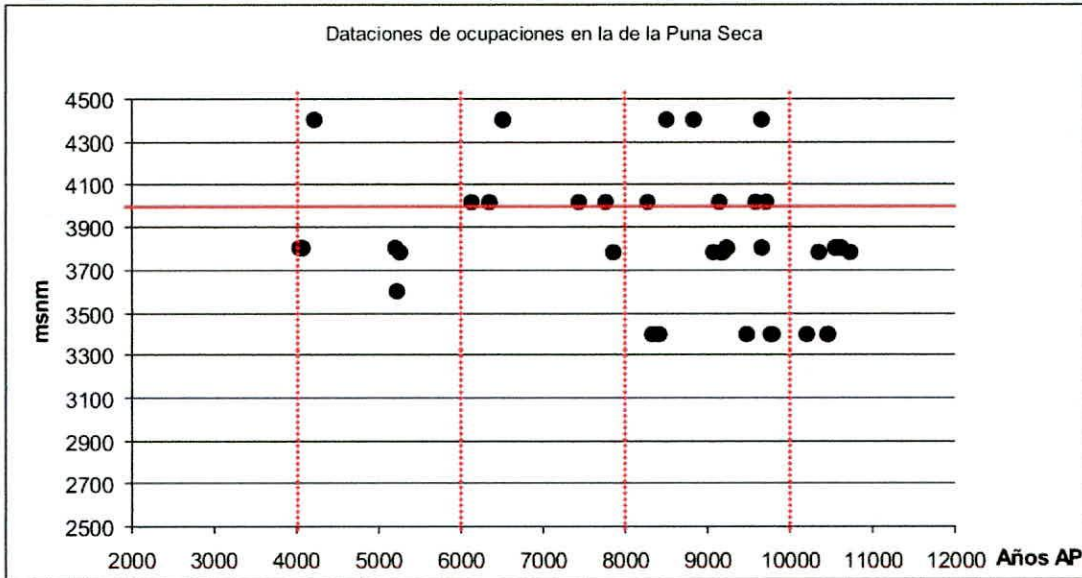


FIGURA 10.3. Relación entre las dataciones en sitios arqueológicos de la Puna Seca y su altura. Las líneas punteadas rojas verticales indican los límites de los períodos de 2000 años (no calibrados).

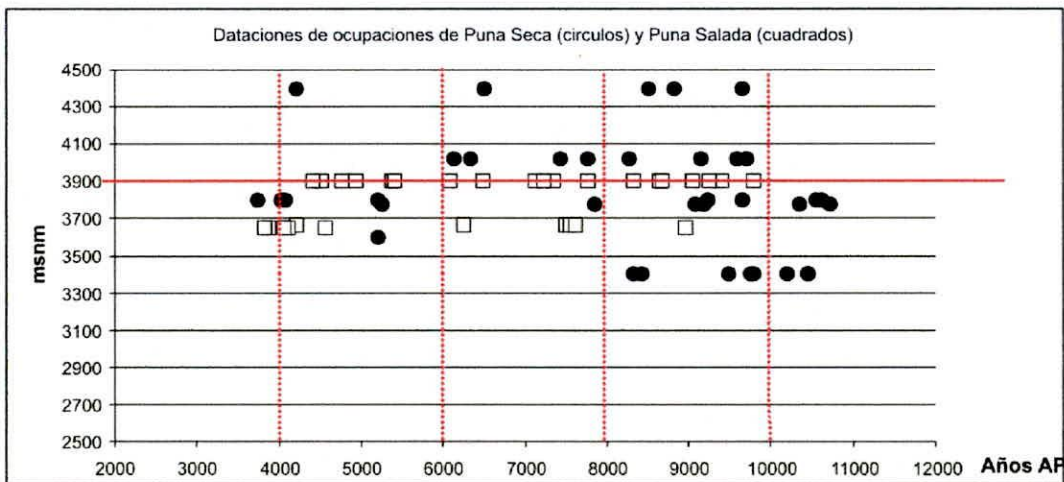


FIGURA 10.4. Relación entre las dataciones en sitios arqueológicos de la Puna Argentina (Seca y Salada) y su altura. Las líneas punteadas rojas verticales indican los límites de los períodos de 2000 años. (no calibrados)

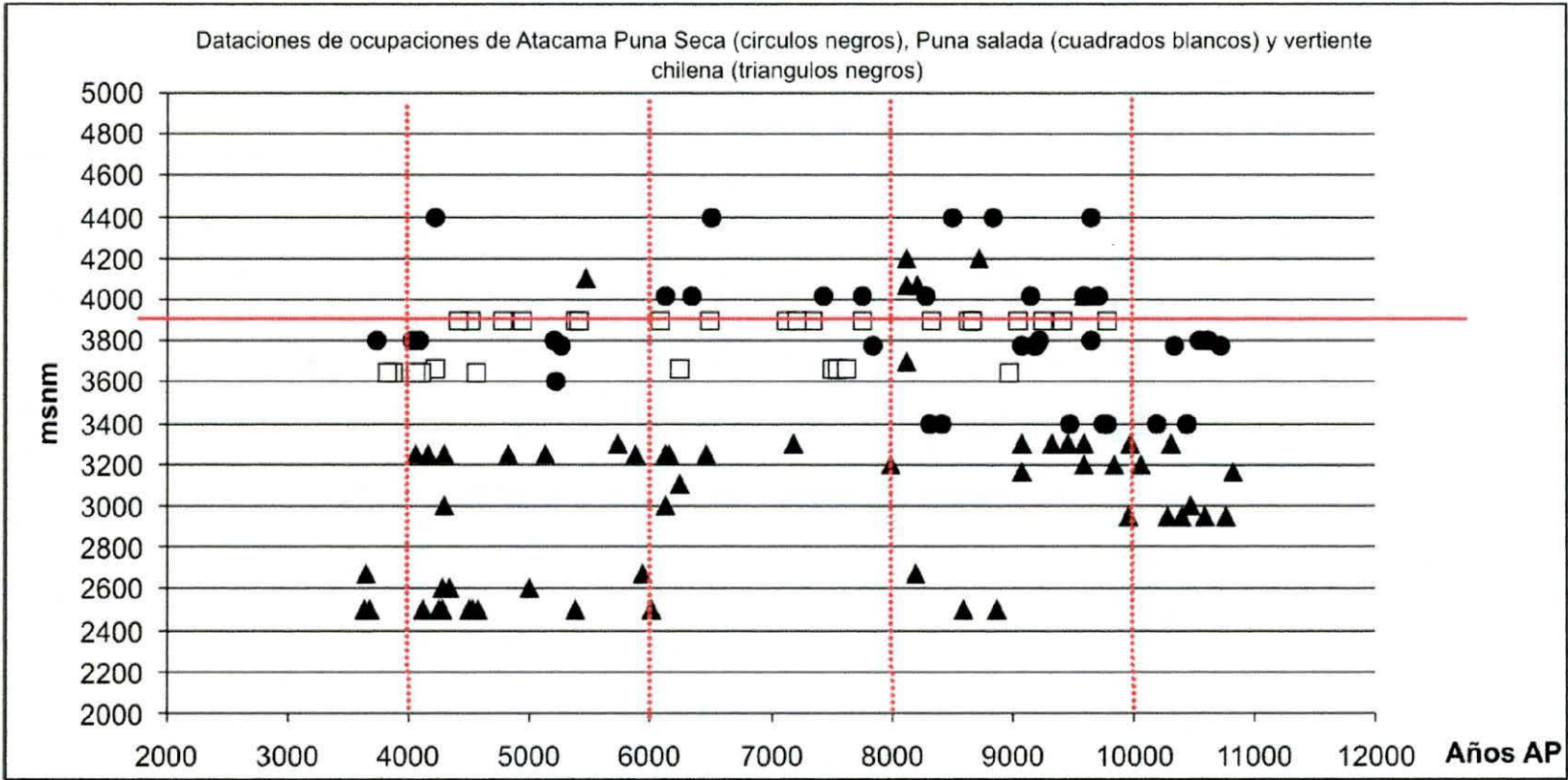


FIGURA 10.5. Relación entre las dataciones en sitios arqueológicos de la Puna de Atacama (Puna Seca y Salada, Argentina y vertiente Chilena) y su altura. Las líneas punteadas rojas verticales indican los límites de los períodos de 2000 años (no calibrados).

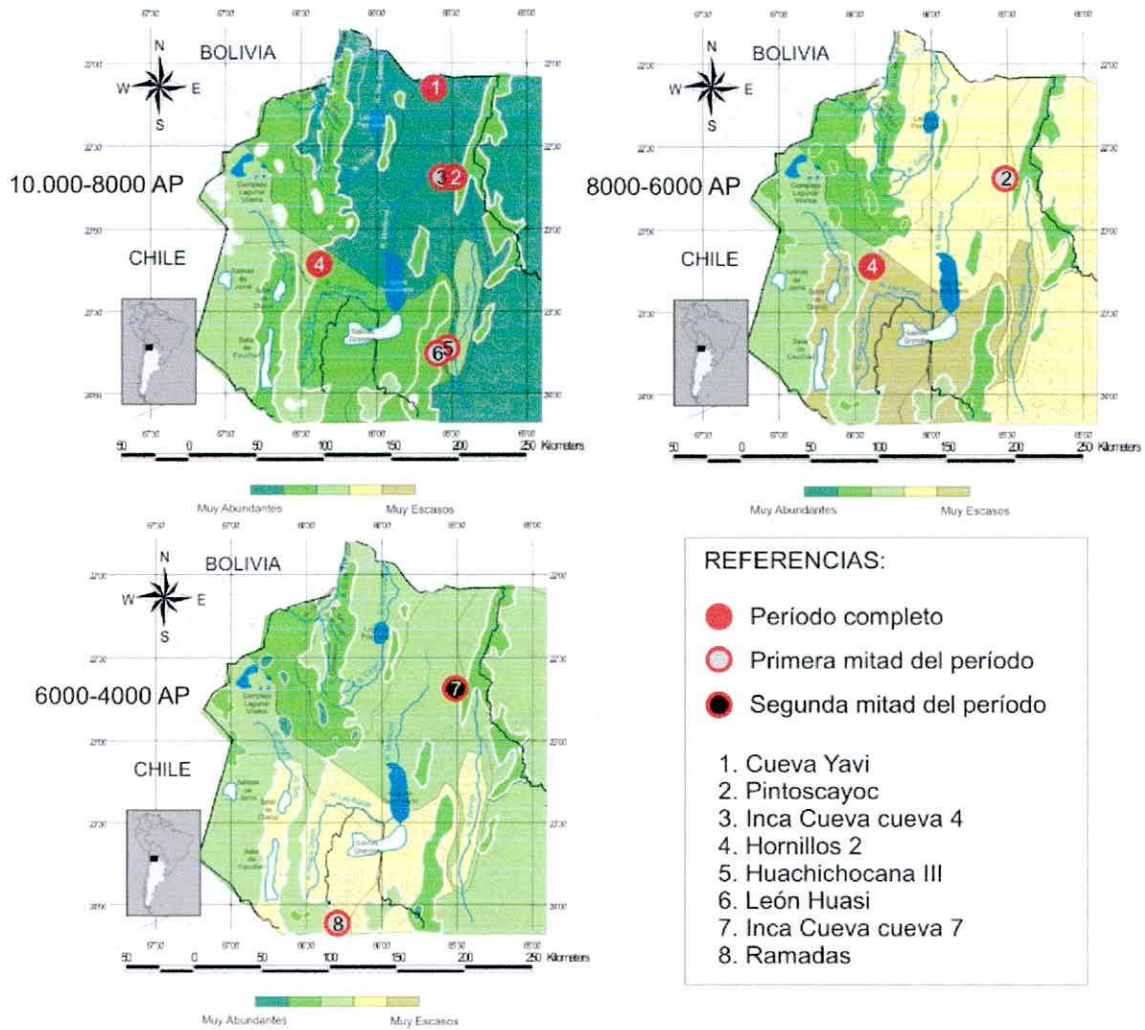


FIGURA 10.6. Ubicación de los sitios con presencia de ocupaciones durante el lapso 10.000-4000 AP de la Puna Seca. El tamaño de los círculos que indican los sitios es de 20 Km de diámetro estableciendo un rango de acción directo estimado, y sus códigos definen si presentan ocupaciones durante todo el período o en la primera o segunda mitad exclusivamente.

A partir de la observación de la FIGURA 10.3 es posible verificar que se cumplen las consecuencias observacionales esperadas (citadas en la FIGURA 10.2) en lo referente a la abundancia relativa de sitios por período y altura. Al respecto, resulta evidente la mayor abundancia relativa de ocupaciones con dataciones previas al 7000 AP (particularmente entre el 10.000 y 8000 AP). Asimismo, resulta notable la inversión entre la abundancia relativa de sitios por encima y debajo de los 4000 msnm durante el lapso 8000-6000 AP, coincidiendo con las expectativas al mostrar una abundancia mayor en cotas altas durante este período y el caso opuesto en los dos restantes (particularmente durante el lapso 6000-4000, ya que entre el 10.000 y 8000 AP los N de ambas cotas se aproximan).

Al incluir las dataciones correspondientes a la Puna Salada (FIGURA 10.4) -desplazando el límite altitudinal hasta los 3900 msnm como ya se ha mencionado- se observa que los patrones

generales vinculados a la abundancia de sitios previa al 7000 AP y la inversión de la relación de la abundancia de sitios entre ambas cotas durante el lapso 8000-6000 AP se mantiene. Sin embargo, cabe mencionar algunos aspectos particulares de este gráfico que sustentan las expectativas de las FIGURAS 10.1 y 10.2. Como puede observarse en la FIGURA 10.4, la serie de dataciones de la Puna Salada se encuentra fuertemente influida por las dataciones de Quebrada Seca 3, ubicada en límite altitudinal ilustrado en el gráfico (media entre los límites de la Puna Seca y Salada), pero claramente por encima del límite establecido para la Puna Salada en si misma (3800 msnm, Capítulo 5). No obstante, resulta notable la abundancia de ocupaciones emplazadas por debajo de los 3800 msnm en este sector de la Puna. Se considera aquí que esto se debe a un hecho anticipado por el modelo de áreas disponibles y estructura de recursos (Capítulo 9) y mencionado en las expectativas (FIGURA 10.2), dado que dichas ocupaciones se encuentran relacionadas a la cuenca del río Las Pitas (FIGURA 2.1) que se trata el sistema con el área de captación más importante en Antofagasta de la Sierra.

Al incluir las ocupaciones procedentes de la vertiente chilena surgen una serie de consideraciones que evidencian una situación diferente. Al observar la FIGURA 10.5 se distinguen tres patrones claros: a) la escasez de dataciones por encima del límite altitudinal establecido (*i.e.* 4 durante el lapso 10.000-8000 AP y 1 entre el 6000-4000 AP), b) la menor altura media de toda la serie de fechas disponibles y c) la reducida frecuencia de dataciones durante el lapso 8000-6000 AP (N=6). Aquí se considera que las particularidades mencionadas se deben a dos hechos, uno de ellos anticipado en las expectativas. El primero es la reducida porción tierras ubicadas por encima de los 4000 msnm que dispone la Puna Chilena. La cuestión anticipada por las expectativas es que la mayor parte de estas ocupaciones se encuentran vinculadas a sistemas hídricos con amplias áreas de captación como la alta cuenca del río Loa o las quebradas de Tulán, Tuina y Puripica. Finalmente, en términos comparativos resulta notable que la mayor abundancia relativa de dataciones observada en la vertiente argentina entre el 10.000-7000 AP, en el caso chileno solo pareciera extenderse hasta el 8000 AP.

Por otro lado, en términos del emplazamiento de los sitios de la Puna Seca en relación a las zonaciones de recursos (FIGURA 10.6), también las expectativas sobre las consecuencias observacionales en el registro arqueológico (FIGURA 10.2) parecieran cumplirse. Al respecto, durante el Holoceno Temprano los sitios se emplazan dentro de las áreas con mayor abundancia de recursos (área centro-norte y centro-sur de la Puna Seca), siendo remarcable en algunos de los casos (ej. Hornillos 2, Pintoscayoc I, Huachichocana III, etc.) su proximidad (*i.e.* dentro de su rango de acción directo) a cotas elevadas, hecho que facilitaría el acceso estacional (*i.e.* durante el verano) propuesto. Asimismo, resulta notable la mayor abundancia de sitios durante la primera

mitad del período 10.000-8000 AP (*i.e.* 10.000-9000 AP) que resulta coherente con las estimaciones de las abundancias de ZCN para cada lapso de 1000 años (ver Capítulo 9).

Durante el segundo período -8000-6000 AP- se observa una reducción en la abundancia de sitios y su proximidad a las áreas de mayor abundancia de recursos (>4000 msnm), particularmente si tenemos en cuenta que Pintoscayoc I solo presenta evidencias de una ocupación durante la primera mitad de este lapso (*i.e.* los 1000 años más húmedos de este período). Al respecto, los dos sitios que poseen ocupaciones durante el lapso 7000-6000 AP en la Puna Seca -Hornillos 2 y Alero Cuevas (este último no incluido en la FIGURA 10.6 por estar ubicado unos pocos kilómetros al sur del área graficada)- se encuentran ubicados por encima de los 4000 msnm.

Para el último lapso -6000-4000 AP- se registran nuevamente ocupaciones en las áreas esperables a partir de las expectativas, ya que la ocupación de Inca Cueva cueva 7 se encuentra dentro de las área de mayor abundancia de recursos. En el caso de Ramadas, si bien se encuentra ubicado fuera de ella, resulta esperable en tanto que esta ocupación a cielo abierto está emplazada sobre las márgenes del actual sistema permanente del río San Antonio de los Cobres, que evidencias paleoambientales previas (Morales 2004) han permitido caracterizarlo como un paleo-humedal.

En términos de las características de las ocupaciones mencionadas en los trabajos citados durante el Capítulo 2 de este volumen y cuyas dataciones fueron objeto de los análisis antecedentes, es posible extraer una serie de generalizaciones en lo referido al abordaje del tema de la movilidad en C-R. En este sentido es notable que:

- a) las abundantes ocupaciones correspondientes al lapso 10.000 y el 7000 AP se encuentran en áreas de reparo, a excepción de algunos casos en la vertiente chilena ubicadas en playas de salares y terrazas lacustres (ej. Punta Negra, San Martín, Tambillo);
- b) a partir del 7000 AP se produce un aumento notable en la frecuencia y diversidad de sitios a cielo abierto vinculados a sistemas hídricos importantes (particularmente en la vertiente chilena), ya sean reducidos espacialmente (ej. Puripica 13, 14, etc) o extensas áreas con ocupaciones redundantes (ej. Puripica 1 y Tulán 52 en la vertiente chilena, Ramadas en la vertiente argentina);
- c) aunque durante este lapso (*i.e.* 7000-4000) algunos aleros de ambas vertientes (ej. Tulán 67, Puripica 33 y 34 en la vertiente chilena y Hornillos 2, Alero Cuevas, Quebrada Seca 3, Cueva Salamanca I, etc. en la vertiente argentina) continúan presentando ocupaciones, aunque, en general, más potentes y extensas espacialmente que en momentos precedentes (ej. Hornillos 2).

PATRONES Y TENDENCIAS EN LAS ARQUEOFAUNAS

En cuanto a las características de las arqueofaunas de los sitios de la primera mitad del Holoceno, las consecuencias observacionales en el registro arqueológico (FIGURA 10.2) derivadas de las expectativas sistémicas (FIGURA 10.1) sugieren una reducción constante a través del tiempo de la frecuencia de taxones complementarios como los roedores a favor de los camélidos.

Para evaluar esta expectativa se han obtenido de la bibliografía los valores porcentuales de NISP de las arqueofaunas de varios de los sitios reseñados en el Capítulo 2 (en el caso de los camélidos de 17 [N=32] y en el de los roedores de solo 5 de ellos [N=15]) y se ha calculado el valor medido y desvío estándar de ambos taxones para cada uno de los lapsos de 2000 años antes mencionados (ver TABLA 1 del ANEXO DEL CAPÍTULO 10). Asimismo, se recurre durante la discusión de esta variable a los valores estadísticos segregados por vertiente andina ya presentado en la FIGURA 2.3 del Capítulo 2. Posteriormente, los valores resultantes se han ilustrado mediante dos gráficos de caja (*i.e. box-plots*) incluidos en la FIGURA 10.7. Cabe aclarar, que para el caso de los roedores durante el último lapso (6000-4000 AP) solo se contó con el valor procedente de Alero Cuevas (*i.e.* 5,4%, López 2008) por lo que no se han obtenidos los valores estadísticos mencionados ni se ha incluido el lapso 6000-4000 AP en el gráfico de este taxón.

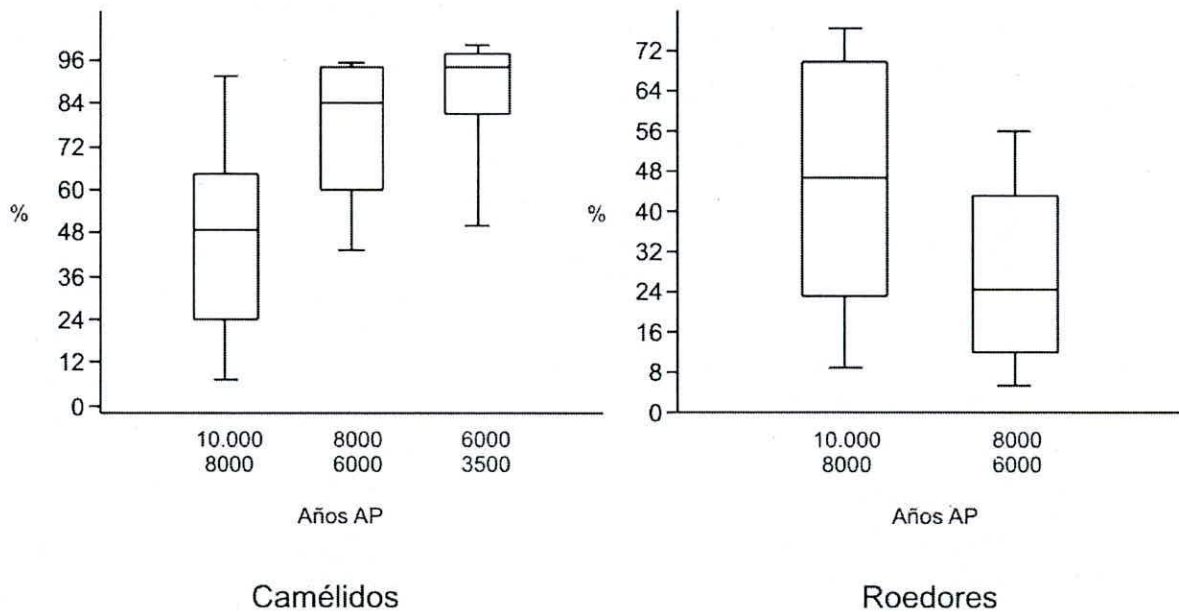


FIGURA 10.7. Gráficos de caja de las series de valores de NISP porcentual de camélidos (N=32) y roedores (N=15) procedentes de sitios ubicados en ambas vertientes de los Andes.

Lo que se desprende de la observación conjunta de la FIGURA 10.7 y la TABLA 1 del ANEXO DEL CAPÍTULO 10 es la relación inversa existente entre los valores de camélidos y roedores a lo largo del tiempo, ajustándose a las expectativas sobre las consecuencias observacionales en el Registro Arqueológico (RA). Al respecto, no solo aumenta la abundancia media de camélidos en el RA de los sitios analizados –i.e. 46,9% durante el lapso 10.000-8000 AP; 76,6% durante el 8000-6000 AP y 86,8% durante el 6000-4000 AP-, sino que disminuye su desvío estándar (26,5%; 21,3% y 16,8%, respectivamente) indicando una reducción de la variabilidad en la obtención de este recurso. En el caso de los roedores, se observa la tendencia opuesta en cuanto a su frecuencia media en los sitios (45,7% entre el 10.000 y el 8000 AP y 27,6% entre el 8000 y el 6000 AP) aunque se mantiene el patrón observado en los camélidos en cuanto a la reducción de la variabilidad entre los dos períodos incluidos en este caso (desvíos estándar de 22,9% y 21,5%, respectivamente). Cabe aclarar que, si bien estos patrones se repiten a nivel intra-sitio en algunos de los casos incluidos en este análisis –como Hornillos 2 o Pintoscayoc 1-, en otros –ej. Huachichocana III, Alero Cuevas o Quebrada Seca- los cambios observados en los valores NISP de camélidos son mucho más moderados, generando tendencias mucho menos marcadas. Resulta oportuno mencionar que aunque las tendencias relacionadas al aumento en las frecuencias de arqueofaunas de camélidos en los sitios ubicados en la vertiente chilena y argentina resultan similares –la FIGURA 2.3-, la representación media de camélidos es levemente mayor en la primera de ellas (i.e. chilena) a lo largo de todo el lapso estudiado.

Tomando como base los patrones mencionados, resulta plausible considerar que tanto los cambios en la oferta de los recursos faunísticos a lo largo de la primera mitad del Holoceno, como la implementación de estrategias vinculadas a la mitigación de dichos cambios (i.e. las de especialización esperadas partir del 8000 AP) y del riesgo económico derivado del aumento de la variabilidad ambiental interanual instalada a partir del 6000 AP (i.e. las de intensificación), hayan influido de manera marcada en la representación de los valores medios obtenidos de las arqueofaunas. No obstante, restan para el futuro el abordaje a partir de esta línea de evidencia de otras cuestiones particulares anticipadas en las expectativas mencionadas en las FIGURA 10.1 y 10.2 y que por razones de espacio y escasez de información publicada no han sido analizadas aquí, como por ejemplo: la estacionalidad de las ocupaciones –estimando la abundancia relativa de neonatos y perinatos de camélidos-, su funcionalidad –en términos de representación de partes esqueléticas-, el procesamiento sistemático de grasas –estudios de fragmentación de elementos con altos contenidos de médula-, etc.

PATRONES Y TENDENCIAS EN EL REGISTRO LÍTICO

Para discutir algunas de las expectativas relacionadas al registro lítico, resumidas en la FIGURA 10.1, se ha recurrido a tres elementos. En el primer caso, se han calculado los valores porcentuales de materias primas (MPs) locales (<20 km), de media distancia (20-50 km) y de larga distancia a partir de la información publicada de 13 sitios (N=22) emplazados en ambas vertientes de los Andes y -al igual que en el caso de las arqueofaunas- se ha calculado el valor medido y desvío estándar para cada una de las procedencias en lapsos de 2000 años (ver TABLA 2 del ANEXO DEL CAPÍTULO 10). También en este caso, los valores resultantes se han resumido mediante los gráficos de caja presentados en la FIGURA 10.8. Cabe aclarar, que de manera similar a lo ocurrido con los roedores en el apartado anterior, durante el último lapso (6000-4000 AP) solo se contó con un valor para las materias primas de mediana (42,8% de Alero Cuevas F2) y larga distancia (51% de Puripica 33 y 34) por lo que no se han obtenidos los valores estadísticos ni se ha incluido el lapso 6000-4000 AP en los gráfico de estas dos procedencias de MPs.

El segundo elemento utilizado para discutir las expectativas es de carácter cualitativo y se refiere a la descripción morfo-tipológica de las puntas de proyectil resumidas en la FIGURA 2.5 del Capítulo 2, que han sido graficadas nuevamente (FIGURA 10.9) para ilustrar su diversidad cada 2000 años en cada una de las vertientes andinas.

Finalmente, el tercer elemento, se refiere al uso eventual de los valores porcentuales y sus respectivos estadísticos (*i.e.* medias y desvíos estándar) de materias primas locales procedentes de ocupaciones del Holoceno Temprano (10.000-8000 AP) y Medio (8000-3500 AP) segregados por vertiente de la cordillera y presentados en la FIGURA 2.6 del Capítulo 2.

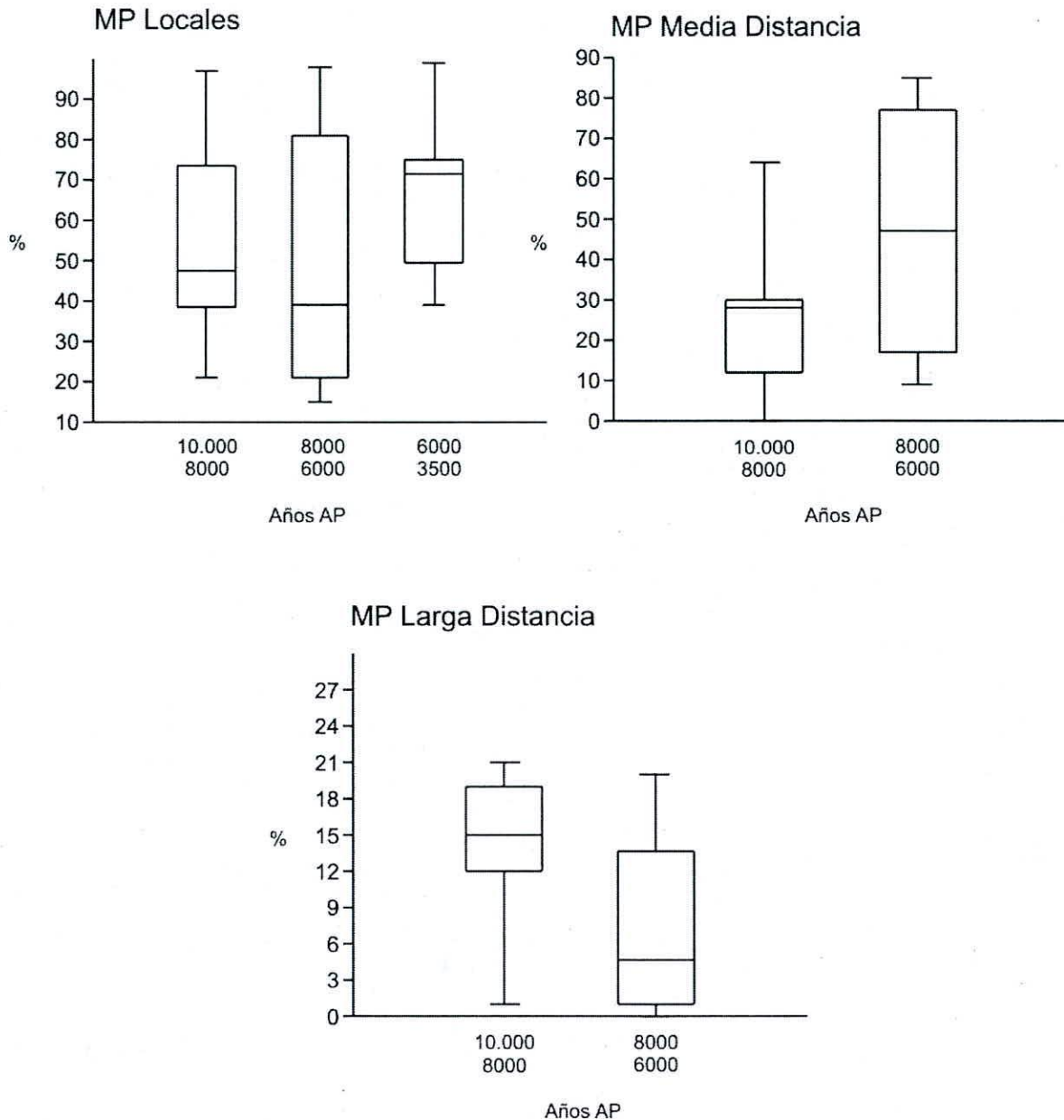


FIGURA 10.8. Gráficos de caja de las series de valores porcentuales de materias primas locales, de media distancia y larga distancia procedentes de 13 sitios (N=22) ubicados en ambas vertientes de los Andes.

A partir de la observación de los gráficos incluidos en la Figura 10.8 es posible sugerir que existe una relación bastante ajustada entre los resultados y las expectativas resumidas en la FIGURA 10.1. Al analizar el comportamiento de cada una de las MPs individualmente, lo primero que se observa –según lo indicado por los intervalos intercuartiles– es el notable aumento de la variabilidad en la procedencia de las materias primas durante el lapso 8000-6000 AP. Por su parte, al analizar comparativamente el comportamiento de las MPs, el patrón más evidente se refiere a la disminución de las materias primas locales a favor de las de media distancia entre el Holoceno

Temprano (10.000-8000 AP) y la primera mitad del Holoceno Medio (8000-6000 AP). Ambas observaciones habían sido predichas parcialmente por las expectativas en tanto que -tomando los rangos anuales de movilidad esperados y los eventos de nucleamiento mencionados- resultaba esperable que en los conjuntos líticos continuaran dominando ampliamente las MPs locales, acompañadas por la presencia en mayor frecuencia que durante el lapso 10.000-8000 AP de las procedentes de distancias medias y por diversas y poco abundantes MPs distantes. Al respecto, si comparamos los valores medios de las materias primas locales y de media distancia, resulta evidente que -si bien en numerosos casos esto pareciera cumplirse (en virtud de la variabilidad indicada por los intervalos intercuartiles)- los valores medios indican que durante el lapso 8000-6000 AP las MPs de media distancia presentan valores equivalentes o aún mayores que las de origen local. No obstante, la reducida abundancia de ocupaciones disponibles durante este lapso induce a tomar con cautela estos resultados.

Sin embargo, y tomando en cuenta estos posibles sesgos vinculados al N de observaciones, la amplia variabilidad registrada en la abundancia de materias primas durante la primera mitad del Holoceno Medio (8000-6000 AP) resulta claramente compatible con el patrón de movilidad residencial y formas de obtención de las materias primas inferidos para este lapso (ver *supra*). En este sentido, si durante este período se espera un aumento de los emplazamientos de carácter logístico en el marco de un patrón de movilidad residencial frecuente y de eventos de nucleamiento periódico que pueden haber impactado en las características de algunos de los sitios residenciales, es esperable que este aumento en la diversidad de sitios se traduzca en un aumento en la diversidad de los ensambles líticos presentes en cada uno de ellos.

Finalmente, si bien los datos sobre las MPs de media y larga distancia correspondientes al lapso 6000-4000 AP resultan extremadamente escasos -al punto de no haberlos podido incluir en los gráficos- los valores disponibles (ver *supra*) resultan acordes a las expectativas vinculadas a un aumento en la frecuencia de las MPs de estas procedencias, propiciada por la progresiva formalización de las redes de interacción e intercambio -derivadas de la reducción de la movilidad residencial- y del aumento de las partidas logísticas esperadas para este lapso. En cuanto a las MPs locales las expectativas cumplen en predecir las altas abundancias evidenciadas en la FIGURA 10.8.

En relación a las características de los cabezales líticos presentes en los sitios de cada uno de los períodos y en cada vertiente, en la FIGURA 10.9 se puede apreciar el un aumento de su diversidad -relacionada a la utilización simultánea de diversas estrategias de caza en la obtención de los recursos faunísticos- a partir del 8000 AP, particularmente en la vertiente argentina. Se sugiere aquí que la baja diversidad de cabezales líticos en la vertiente chilena se debe en mayor

COMENTARIO FINAL

Como se habrá podido apreciar hasta aquí, buena parte de la evidencia analizada en el transcurso de este apartado se ajusta de manera considerable a las expectativas derivadas a partir de los modelos paleoambientales del Capítulo 9. Asimismo, existen algunas situaciones particulares no previstas por ellos que ilustran de manera clara sus limitaciones y la complejidad y abundancia de variables involucradas en la conformación de los patrones organizativos de los grupos cazadores-recolectores.

Aquí se considera que la utilidad de la aplicación de este tipo de modelos radica tanto en los patrones predichos como por aquellos que fueron soslayados. En el primer caso, los patrones esperados permiten definir la metodología general y las hipótesis de partida de futuras investigaciones arqueológicas orientadas a lidiar con el RA de la primera mitad del Holoceno. En el segundo caso, los patrones y casos particulares soslayados por el modelo generen nuevas preguntas que permiten enriquecer y precisar los futuros modelos.

Teniendo en cuenta todo lo discutido hasta aquí, en el próximo capítulo se revisan el grado de avance alcanzado en relación a los objetivos planteados para esta tesis y se enumeran sus principales aportes.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

CAPÍTULO

11

Los análisis realizados en transcurso de esta tesis han buscado aportar nueva información en lo concerniente a los objetivos generales planteados en el Capítulo 1 de este volumen y cumplir con lo pautado por los objetivos particulares que de ellos derivan.

Al respecto, al comienzo de este trabajo de investigación se enunciaron tres objetivos generales que guían la presente y futuras investigaciones: a) comprender las relaciones entre las condiciones ambientales en diferentes escalas espacio-temporales y su impacto en los patrones organizativos de los grupos humanos, b) establecer la naturaleza del impacto en diversas escalas espaciales de los cambios ambientales de mega-escala en la Puna Argentina y c) colaborar en la construcción de futuros modelos paleoclimáticos, paleoecológicos y arqueológicos que permitan establecer las características del paisaje puneño y su evolución en diferentes escalas y cronologías.

En relación con estos objetivos generales, se considera que a lo largo de este volumen se ha generado un cúmulo de información relevante para el abordaje de estos temas, que incluyó el tratamiento de información actualística, paleoambiental y arqueológica de la Puna Seca Argentina y áreas vecinas, permitiendo aumentar el grado de conocimiento sobre el impacto de las características ambientales y sus cambios sobre recursos centrales para las poblaciones humanas que habitaron el área durante la primera mitad del Holoceno. Sin embargo, el grado de avance sobre cada uno de ellos ha sido dispar. Al respecto, resulta evidente que en esta tesis se ha avanzado en particular en lo referente a los objetivos generales (b) y (c) en la medida que se ha podido modelar en términos cualitativos y cuantitativos y en diferentes escalas espacio-temporales las características de la Puna Seca Argentina, tanto en el presente como en el pasado. En cambio, el primero de ellos (a) solo ha sido abordado de manera teórica en los Capítulos 3 y 10, ilustrando las posibles relaciones entre el ambiente y los grupos humanos mediante la generación de expectativas o hipótesis arqueológicas que fueron discutidas de manera parcial con la evidencia empírica disponible hasta el momento. Resulta claro, por lo tanto, la necesidad de

continuar ampliando las investigaciones orientadas a resolver la complejidad del problema de la relación entre los grupos humanos y las características ambientales en determinado momento y lugar tanto durante lapso estudiado en esta tesis, así como durante cronologías más tardías.

Por su parte, se considera que en el transcurso de esta tesis se ha cumplido con los cinco objetivos particulares previstos que se orientaban a: I) analizar la información disponible sobre diversos aspectos bióticos y abióticos (*i.e.* clima, fauna, flora, hidrografía, pedogénesis, etc.) de la Puna Seca para generar marcos de referencia ambientales para la construcción y calibración de modelos paleoambientales, II) estudiar las características ambientales y sus cambios en la Puna Norte Argentina durante el lapso 10000 – 4000 AP mediante diferentes líneas de evidencia, controlando las variaciones producidas por la altitud, latitud y el tamaño de las cuencas o sistemas hídricos estudiados, III) generar un modelo paleoambiental multi-escalas y ecológicamente estratificado que incluya tanto los cambios climáticos como su impacto en la estructura de recursos del período mencionado a partir de los estudios paleoambientales realizados en esta tesis, de la información paleoambiental preexistente y de los marcos de referencia generados, IV) derivar las implicancias teóricas de este modelo paleoambiental multi-escalas sobre los patrones organizativos de grupos cazadores-recolectores que habitaron la región durante la primera mitad del Holoceno y V) discutir y evaluar el potencial predictivo de este modelo y sus implicancias arqueológicas confrontándolo con la información arqueológica disponible en el área para el período bajo estudio.

En lo referente a los objetivos particulares mencionados se considera que el primero de ellos (I) ha sido cumplido mediante los análisis llevados a cabo en los Capítulos 4 y 5 –y complementados con los estudios actualísticos de diatomeas en ambientes palustres del Capítulo 8- mediante el estudio del clima y los distintos aspectos bióticos y abióticos de la Puna Seca Argentina. La realización de estos análisis ha permitido avanzar sobre el conocimiento de diversos factores que involucran: los valores medios de precipitaciones y PPN de diversos sectores de la Puna Seca, los correspondientes valores potenciales de biomasa de herbívoros, las características e impacto de las anomalías de corto plazo (eventos ENSO), las dinámicas relacionada tanto a la génesis de suelos como a la respuesta de distintos sistemas hídricos ante cambios ambientales particulares, entre otros.

El segundo objetivo particular (II), por su parte, orientado a estudiar las características ambientales del área durante la primera mitad del Holoceno, ha sido cumplido en el transcurso de tres capítulos. En el primero de ellos, Capítulo 6, se ha realizado una síntesis de la mayor parte de la información paleoambiental disponible en la Puna Argentina y áreas aledañas de los Andes. Los análisis resumidos en los Capítulos 6 y 7 han permitido generar un cuerpo de información

paleoambiental nueva que involucra el estudio de diversos *proxies* (diatomeas, polen, gasterópodos, dataciones de paleosuelos y sus relaciones de Corg/Ntot) que han permitido obtener información en múltiples escalas espaciales y temporales. La información generada por estos análisis, además, ha permitido definir el comportamiento diferencial de distintas localidades de la Puna ante cambios ambientales de escala amplia. Al respecto, se ha observado que la altitud y tamaño de las cuencas de captación de los sistemas hídricos se consolidan como un elemento clave a la hora de estimar la naturaleza de las respuestas esperables en cada uno de ellos. Asimismo, estos análisis muestran la necesidad de implementar dos tipos de análisis en el futuro con el fin de calibrar la dimensión del impacto de variables como las temperaturas o las precipitaciones en los sistemas hídricos. Por un lado, se encuentran los estudios actualísticos de los sistemas hídricos que permitan calibrar las variaciones en la superficie de los sistemas palustres y vegas (ej. mediante imágenes remotas) y el caudal de los sistemas fluviales, ante variaciones de magnitud conocida en las precipitaciones y/o temperaturas. Por el otro, realizar estudios sistemáticos y estratificados -mediante las variables antes mencionadas- de las variaciones en las comunidades bióticas (ej. diatomeas, polen, etc.) ante cambios en los parámetros climáticos antes mencionados.

En tercer objetivo (III) se ha cumplido durante el desarrollo del Capítulo 9, que ha conjugado la información procedente de los marcos de referencia con aquella procedente de los estudios paleoambientales, generadas en los capítulos anteriormente citados. Así, en el transcurso del mismo se han modelado cualitativamente las tendencias regionales en lo referente al clima y la humedad ambiental, el impacto diferencial de sus modificaciones en sistemas hídricos con distintas características (*i.e.* en términos de la altitud y tamaño de sus áreas de captación) y las áreas ambientalmente disponibles para la ocupación humana en la Puna Seca Argentina durante la primera mitad del Holoceno. En este capítulo, además, se ha podido modelar la estructura de recursos -en términos de su abundancia cuantitativa, su distribución y predicibilidad- aunque como se ha señalado oportunamente, las magnitudes cuantitativas derivadas de este modelo presentan un carácter preliminar debido a la escasez de datos sobre paleo-precipitaciones. Este hecho ilustra la necesidad futura de generar abundantes estimaciones sobre variables climáticas clave -como las temperaturas y precipitaciones- que permitan aumentar la confiabilidad y precisión de este tipo de estimaciones cuantitativas, ya que son ellas las que ilustran más claramente la magnitud de los cambios ambientales que debieron afrontar los grupos humanos en el pasado.

Finalmente, los objetivos IV y V han sido cumplidos durante el desarrollo del Capítulo 10, en el que se han generado las expectativas sistémicas -y sus correspondientes consecuencias

observacionales en el registro arqueológico- sobre algunos aspectos organizativos centrales de los grupos cazadores-recolectores que habitaron la Puna Seca durante la primera mitad del Holoceno. Como se habrá podido apreciar en dicho capítulo, la intención no se orientó a agotar las expectativas pasibles de ser derivadas a partir del modelo ambiental, sino más bien, a ilustrar la utilidad de este tipo de enfoque teórico-metodológico que parte del registro paleoambiental para generar hipótesis o modelos arqueológicos. De la misma manera, ante la reducida disponibilidad de información arqueológica para el período –hecho catalizador para aplicación de este tipo de enfoques, y por lo tanto el problema central del que se nutrió esta tesis- resulta notable la imposibilidad de discutir gran parte de las expectativas arqueológicas allí enunciadas. Es aquí donde se ilustra el verdadero potencial de este tipo de enfoques teórico-metodológicos, ya que a partir de ellos es posible avanzar sobre una serie de dimensiones organizativas de los grupos humanos que hubiese sido, cuanto menos, dificultosa con la actual escasez de registro arqueológico.

A partir de los avances realizados durante el cumplimiento de los mencionados objetivos ha sido posible obtener una serie de conclusiones relevantes para el conocimiento más acabado del paisaje del área, tanto en el presente como en el pasado, útiles para su incorporación en hipótesis futuras en lo concerniente al registro arqueológico cazadores-recolectores de la Puna Seca y áreas aledañas. Las principales conclusiones ambientales se enumeran a continuación ordenadas de lo general a lo particular:

- La altitud y el tamaño de las áreas de captación de los sistemas hídricos resultan un elemento clave a la hora de interpretar y predecir la respuesta de estos sistemas ante cambios ambientales de escala supra-regional.
- Cambios en el régimen de precipitaciones en la Puna parecieran producir cambios de menor magnitud en la abundancia regional de ZCN que en las de biomasa primaria y secundaria, que manifiestan modificaciones intensas.
- Durante el Holoceno Temprano se registran las condiciones más frías y húmedas del Holoceno que se habrían traducido en la mayor oferta media de ZCN y biomasa primaria y secundaria del Holoceno. La mayor abundancia de recursos durante este lapso se concentraría por debajo de la cota de los 4000 msnm, aunque los mismos serían espacialmente menos predecibles que en lapsos posteriores.
- El lapso 10.000-9000 AP en particular, habría resultado el momento de mayor oferta de recursos y áreas disponibles de los últimos 10.000 años, ofreciendo condiciones

particularmente atractivas para la ocupación inicial y permanente en el área por parte de los grupos humanos.

- Las condiciones de aridez instaladas durante el Holoceno Medio habrían reducido -en la media- un 50% la oferta regional de ZCN y en más de un 80 % la abundancia de biomasa secundaria en la Puna Seca.
- Si bien estas condiciones parecieran comenzar a instalarse hacia el 8000 AP en una escala regional, la cronología de su manifestación en sistemas hídricos de distinta naturaleza -en términos de la altura y superficie de su área de captación- varía. Al respecto, las manifestaciones más tempranas se producen en los sistemas de menor tamaño, mientras que en los sistemas principales (ej. cuencas con amplias áreas de captación y numerosos tributarios) solo comienzan a manifestarse notablemente a partir del 7000 AP.
- Los sistemas con diferentes tamaños de área de captación ubicados por encima de los 4000 msnm parecieran estar particularmente activos -debido a al aporte de aguas de deshielo- durante el lapso 8000-5000 AP, el período más seco del Holoceno a nivel regional, concentrando la mayor oferta regional de recursos.

A partir de estas conclusiones ambientales se ha podido generar una serie de hipótesis – coincidentes con la evidencia arqueológica disponible- en torno a los patrones organizativos de los C-R que habitaron en el área de estudio durante el lapso 10.000-4000 AP que vinculan los cambios del escenario ambiental ocurrido entre el Holoceno Temprano y Medio con:

- a) una reducción progresiva de la movilidad residencial, que incluye un aumento gradual de la frecuencia de partidas logísticas y eventos de nucleamiento de grupos. Estos cambios en el patrón de movilidad pueden haber resultado, a su vez, en un aumento de la demografía relativa de los grupos, aunque ésta pudo haberse reducido o mantenido constante regionalmente.
- b) un aumento gradual del consumo de camélidos vinculado a procesos de especialización, impulsado por un aumento de la predicibilidad espacial de este recurso (~8000 AP), e intensificación, generado por el aumento del riesgo derivado de la mayor variabilidad ambiental de corto plazo instalada a partir del 6000 AP y del vínculo sinérgico establecido entre los grupos humanos y poblaciones de camélidos que estarían ocupando simultáneamente las escasas localidades disponibles durante este lapso.

c) cambios en las formas de obtención de recursos móviles (ej. cambios en las técnicas de caza) y fijos (ej. formas de obtención de las materias primas líticas). Con relación al primer tipo de recursos, se ha propuesto la coexistencia de distintas técnicas de caza a partir del 8000 AP que implican una mayor diversidad en la morfología de los cabezales líticos y la presencia de rasgos particulares en el paisaje (ej. parapetos). Con relación al segundo tipo, se ha sugerido un aumento en la frecuencia de materiales líticos obtenidos por intercambio a partir del 8000 AP en detrimento de la obtención subsumida en la movilidad.

Finalmente, y más allá de todo lo dicho hasta aquí, se considera que el aporte principal de esta tesis es de otra índole. Los análisis, síntesis y modelos realizados a lo largo de este volumen han tenido un fin que va más allá de las conclusiones particulares reseñada líneas arriba. Se espera que el verdadero aporte de esta investigación sea entendido como perteneciente al campo teórico-metodológico, ya que ilustra una manera distinta a la hora de abordar un problema arqueológico particular, cuya principal virtud es establecer un punto de partida útil para definir cómo buscar, dónde buscar y qué esperamos encontrar en lo referente al registro arqueológico de cazadores-recolectores en la Puna Seca Argentina.

ANEXOS

ANEXO DEL CAPÍTULO 2

Sitio	Datación Años AP	±	Años cal. AP (2 sigma)	Altura (msnm)
Tuina 1	10820	630	12815 BP:12860 BP	3160
Tulan 109	10770	250	12795 BP:12843 BP	2950
Pintos cayoc 1	10720	150	12740 BP:12829 BP	3780
Inca Cueva 4	10620	140	12653 BP:12783 BP	3800
Tulan 109	10590	150	12613 BP:12770 BP; 12417 BP:12444 BP	2950
Leon Huasi 1	10550	300	12565 BP:12701 BP; 12400 BP:12501 BP	3800
Salar Punta Negra	10470	50	12448 BP:12617 BP; 12382 BP:12408 BP	3000
Cueva Yavi D	10450	55	12450 BP:12614 BP; 12351 BP:12406 BP	3400
San Lorenzo 1	10400	130	12138 BP:12387 BP	2950
Pintos cayoc 1	10340	70	12312 BP:12354 BP; 12204 BP:12240 BP	3780
El Pescador	10310	130	12042 BP:12160 BP	3300
San Lorenzo 1	10280	120	11987 BP:12128 BP	2950
Huachichocana II	10200	420	11823 BP:11999 BP; 12002 BP:12026 BP	3400
Tuina 5	10060	70	11598 BP:11722 BP; 11473 BP:11554 BP	3200
El Pescador	9970	60	11283 BP:11403 BP	3300
San Lorenzo 1	9960	125	11285 BP:11395 BP	2950
Tuina 5	9840	110	11221 BP:11248 BP	3200
Cueva Yavi D	9790	100	11202 BP:11231 BP	3400
Quebrada Seca 3 2b19	9790	50	11202 BP:11231 BP	3900
Cueva Yavi D	9760	160	11189 BP:11222 BP	3400
Hornillos 2 6	9710	630	11155 BP:11198 BP	4020
Inca Cueva 4	9650	110	11086 BP:11167 BP; 10888 BP:10924 BP	3800
Alero Cuevas F4	9650	100	11086 BP:11167 BP; 10888 BP:10924 BP	4400
Chulqui 1	9590	60	10786 BP:10899 BP; 10902 BP:10973 BP	3300
Tambillo 2/4	9590	110	10786 BP:10899 BP; 10902 BP:10973 BP	3200
Hornillos 2 6	9590	50	10786 BP:10899 BP; 10902 BP:10973 BP	4020
Cueva Yavi D	9480	220	10696 BP:10758 BP	3400
El Pescador	9460	70	10669 BP:10749 BP	3300
Quebrada Seca 3 2b25	9410	120	10586 BP:10684 BP	3900
Chulqui 1	9330	140	10511 BP:10574 BP	3300
Tulan 68	9290	100	10484 BP:10525 BP; 10428 BP:10462 BP	1500
Quebrada Seca 3 2b25	9250	100	10392 BP:10502 BP; 10304 BP:10315 BP	3900
Inca Cueva 4	9230	70	10368 BP:10438 BP; 10297 BP:10359 BP	3800
Pintos cayoc 1	9190	110	10311 BP:10402 BP; 10263 BP:10304 BP	3780
Pintos cayoc 1	9180	230	10254 BP:10301 BP	3780
Hornillos 2 6	9150	50	10243 BP:10292 BP	4020
Tuina 1	9080	130	10227 BP:10243 BP	3160
El Pescador	9080	60	10227 BP:10243 BP	3300
Pintos cayoc 1 RH	9080	50	10227 BP:10243 BP	3780
Quebrada Seca 2b22	9050	110	10205 BP:10234 BP	3900
Punta de la Peña 4	8970	60	10169 BP:10198 BP	3650
Tambillo 1	8870	70	10059 BP:10150 BP; 9908 BP:9957 BP	2500
Alero Cuevas F4	8838	52	9884 BP:9946 BP; 10066 BP:10118 BP	4400
Aguas Calientes 1	8720	100	9599 BP:9704 BP; 9722 BP:9731 BP	4200
Quebrada Seca 3 2b14	8670	350	9550 BP:9634 BP; 9642 BP:9663 BP	3900
Quebrada Seca 3 2b17	8660	80	9547 BP:9630 BP; 9648 BP:9654 BP	3900
Quebrada Seca 3 2b18	8640	80	9543 BP:9600 BP	3900
Tambillo 1	8590	130	9535 BP:9548 BP	2500
Alero Cuevas F4	8504	52	9491 BP:9530 BP	4400
Cueva Yavi C	8420	70	9437 BP:9480 BP	3400
Quebrada Seca 3 2b16	8330	110	9302 BP:9422 BP	3900
Cueva Yavi C	8320	260	9294 BP:9409 BP	3400
Hornillos 2 4	8280	100	9241 BP:9323 BP; 9355 BP:9400 BP	4020
Tuyajto 1B	8210	110	9123 BP:9263 BP	4070
Tulan 67	8190	120	9077 BP:9140 BP; 9169 BP:9253 BP	2669
Aguas Calientes 1	8130	50	9046 BP:9089 BP; 9013 BP:9035 BP	4200
Tuyajto 1B	8130	110	9046 BP:9089 BP; 9013 BP:9035 BP	4070
San Martin 4a	8130	50	9046 BP:9089 BP; 9013 BP:9035 BP	3695
Toconce Confluencia	7990	125	8859 BP:8923 BP; 8778 BP:8834 BP	3200
Pintos cayoc 1	7850	110	8597 BP:8636 BP	3780
Hornillos 2 3	7760	160	8538 BP:8589 BP; 8520 BP:8528 BP	4020
Quebrada Seca 3 2b13	7760	80	8538 BP:8589 BP; 8520 BP:8528 BP	3900
Salamanca 1 7	7620	60	8394 BP:8419 BP	3665
Salamanca 1 5	7550	60	8363 BP:8390 BP	3665
Salamanca 1 4	7500	60	8328 BP:8371 BP	3665
Hornillos 2 3	7430	80	8197 BP:8316 BP	4020
Quebrada Seca 3 2b14	7350	80	8161 BP:8190 BP; 8056 BP:8087 BP	3900
Quebrada Seca 3 2b9	7220	100	7995 BP:8046 BP; 7982 BP:7988 BP	3900
Chulqui 1	7180	80	7967 BP:8012 BP	3300
Quebrada Seca 3 2b11	7130	110	7939 BP:7971 BP	3900

TABLA 1. Listado de fechas radiocarbónicas de las ocupaciones descritas y sus respectivas calibraciones, citando la altura de los sitios de las que proceden. La procedencia bibliográfica de las fechas se cita a lo largo del texto del Capítulo 2 (Primera Parte).

Sitio	Datación Años AP	±	Años cal. AP (2 sigma)	Altura (msnm)
Alero Cuevas F3	6510	80	7422 BP:7434 BP	4400
Alero Cuevas F3	6506	58	7422 BP:7432 BP	4400
Quebrada Seca 3 2b11	6490	100	7417 BP:7432 BP; 7343 BP:7348 BP	3900
Puripica 3 P16	6460	230	7328 BP:7360 BP; 7366 BP:7396 BP	3250
Hornillos 2 2	6340	110	7253 BP:7303 BP	4020
Salamanca 1 2	6250	70	7187 BP:7244 BP; 7163 BP:7183 BP	3665
Punta Brava	6240	250	7187 BP:7242 BP; 7160 BP:7182 BP	3100
Puripica 3 P39	6150	150	7095 BP:7156 BP; 6988 BP:7032 BP	3250
Puripica 3 P1314	6130	80	6951 BP:7020 BP; 7125 BP:7151 BP	3250
Hornillos 2 2	6130	70	6951 BP:7020 BP; 7125 BP:7151 BP	4020
Huiculunche	6120	40	6949 BP:7010 BP; 7129 BP:7144 BP	3000
Quebrada Seca 3 2b10	6080	70	6898 BP:6979 BP	3900
Isla Grande	6008	130	6826 BP:6886 BP; 6797 BP:6824 BP	2500
Tulán 67	5940	60	6737 BP:6790 BP	2669
Puripica 3 P33	5880	100	6669 BP:6734 BP	3250
Chulqui 1	5730	90	6482 BP:6557 BP	3300
Meniques 1	5470	60	6276 BP:6296 BP; 6223 BP:6230 BP	4100
Quebrada Seca 3 2b1	5400	90	6234 BP:6275 BP; 6190 BP:6219 BP	3900
Confluencia 2	5380	130	6183 BP:6215 BP; 6240 BP:6271 BP	2500
Quebrada Seca 3 2b5	5380	70	6183 BP:6215 BP; 6240 BP:6271 BP	3900
Pintos cayoc 1 DM2	5260	75	5988 BP:6017 BP; 5946 BP:5968 BP	3780
Ramadas	5210	40	5962 BP:5989 BP; 5927 BP:5951 BP	3600
Inca Cueva 4 RH	5200	110	5922 BP:5947 BP; 5966 BP:5987 BP	3800
Puripica 3 P34	5130	110	5899 BP:5916 BP	3250
Tulán 51	4990	110	5706 BP:5740 BP; 5661 BP:5694 BP	2600
Quebrada Seca 3 2b2	4930	110	5639 BP:5658 BP; 5610 BP:5635 BP	3900
Puripica 1	4815	70	5582 BP:5590 BP; 5489 BP:5503 BP	3250
Quebrada Seca 3 2b3	4770	80	5499 BP:5544 BP; 5475 BP:5491 BP	3900
Chiuchiu RanL 92	4565	110	5295 BP:5312 BP	2500
Punta de la Peña 4 6	4560	60	5289 BP:5312 BP; 5090 BP:5096 BP	3650
Chiuchiu RanL 140	4530	110	5131 BP:5163 BP; 5074 BP:5106 BP	2500
Quebrada Seca 3 2b2	4510	100	5055 BP:5186 BP; 5265 BP:5290 BP	3900
Chiuchiu RanL 15140	4500	116	5098 BP:5142 BP; 5159 BP:5189 BP	2500
Quebrada Seca 3 2b2 RH	4410	60	4960 BP:5041 BP; 4912 BP:4929 BP	3900
Kalina Morteros	4370	220	4872 BP:4963 BP	
Tulán 52	4340	95	4855 BP:4886 BP; 4936 BP:4958 BP	2600
La Damiana	4290	110	4842 BP:4858 BP	3000
Puripica 1	4290	60	4842 BP:4858 BP	3250
Chiuchiu RanL 92	4280	170	4840 BP:4854 BP	2500
Tulán 52	4270	80	4837 BP:4852 BP	2600
Chiuchiu RanL 133A	4250	105	4830 BP:4846 BP	2500
Alero Cuevas F2	4210	70	4818 BP:4837 BP; 4725 BP:4752 BP	4400
Peña de las Trampas 11	4210	60	4818 BP:4837 BP; 4725 BP:4752 BP	3665
Puripica 1	4160	90	4687 BP:4762 BP; 4641 BP:4679 BP	3250
Chiuchiu RanL 4A	4115	105	4571 BP:4645 BP; 4762 BP:4801 BP	2500
Punta de la Peña 4 5	4100	160	4566 BP:4619 BP; 4764 BP:4785 BP	3650
Inca Cueva 7	4080	90	4525 BP:4579 BP; 4770 BP:4780 BP	3800
Punta de la Peña 4 4	4060	90	4541 BP:4569 BP; 4519 BP:4538 BP	3650
Puripica 1	4050	95	4446 BP:4470 BP; 4516 BP:4532 BP	3250
Inca Cueva 7	4030	80	4441 BP:4484 BP; 4511 BP:4526 BP	3800
Kalina Morteros	3950	50	4411 BP:4425 BP	
Punta de la Peña 4 4	3870	90	4243 BP:4299 BP; 4325 BP:4356 BP	3650
Punta de la Peña 4 3	3820	100	4155 BP:4208 BP; 4218 BP:4240 BP	3650
Agua Dulce RH	3738	46	4114 BP:4147 BP; 4082 BP:4100 BP	3800
Chiuchiu RanL 118	3675	470	4035 BP:4080 BP; 3975 BP:4001 BP	2500
Tulán 67	3640	120	3912 BP:3980 BP	2669
Chiuchiu RanL 276	3625	85	3901 BP:3973 BP	2500

Tabla 2. Listado de fechas radiocarbónicas de las ocupaciones descritas y sus respectivas calibraciones, citando la altura de los sitios de las que proceden. La procedencia bibliográfica de las fechas se cita a lo largo del texto del Capítulo 2 (Segunda Parte). NOTA: tanto en esta tabla como en la anterior se han incluido en los casos pertinentes de las fechas calibradas los dos intervalos de mayor probabilidad en orden (i.e. el primero es el valor más elevado de probabilidad)

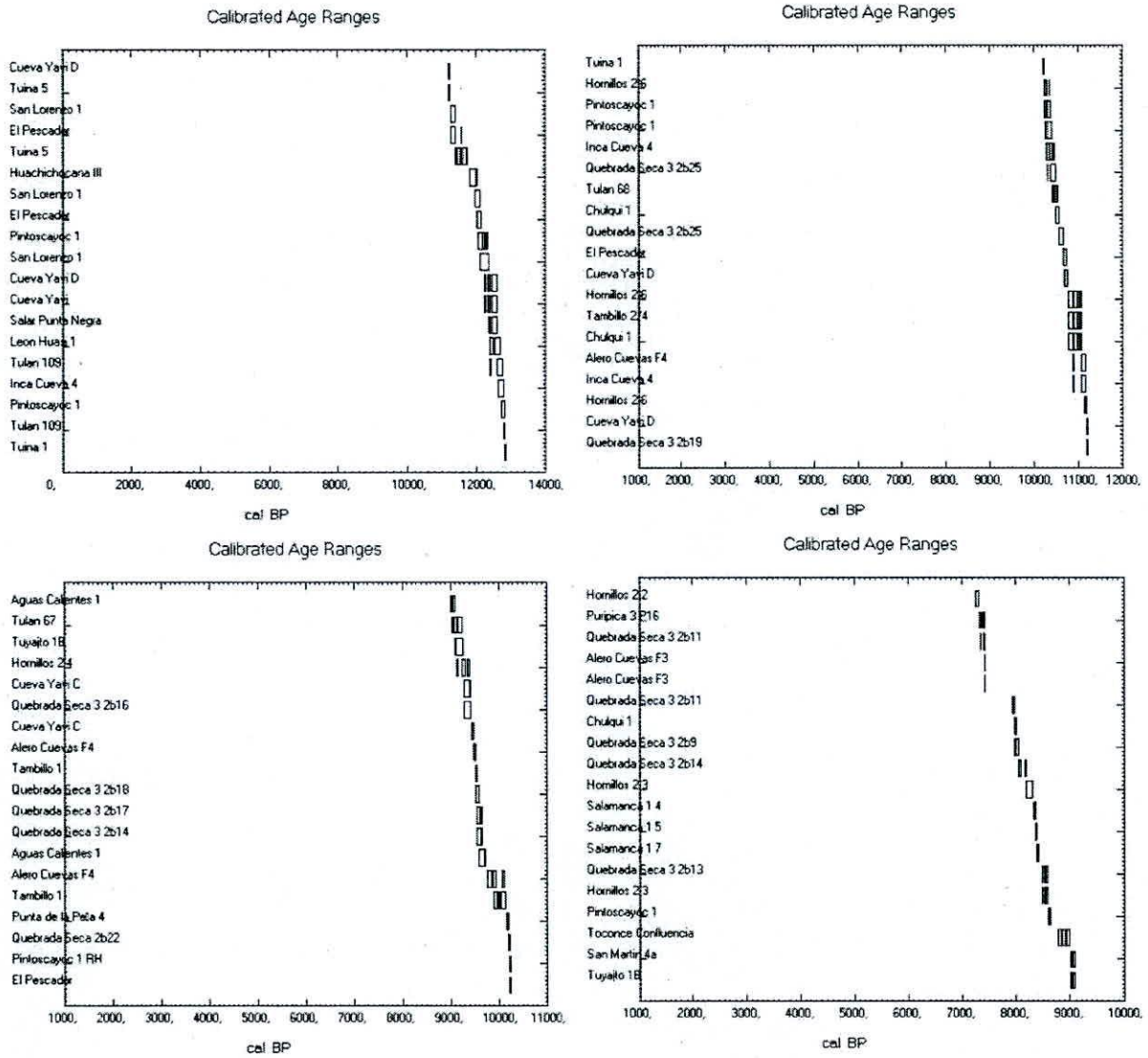


GRÁFICO 1. Gráficos del rango comprendido por las calibraciones de las ocupaciones listadas en las TABLAS 1 y 2 (Primera Parte).

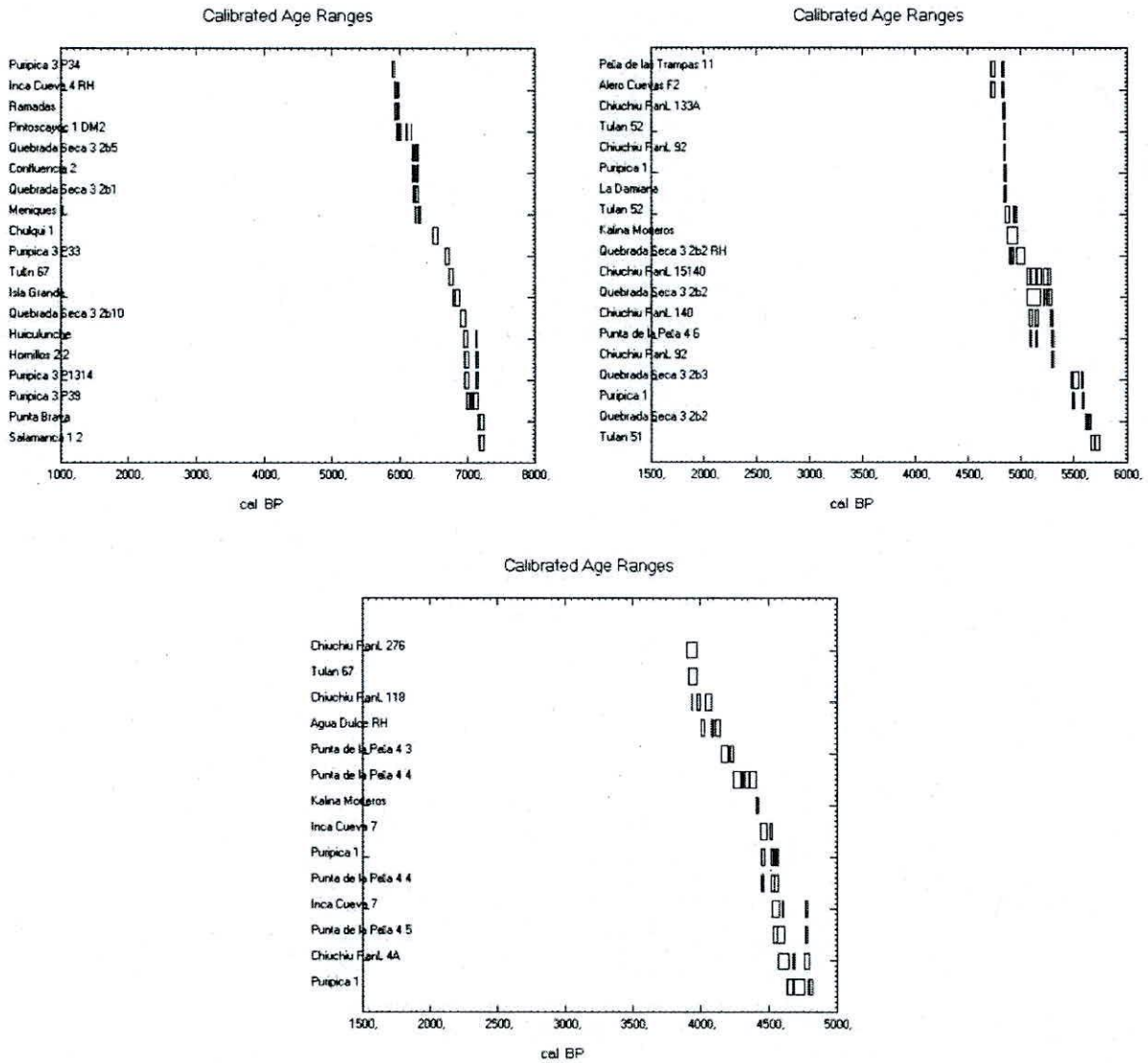


GRÁFICO 2. . Gráficos del rango comprendido por las calibraciones de las ocupaciones listadas en las TABLAS 1 y 2 (Segunda Parte).

ANEXO DEL CAPÍTULO 4

Año	Quiaca Ferr	Quiaca SMN	Abra Pam F	Huacalera	Humahuaca	Iturbe	Maimara	Ti Ica ra	Tres Cruces	Tumbaya	Uquia	Volcan Ferr
1908		210										
1909		249										
1910		379										
1911		319										
1912		267										
1913		307										
1914		184										
1915		170										
1916		208										
1917		341										
1918		369										
1919		447										
1920		320										
1921		335										
1922		301										
1923		336										
1924		258										
1925		336										
1926		236										
1927		388										
1928		375										
1929		346										
1930		443										
1931		342										
1932		333										
1933		291										
1934	173	287		89	78	54	74	85	81	160	72	284
1935	163	225	143	230	161	121	141	227	131	269	176	486
1936	223	276	132	75	107	176	107	171	248	135	83	222
1937	206	236	168	160	140	162	93	136	172	120	128	233
1938	236	222	131	96	73	102	25	82	68	66	72	231
1939	344	245	188	191	150	196	84	147	174	152	134	269
1940	202	218	121	98	111	115	49	66	88	31	99	123
1941	167	228	231	82	86	216	86	87	95	164	79	238
1942	225	317	277	171	151	296	106	114	282	173	181	248
1943	207	317	230	151	132	299	96	92	196	175	140	341
1944	390	425	465	276	241	442	228	276	478	397	240	553
1945	261	353	381	236	251	446	149	186	308	203	227	384
1946	258	298	265	107	71	281	96	73	200	186	109	272
1947	306	321	295	110	159	363	105	105	252	222	168	606
1948	406	514	225	166	159	299	100	146	138	122	181	298
1949	410	505	411	312	239	471	85	224	361	307	322	492
1950	359	442	304	113	108	281	103	102	149	179	164	198
1951	352	326	227	72	141	176	42	49	109	176	100	251
1952	280	284	223	127	136	225	108	29	133	239	124	281
1953	293	409	275	145	123	302	123	110	165	275	72	300
1954	372	415	298	174	237	288	163	306	199	192	172	443
1955	341	264	376	218	260	378	159	145	229	270	253	353
1956	334	331	150	120	88	138	138	120	74	145	87	165
1957	185	233	166	125	89	187	88	92	160	112	148	172
1958	227	304	152	172	140	297	147	134	180	177	184	374
1959	276	350	316	138	113	248	137	142	179	247	162	567
1960	286	277	221	243	157	307	118	108	247	167	165	367
1961	274	240	167	202	150	250	127	86	329	243	148	702
1962	218	485	241	124	150	172	182	140	162	205	170	427
1963	402	226	325	275	251	371	372	266	308	309	190	719
1964	222	340	172	109	167	175	142	124	160	90	47	439
1965	349	308	235	147	225	162	171	146	207	142	158	518
1966	288	213	171	51	65	117	52	67	81	111	53	252
1967	238	412	119	66	75	211	43	71	217	156	106	422
1968	394	295	280	170	239	383	106	137	323	191	207	482
1969	290	283	133	103	158	180	88	54	278	119	155	422
1970	253	363	149	164	155	258	120	118	186	156	110	343
1971	290	318	193	188	280	284	108	160	282	260	240	470
1972	235	225	243	219	159	142	108	105	229	202	114	391
1973	123	296	365	193	187	204	114	170	232	135	141	178
1974	161	237	234	143	165	243	322	171	229	194	235	556
1975	183	198	402	203	234	285	135	205	351	260	227	512
1976	223	198	466	167	205	233	55	144	309	285	252	559
1977	208	423	594	183	242	253	125	107	288	244	130	654
1978	363	473	346	256	248	329	111	134	245	203	243	657
1979	243	430	414	177	298	382	169	174	372	264	219	545
1980	179	283	166	80	173	120	97	76	124	146	108	331
1981	410	361	276	163	215	375	71	134	325	248	177	465
1982	390	430	329	181	128	298		150	330	195	122	458
1983	200	169	86	73	96	116		121	167	119	97	195
1984	415	457	632	349	429	437		304	575	391	278	560
1985	483	521	553	203	339	424	150	210	423	239	216	421
1986	255	297	394	145	236	271	98	148	232	250	183	331
1987	224	263	322	130	160	159	103	107	180	184	103	304
1988	508		665	208	292	260	147	164	391	177	137	239
1989	295		378	106	123	210	74	77	243	180	34	363
1990	281		374	105	151	234	208	149	202	366	91	704

TABLA 1. Series de valores medios anuales de precipitaciones de estaciones meteorológicas con registros extensos (SMN y FGMB), N=12.

Año	Cieneguillas	Cochinoca	Cusi Cusi	Oratorio	Pan Azuc M	Santa Catalin	Tafra	Abra Laite	A. Pan INTA	Caspala	Cianzo	Coctaca	El Aguilar M	El Moreno	P. Aparzo	Volcan DHJ	Rinconada	Susques
1969									208				452					
1970									289				194					
1971									452	355	379	311	572		300			
1972	448			300		352	387	473	382	353	306	189	437		246		564	261
1973	404			298		337	417	258	357	249	332	299	254		308		572	140
1974	330					373	254		369	300	409	222	322		298		364	199
1975	319					434	308		302	254	412	367	385		387		392	276
1976	224					253	220		292	202	172	333	387		293		224	167
1977	503			478		431	481		409	222	381	398	526		402		618	209
1978	391		390			449	467		309		464	386	431		244		525	82
1979			921				575	460	419		451		549		319		651	337
1980			384	277			346	190	142		1098		157	52	201			22
1981			598	403			444	278	303		786	485	311	77	388			184
1982			550	285	376	371	523	267	304		206	396	415	94	355		436	60
1983	134		270	102	169	204	228	153	138		228	156	205	70	275		222	51
1984	742		652		622	1046	594	627	695		537	634	383	313	593		1046	337
1985	889		610		693	960	667	569	482		421	410	763	260	462	458	734	266
1986	340		671	449	465	532	478	324	517		423	226	380	226	411	438	281	242
1987	333	288	510	271	303	540	394	320	291		299	145	306	219	470	374	193	311
1988	690	433	874	559	462	602	674	421	457		370	284	282	169	340	363	477	109
1989	552	300	717	383	616	191		291	356		179	136		97	364	441	436	167
1990	776	313	931	364	412	293		258	379		247	122		145	396	546	530	150
1991																		175
1992																		235
1993																		177
1994																		197
1995																		86
1996																		85

Tabla 2. Series de valores medios anuales de precipitaciones de estaciones meteorológicas con registros breves (DHJ e INTA), N=18.

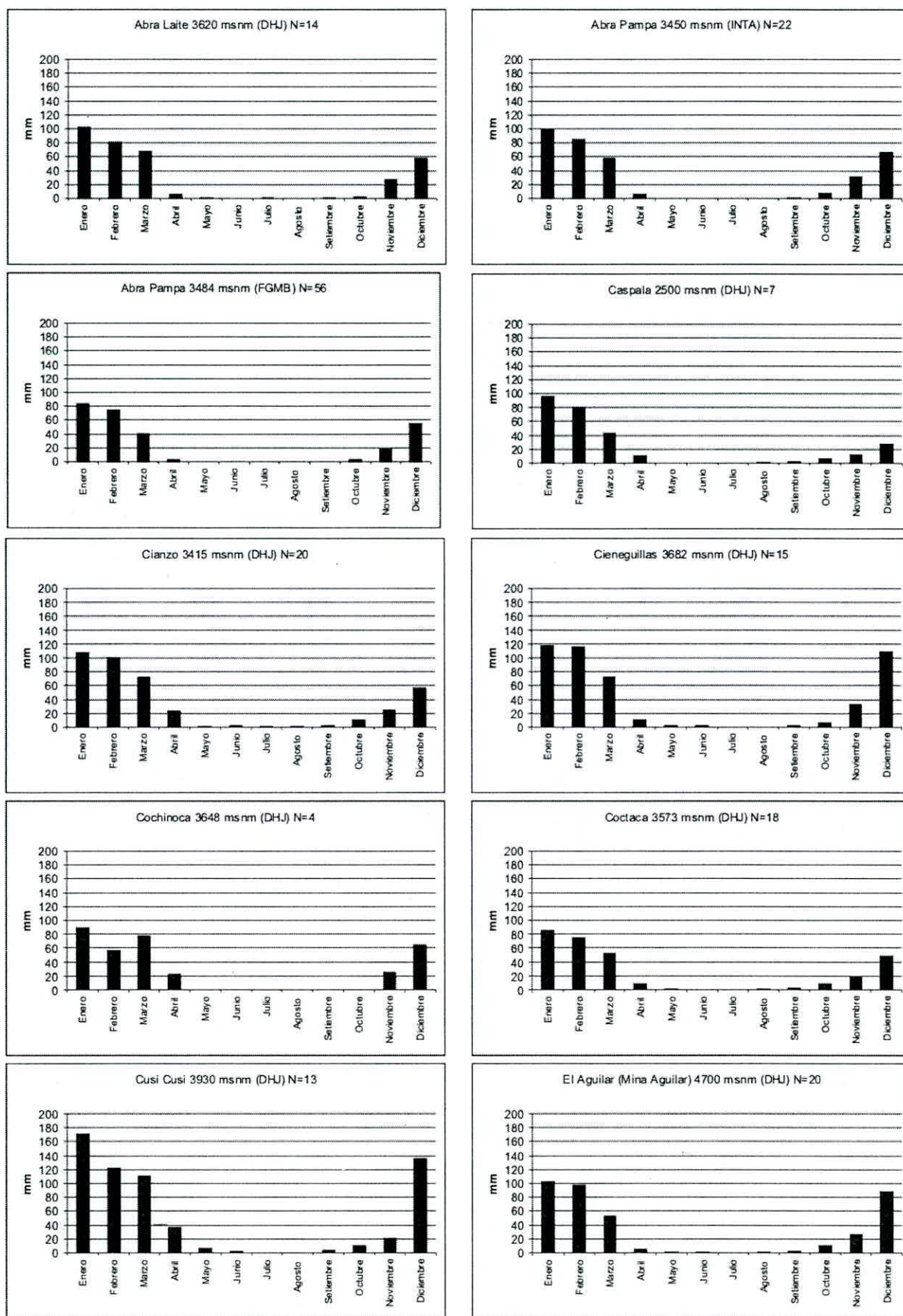


GRÁFICO 1. Distribución mensual de las precipitaciones -obtenida a partir de valores medios de N años- de las estaciones meteorológicas de las TABLAS 1 y 2, ordenadas alfabéticamente, primera parte (Abra Laite – El Aguilar).

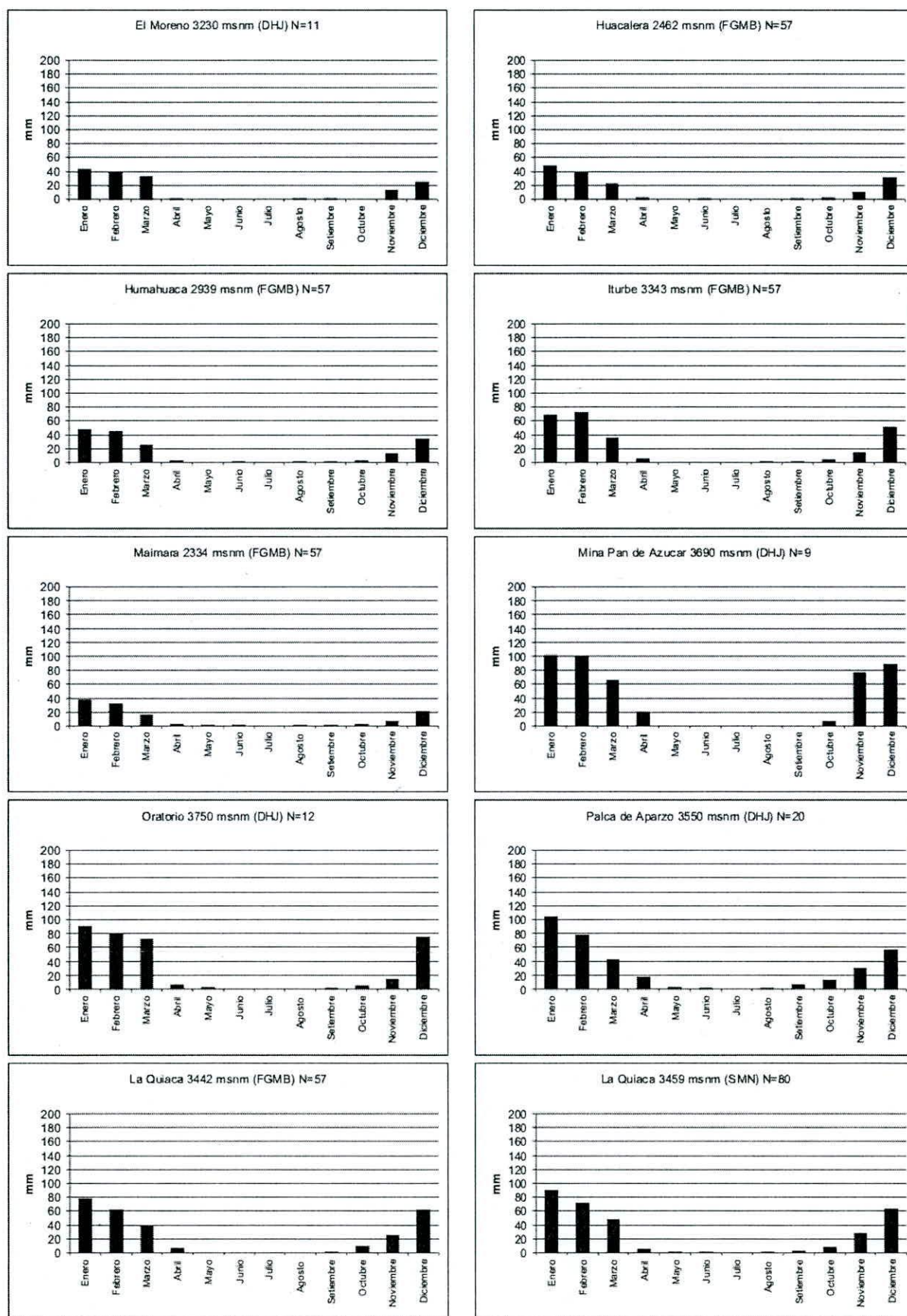


GRÁFICO 2. Distribución mensual de las precipitaciones -obtenida a partir de valores medios de N años- de las estaciones meteorológicas de las TABLAS 1 y 2, ordenadas alfabéticamente, segunda parte (El Moreno – La Quiaca SMN).

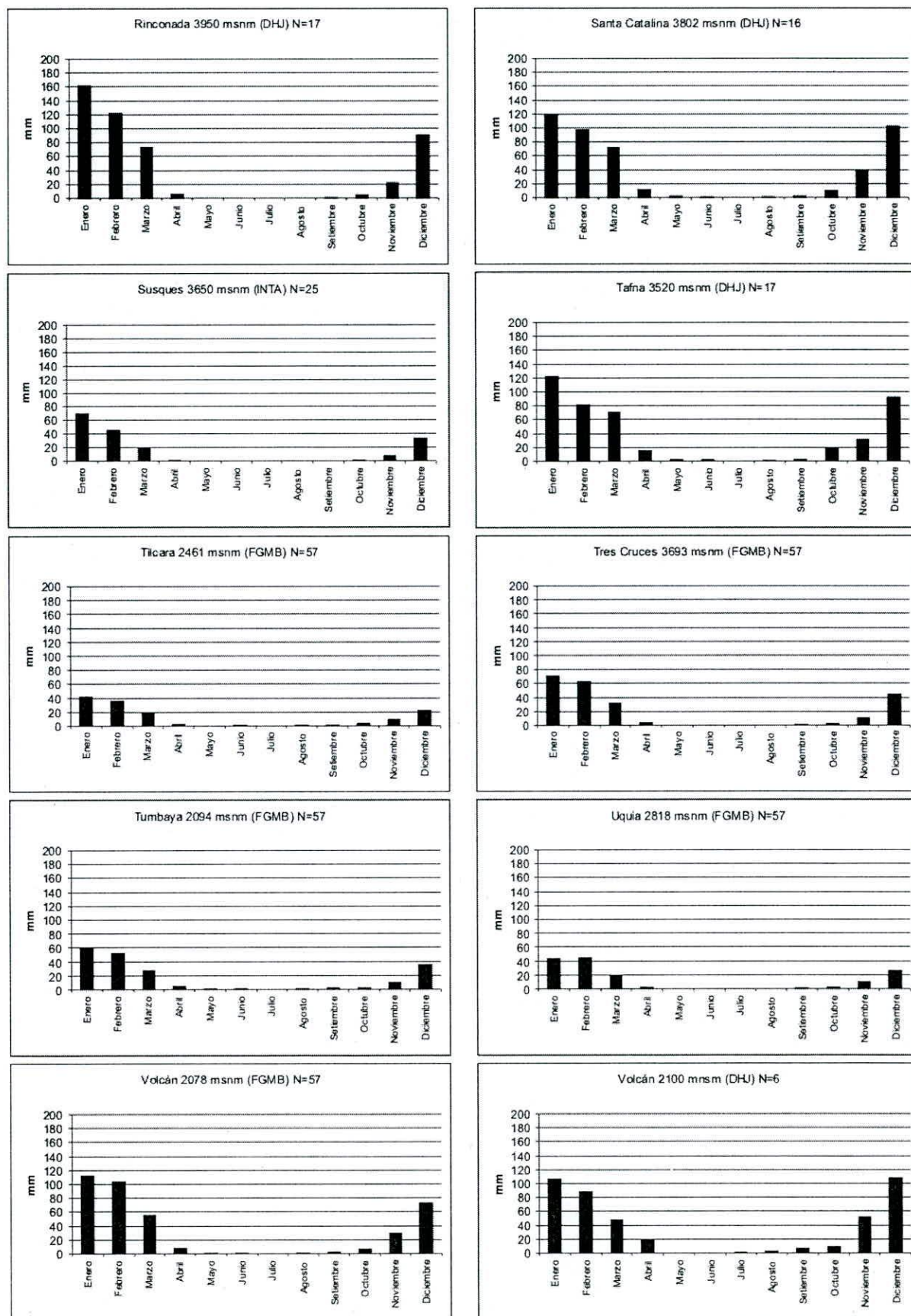


GRÁFICO 3. Distribución mensual de las precipitaciones -obtenida a partir de valores medios de N años- de las estaciones meteorológicas de las TABLAS 1 y 2, ordenadas alfabéticamente, tercera parte (Rinconada – Volcán DHJ).

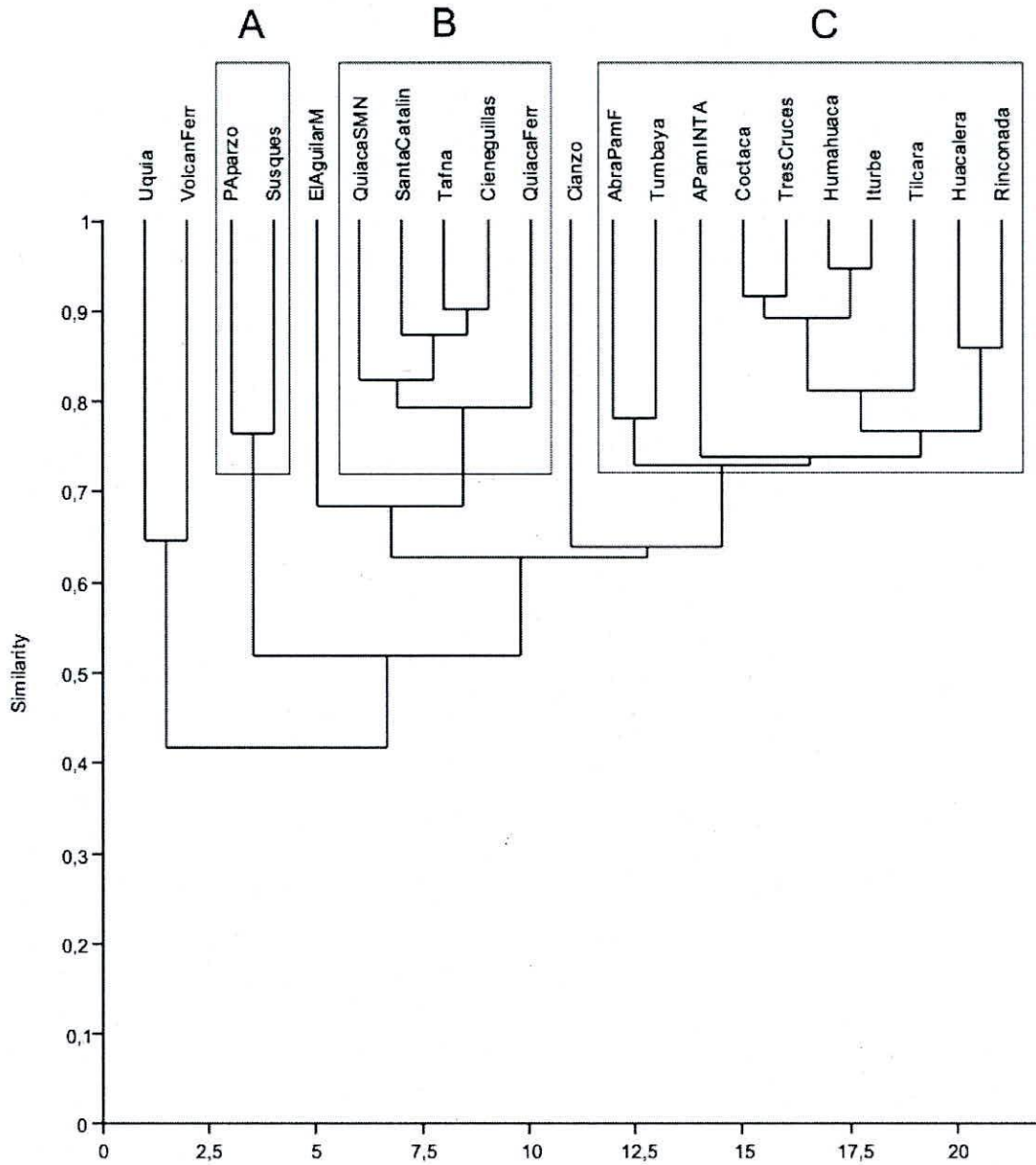


GRÁFICO 4. Dendrograma por valores de correlación correspondiente a los datos de 21 estaciones presentados en la TABLA 3. Los rectángulos con las letras A, B y C indican los grupos estadísticamente significativos ($p < 0.01$, $r = 0,704$) mencionados en el texto.

ANEXO DEL CAPÍTULO 5

VARIABLE	SÍNTESIS	Puna Seca
ELEV	Altura (msnm)	3739.10
LAT	Latitud	-
LONG	Longitud	-
CMAT	Temperatura Media Anual (°C)	7.45
CRR	Precipitación Media Anual (mm/año)	312.48
PET	Evapotranspiración Potencial (mm/año)	549.86
AE	Evapotranspiración Real (mm/año)	304.00
WATD	Déficit Hídrico (mm/año)	-246.05
WATRET	Exceso Hídrico (mm/año)	8.52
RUNOFF	Escorrentamiento (mm/año)	8.43
ET	Temperatura Efectiva (°C)	10.29
MTEMP	Contraste de las Temperaturas (0 mayor -100 menor)	85.10
REVEN	Uniformidad en la distribución de Precipitaciones (0-12)	3.66
MRAIN	Uniformidad en las precipitaciones (0 menor -100 mayor)	0.00
PTOAE	Índice para el ordenamiento de clima (escala en Binford 2001)	2.38
POTNAGP	Nivel proyectado de Productividad Anual Neta Superficial bajo condiciones ilimitadas de humedad (g/m ² /año)	775.43
HIRX	Índice de comunidad vegetal (<1.0 bosques, >1.0 desiertos, savanas, estepas, etc)	2.36
PTOWATD	Cantidad total de agua que puede ser utilizado por la comunidad vegetal (a menor valor mayor deficit)	-2.40
WILTGRC	Número de meses durante la estación de crecimiento que la CRR es mayor al 38% del PET	12.00
WATDGRC	Número de meses durante la estación de crecimiento que el valor de WATD es mayor a 0	0.00
RUNGRC	Número de meses durante la estación de crecimiento que el valor de RUNOFF es mayor a 0	0.71
GROWC	Número de meses durante la estación de crecimiento que el valor de WATD es mayor a 0	6.05
PERWLTG	Porcentaje de marchitamiento	1.84
NAGP	Productividad Primaria Neta Superficial (g/m ² /año)	316.80
PPER	Porcentaje de evaporación potencial (PET) efectuada como evaporación real (AE)	55.73
PGROW	medida de la presencia simultanea de agua y radiación solar para la comunidad vegetal	7.33

Tabla 1. Variables obtenidas a partir de Binford (2001), síntesis de sus unidades e interpretación (para más detalle consultar la obra mencionada del autor) y valores medios sobre cada una de ellas para la Puna Seca. Se han resaltado en negrita los valores de precipitación anual media (CRR), temperatura efectiva (ET) y productividad primaria neta o PPN (NGAP)

	Abra Laite	Abra Pampa	Cieneguillas	Cochinoca	Castro Tolay	Coranzuli	Cusi-Cusi	Mina Aguilar	El Moreno	La Quiaca	Pan de Azucar
ELEV	3620.00	3620.00	3682.00	3648.00	3438.00	4100.00	3930.00	4700.00	3230.00	3458.00	3690.00
LAT	-23.1833	-22.7167	-22.1167	-22.7333	-23.3500	-23.0333	-22.3333	-23.2000	-23.8667	-22.1000	-23.6167
LONG	-65.7833	-65.7000	-65.8833	-65.9000	-66.0833	-66.4000	-66.4667	-65.7000	-65.8000	-65.6000	-66.0333
CMAT	7.82	8.63	7.68	7.84	8.79	5.91	6.30	3.18	9.58	9.33	7.17
CRR	339.00	282.00	471.00	334.00	179.00	282.00	621.00	364.00	157.00	320.00	458.00
PET	558.00	575.00	557.00	557.00	579.00	516.00	528.00	449.00	594.00	588.00	543.00
AE	338.00	282.00	470.00	334.00	179.00	283.00	473.00	365.00	157.00	320.00	459.00
WATD	-217.00	-293.00	-84.00	-225.00	-400.00	-235.00	-53.00	-86.00	-437.00	-268.00	-86.00
WATRET	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	146.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RUNOFF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	145.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ET	10.63	10.97	10.35	10.59	11.13	9.56	9.64	8.00	11.60	11.15	10.34
MTEMP	84.72	85.09	86.00	85.05	84.32	84.84	85.82	85.13	83.76	84.84	84.38
REVEN	3.47	3.57	2.98	3.23	4.36	4.30	3.30	3.49	3.29	3.23	2.65
MRAIN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PTOAE	1.65	2.04	1.19	1.67	3.23	1.82	1.12	1.23	3.78	1.84	1.18
POTNAGP	793.25	833.77	790.90	790.90	843.42	696.62	723.72	553.00	880.01	865.30	758.17
HIRX	1.65	2.04	1.18	1.67	3.23	1.83	0.85	1.23	3.78	1.84	1.19
PTOWATD	-1.57	-0.96	-5.63	-1.48	-0.45	-1.20	-8.96	-4.22	-0.36	-1.19	-5.31
WLTGRC	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
WATDGRG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RUNGRC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GROWC	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	5.00	5.00	0.00	8.00	8.00	6.00
PERWLTG	1.71	1.71	1.71	1.71	1.71	2.40	2.40	0.00	1.50	1.50	2.00
NAGP	345.15	255.51	596.60	338.39	120.15	257.02	602.93	392.11	96.65	315.17	573.60
PPPER	60.57	49.04	84.38	59.96	30.92	54.84	89.58	81.29	26.43	54.42	84.53
PGROW	9.00	6.00	11.00	9.00	4.00	8.00	13.00	9.00	4.00	5.00	13.00

Tabla 2. Variables obtenidas a partir de Birford (2001) para 21 localidades de la Puna Seca (Ira Parte, Abra Laite a Pan de Azucar)

	Olapato	Oratorio	Rinconada	S. A. Cobres	S. Catalina	Sey	Susques	Tafna	Tres Cruces	Yavi
ELEV	3820.00	3750.00	3950.00	3775.00	3802.00	3920.00	3675.00	3520.00	3693.00	3500.00
LAT	-24.1167	-22.1000	-22.4333	-24.2167	-21.9500	-23.9167	-23.4333	-22.1000	-23.9167	-22.1000
LONG	-66.7167	-66.1333	-66.1500	-66.3167	-66.0667	-66.5667	-66.5000	-65.7500	-65.5667	-65.4667
CMAT	7.12	7.28	6.42	7.20	7.23	6.58	7.76	8.43	7.44	8.82
CRR	64.00	360.00	486.00	115.00	462.00	172.00	188.00	438.00	229.00	241.00
PET	542.00	555.00	530.00	542.00	548.00	530.00	557.00	571.00	549.00	579.00
AE	64.00	362.00	454.00	115.00	462.00	171.00	188.00	438.00	229.00	241.00
WATD	-478.00	-193.00	-79.00	-427.00	-87.00	-358.00	-369.00	-134.00	-320.00	-338.00
WATRET	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RUNOFF	0.00	0.00	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ET	10.37	8.51	9.69	10.46	10.10	10.09	10.62	10.80	10.52	10.99
MTEMP	83.51	90.68	85.85	83.39	86.05	83.88	84.37	85.87	83.96	85.61
REVEN	5.63	3.03	4.00	5.01	3.12	4.19	4.60	3.34	3.72	2.44
MRAIN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PTOAE	8.47	1.53	1.17	4.71	1.19	3.10	2.96	1.30	2.40	2.40
POTNAGP	755.86	786.19	728.28	755.86	769.80	728.28	790.90	824.17	772.13	843.42
HIRX	8.47	1.54	1.09	4.71	1.19	3.08	2.96	1.30	2.40	2.40
PTOWATD	-0.13	-1.88	-5.71	-0.27	-5.30	-0.48	-0.51	-3.26	-0.72	-0.71
WILTGRC	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
WATDGRC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RUNGRC	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GROWC	6.00	5.00	5.00	6.00	6.00	5.00	7.00	7.00	6.00	7.00
PERWLTG	2.00	2.40	2.40	2.00	2.00	2.40	1.71	1.71	2.00	1.71
NAGP	21.79	386.77	563.26	57.64	579.84	111.37	130.35	530.70	180.85	196.86
PPPER	11.81	65.23	85.66	21.22	84.31	32.26	33.75	76.71	41.71	41.62
PGROW	2.00	10.00	12.00	2.00	13.00	2.00	3.00	11.00	4.00	4.00

Tabla 3. Variables obtenidas a partir de Binford (2001) para 21 localidades de la Puna Seca (2da Parte, Olacapato a Yavi)

ANEXO DEL CAPÍTULO 7

Procedencia					Datación		Fuente
Localidad	País	Long. O	Lat. S	msnm	Años AP	±	
Alto Tocomar	Argentina	66°27'13.86"	24°12'55.56"	4222	5150	40	Inédito Yacobaccio
Alto Tocomar	Argentina	66°27'13.86"	24°12'55.56"	4222	5180	33	Inédito Schitteck
Alto Tocomar	Argentina	66°27'13.86"	24°12'55.56"	4222	5365	37	Inédito Schitteck
Alto Tocomar	Argentina	66°27'13.86"	24°12'55.56"	4222	5385	34	Inédito Schitteck
Alto Tocomar	Argentina	66°27'13.86"	24°12'55.56"	4222	5643	41	Inédito Yacobaccio
Alto Tocomar	Argentina	66°27'13.86"	24°12'55.56"	4222	5737	41	Inédito Yacobaccio
Alto Tocomar	Argentina	66°27'13.86"	24°12'55.56"	4222	5976	30	Inédito Schitteck
Alto Tocomar	Argentina	66°27'13.86"	24°12'55.56"	4222	6428	48	Inédito Yacobaccio
Alto Tocomar	Argentina	66°27'13.86"	24°12'55.56"	4222	6706	43	Inédito Yacobaccio
Alto Tocomar	Argentina	66°27'13.86"	24°12'55.56"	4222	7401	58	Inédito Yacobaccio
Alto Tocomar	Argentina	66°27'13.86"	24°12'55.56"	4222	8317	40	Inédito Schitteck
Barro Negro	Argentina	65°37'	23°	3820	9050	140	Fernandez et al. 1991
Barro Negro	Argentina	65°37'	23°	3820	9200	140	Fernandez et al. 1991
Barro Negro	Argentina	65°37'	23°	3820	10200	170	Fernandez et al. 1991
Barro Negro	Argentina	65°37'	23°	3820	10200	140	Fernandez et al. 1991
Barro Negro	Argentina	65°37'	23°	3820	10740	140	Fernandez et al. 1991
Barro Negro	Argentina	65°37'	23°	3820	12300	170	Fernandez et al. 1991
Barro Negro	Argentina	65°37'	23°	3820	12530	160	Fernandez et al. 1991
Caballo Muerto	Argentina				7550	150	Fernandez 1996
Los Colorados (Centro)	Argentina	67°31'	26°	3400	3710	40	Tchilinguirán 2009
Los Colorados (Centro)	Argentina	67°31'	26°	3400	6150	60	Tchilinguirán 2009
Los Colorados (Norte)	Argentina	67°31'	26°	3400	8690	40	Tchilinguirán 2009
Los Colorados (Norte)	Argentina	67°31'	26°	3400	9900	50	Tchilinguirán 2009
Mihuaca	Argentina	67°28'	26°	3400	5860	40	Tchilinguirán 2009
Pastos Chicos 2	Argentina	66°25'32.16"	23°40'29.28"	3527	7900	100	Inédito Yacobaccio
Pastos Chicos 2	Argentina	66°25'32.16"	23°40'29.28"	3527	8900	130	Inédito Yacobaccio
Pastos Chicos 2	Argentina	66°25'32.16"	23°40'29.28"	3527	9016	49	Inédito Yacobaccio
Pastos Chicos 2	Argentina	66°25'32.16"	23°40'29.28"	3527	9479	50	Inédito Yacobaccio
Pastos Chicos 4	Argentina	66°25'19.88"	23°40'22.88"	3754	4203	58	Inédito Yacobaccio
Q. Lapao 1	Argentina	66°21'53.41"	23°21'57.54"	3650	7550	90	Yacobaccio y Morales 2005
Q. Lapao 11	Argentina	66°21'52.52"	23°22'9.87"	3650	8980	100	Inédito Yacobaccio
Q. Lapao 4	Argentina	66°21'48.30"	23°22'1.89"	3650	3700	40	Inédito Yacobaccio
Q. Lapao 5	Argentina	66°21'46.67"	23°22'1.48"	3650	7770	80	Morales 2004 MS
Q. Lapao 5	Argentina	66°21'46.67"	23°22'1.48"	3650	8380	100	Morales 2004 MS
Q. Lapao 5	Argentina	66°21'46.67"	23°22'1.48"	3650	8560	90	Morales 2004 MS
Q. Lapao 5	Argentina	66°21'46.67"	23°22'1.48"	3650	9380	110	Morales 2004 MS
Q. Lapao 6	Argentina	66°21'44.42"	23°22'0.03"	3650	7750	40	Yacobaccio y Morales 2005
Q. Lapao 7	Argentina	66°21'49.20"	23°22'1.57.07"	3650	8230	40	Yacobaccio y Morales 2005
QLP	Argentina				3620	48	Tchilinguirán 2009
QLP	Argentina				3917	44	Tchilinguirán 2009
Ramadas PN Río SAC	Argentina	66°17'53.63"	24°8'52.80"	3600	5210	40	Morales en preparación
RP	Argentina				4110	180	Tchilinguirán 2009
RP	Argentina				4560	60	Tchilinguirán 2009
B. Sorechata	Bolivia	68°18'	16°28'	4200	7240	300	Servant y Servant-Vidary 2003
B. Sorechata	Bolivia	68°18'	16°28'	4200	7650	250	Servant y Servant-Vidary 2003
Lagunillas	Bolivia	66°31'	18°31'	4000	9120	90	Servant y Servant-Vidary 2003
Lagunillas	Bolivia	66°31'	18°31'	4000	9800	120	Servant y Servant-Vidary 2003
Oko Kuro	Bolivia	65°46'	19°44'	4000	7590	40	Servant y Servant-Vidary 2003
Oko Kuro	Bolivia	65°46'	19°44'	4000	9570	650	Servant y Servant-Vidary 2003
Oko Kuro	Bolivia	65°46'	19°44'	4000	9620	300	Servant y Servant-Vidary 2003
Q. Kalachaca	Bolivia	69°18'	17°28'	4020	4210	60	Servant y Fontes 1984
Q. Kalachaca	Bolivia	69°18'	17°28'	4020	4835	90	Servant y Fontes 1984
Q. Kalachaca	Bolivia	69°18'	17°28'	4020	9850	140	Servant y Fontes 1984
Q. Sorechata	Bolivia	68°16'	16°22'	4190	5950	800	Servant y Fontes 1984
Río Baja	Bolivia	67°45'	19°50'	3710	7250	510	Servant y Servant-Vidary 2003
Río Baja	Bolivia	67°45'	19°50'	3710	9440	510	Servant y Servant-Vidary 2003
Río Blanco	Bolivia	65°39'	21°09'	3500	9620	300	Servant y Servant-Vidary 2003
Río Chiarjahuirá	Bolivia	68°17'	16°28'	3990	9820	120	Servant y Fontes 1984
Río Chuquiaguillo	Bolivia	68°17'	16°27'	3900	4280	560	Servant y Fontes 1984
Río Chuquiaguillo	Bolivia	68°17'	16°27'	3900	8330	170	Servant y Servant-Vidary 2003
Río Chuquiaguillo	Bolivia	68°17'	16°27'	3900	9065	280	Servant y Fontes 1984
Río Chuquiaguillo	Bolivia	68°03'	16°26'	4120	9915	81	Servant y Fontes 1984
Río Jakte	Bolivia	69°17'	17°33'	3970	4380	150	Servant y Fontes 1984
Río Kaluyo (Choqueyapu)	Bolivia	68°10'	16°26'	4010	9210	220	Servant y Fontes 1984
Río Kaluyo (Choqueyapu)	Bolivia	68°10'	16°26'	4010	9685	220	Servant y Fontes 1984
Río San Francisco	Bolivia	68°37'	15°51'	4010	4540	120	Servant y Fontes 1984
Río Totor Jokho Viluyo (Ballivian)	Bolivia	68°26'	17°03'	3960	7730	125	Servant y Fontes 1984
Río Totor Jokho Viluyo (Ballivian)	Bolivia	68°26'	17°03'	3960	9435	110	Servant y Fontes 1984

TABLA 1. Base de datos de dataciones de turberas procedentes de Argentina y Bolivia

Procedencia					Datación		Fuente
Localidad	País	Long. O	Lat. S	msnm	Años AP	±	
Titicaca	Bolivia/Peru	69° 30'	16°	3800	5300	50	Tapia et al. 2003
Titicaca	Bolivia/Peru	69° 30'	16°	3800	5550	55	Tapia et al. 2003
Titicaca	Bolivia/Peru	69° 30'	16°	3800	5630	60	Tapia et al. 2003
Titicaca	Bolivia/Peru	69° 30'	16°	3800	5820	50	Tapia et al. 2003
Titicaca	Bolivia/Peru	69° 30'	16°	3800	7240	75	Setzer et al. 2002 (mat suplementario)
Titicaca	Bolivia/Peru	69° 30'	16°	3800	7840	130	Setzer et al. 2002 (mat suplementario)
Titicaca	Bolivia/Peru	69° 30'	16°	3800	8450	50	Tapia et al. 2003
Titicaca	Bolivia/Peru	69° 30'	16°	3800	8830	45	Tapia et al. 2003
Titicaca	Bolivia/Peru	69° 30'	16°	3800	9340	50	Tapia et al. 2003
Titicaca	Bolivia/Peru	69° 30'	16°	3800	9820	80	Setzer et al. 2002 (mat suplementario)
Laguna Miscanti	Chile	67° 46'	23° 44'	4140	8010	50	Grosjean et al. 2001
Laguna Seca	Chile	69° 14'	18° 11'	4000	7030	245	Baied & Wheeler 1993
Q. Puripica	Chile	68°	23°	3500	4275	45	Reach et al. 2003
Q. Puripica	Chile	68°	23°	3500	4365	40	Reach et al. 2003
Q. Puripica	Chile	68°	23°	3400	4920	65	Reach et al. 2003
Q. Puripica	Chile	68°	23°	3300	5115	50	Reach et al. 2003
Q. Puripica	Chile	68°	23°	3500	5965	45	Reach et al. 2003
Q. Puripica	Chile	68°	23°	3300	6775	65	Reach et al. 2003
Q. Puripica	Chile	68°	23°	3500	6835	65	Reach et al. 2003
Q. Puripica	Chile	68°	23°	3400	6850	60	Reach et al. 2003
Q. Puripica	Chile	68°	23°	3300	7075	45	Reach et al. 2003
Salar Punta Negra	Chile	60° 53'	24° 28'	2976	9180	50	Grosjean et al. 2005
Salar Punta Negra	Chile	60° 53'	24° 28'	2976	9230	50	Grosjean et al. 2005
Salar Punta Negra	Chile	60° 53'	24° 28'	2976	9450	50	Grosjean et al. 2005
Salar Punta Negra	Chile	60° 53'	24° 28'	2976	10350	50	Grosjean et al. 2005
Salar Punta Negra	Chile	60° 53'	24° 28'	2976	10460	50	Grosjean et al. 2005
Salar Punta Negra	Chile	60° 53'	24° 28'	2976	10470	50	Grosjean et al. 2005
Lago Añicota	Peru	70° 16'	17 22'	2800	4140	50	Placzek et al. 2001
Lago Añicota	Peru	70° 16'	17 22'	2800	4690	60	Placzek et al. 2001

TABLA 2. Base de datos de dataciones de turberas procedentes de Bolivia y sur de Perú

ANEXO DEL CAPÍTULO 8

Lapao 5	Md1	Md2	Md3	Md4	Md5	Md6	Md7	Md8	Md9	Md10	Md11
<i>Achnanidium exiguum</i>	0	0	0	0	0	0.59	0	0	0.48	0	0
<i>Amphora coffeiformis</i>	0	0	0	0.72	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora tucumana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	20.63	4.62	0.94
<i>Amphora veneta</i>	2.44	10.5	3.08	10.68	0	0.59	0.27	0.82	27.91	35.05	41.37
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	0	0	0	0	1.98	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira</i> cf. <i>distans</i>	0	0	0	0	0	0	4.89	0.55	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i>	17.12	11	2.31	5.34	0.99	2.67	7.35	0.82	12.13	11.14	23.64
<i>Craticula cuspidata</i>	0	0.5	4.1	0.72	0.49	0.29	0.54	0.27	0	0.81	0
<i>Craticula halophila</i>	0	0	0	0	0	0	0.27	0	0	0.27	0
<i>Cymbella cistula</i>	18.75	19.25	23.13	0.7	0	0.89	1.36	0.55	3.88	0	0.47
<i>Denticula kuetzingii</i>	0	0	0	4.36	0	0.29	0.81	0	0	0.27	0.94
<i>Epithemia argus</i>	1.08	0	0	0	1.74	0.29	4.63	0	0	0.81	0.71
<i>Epithemia adnata</i>	1.08	1	0	0.96	2.23	0	7.35	1.37	0.72	4.89	0.94
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>rumpens</i>	0	0	0	0	0	0.89	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema angustatum</i>	0	0	0	0	0	0	1.36	0	1.21	0.27	0.94
<i>Gomphonema constrictum</i>	0	0	0	0	0	0	1.9	0	0	4.07	0
<i>Gomphonema punae</i>	2.44	2.25	2.05	1.45	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hantzschia amphioxys</i>	0	0	0	0.24	1.48	0	0	0	0.24	0.27	0.71
<i>Navicula cincta</i>	0	0.25	0	4.61	2.73	0	0.54	0	12.62	10.87	7.56
<i>Navicula lanceolata</i>	0	0	0	0	2.73	0.29	0.27	0	0.72	0.27	0
<i>Navicula radiosa</i>	0	0	0	0	0	0	0.54	0	0	0	0
<i>Nitzschia amphibia</i>	0.81	1	0.25	0.48	0.24	0.29	2.16	0	0	0	0
<i>Nitzschia dissipata</i>	0	0	0.77	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia frustulum</i>	1.9	5	11.05	2.67	0	0	0	0	1.94	2.71	2.83
<i>Nitzschia hungarica</i>	0.54	0	0.25	0	0	0	0	0	0	2.17	0
<i>Nitzschia linearis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	7.03	1.9	0
<i>Nitzschia ovalis</i>	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia palea</i>	3.53	7.5	0	0	0	0	0	1.1	0	0	0
<i>Nitzschia paleacea</i>	0.81	0	2.31	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia perspicua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.07
<i>Nitzschia pusilla</i>	0	0	14.65	10.92	0	0.29	0.27	0	3.64	5.16	2.36
<i>Nitzschia socialis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.48	0	0
<i>Nitzschia subtilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia vitrea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.24	0	0
<i>Pinnularia borealis</i>	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia microstauron</i>	0	0	0	0	0.24	0	0.54	0	0	0	0
<i>Pinnularia viridis</i>	0	0	0	0.24	0	0	0	0	0	0	0
<i>Planothidium delicatulum</i>	0	0	0	0.72	6.7	4.74	2.72	0	0.72	0.81	0.94
<i>Planothidium lanceolatum</i>	0	0	0	0	0	0	0.54	0	0	0	0.71
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i>	32.06	25.25	5.14	0.72	2.97	3.26	1.09	10.19	0.72	0	0
<i>Rhopardia gibba</i>	0	0	0	0	0.24	0	0.27	0	0	1.9	0
<i>Rhopardia gibberula</i>	0	0	0	0	0.49	0	0	0	0	0	0
<i>Rhopardia parallela</i>	0	0	0	0	0.24	0	0	0	0	0	0
<i>Sellaphora pupula</i>	0	2.25	0.77	0.24	0.24	0	0	0	0	0	0
<i>Staurosira construens</i> var. <i>subsalina</i>	8.69	3	2.83	5.34	38.95	9.79	14.98	3.03	0.24	0.27	1.18
<i>Staurosira construens</i> var. <i>venter</i>	5.43	0.5	24.68	30.82	32	69.73	30.79	65.29	0.72	1.04	0.94
<i>Staurosirella pinnata</i>	0	0	0.25	4.61	0	0	0	8.59	0	0	0
<i>Tabularia tabulata</i>	0	0	0	0	0.99	0.89	0	0	0	0	0
<i>Ulnaria acus</i>	0.27	2.25	0	3.64	0.24	2.07	8.44	1.37	1.7	6.79	8.51
<i>Ulnaria ulna</i>	2.99	2.5	2.05	0.72	1.98	2.07	6	6.06	1.94	3.53	1.18

TABLA 1. Composición porcentual de la flora de diátomeas del Perfil Lapao 5. En gris se destacan las especies y géneros mencionados en el texto y con un recuadro negro las especies dominantes en cada muestra.

Especies	LAPAO 9			L7	L1	L6
	A 10cm	B 25cm	C 40cm			
<i>Achnanidium exiguum</i>	0	0.26	0	0	2	0
<i>Amphora pediculus</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Amphora tucumana</i>	0.24	0	0	0	0	32
<i>Amphora veneta</i>	42.58	2.77	1.06	1	0.75	9.5
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	0	0.46	0.85	0	0	6.5
<i>Caloneis silicula</i>	0	0	0	2	0	0
<i>Cocconeis placentula</i>	29.92	10.18	2.35	0	0.25	8
<i>Craticula cuspidata</i>	0.48	0.46	0	0	0	4
<i>Craticula halophila</i>	0	0.69	0	0	0	0
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	0	0	0	1.5
<i>Cymbella affinis</i>	0	0	0	3	0	0
<i>Cymbella cistula</i>	7.78	0	1.28	0	0	0.5
<i>Denticula elegans</i>	0	0.92	0	15	0.75	0.5
<i>Denticula kuetzingii</i>	0	0.46	0	0	0	0
<i>Diadema gallica</i>	0	0	0	0	17.5	0
<i>Ephemia argus</i>	0	5.55	0	4.5	0	1.5
<i>Ephemia turgida</i>	0	2.77	0	1	0	0
<i>Ephemia adnata</i>	0	9.26	1.49	22.5	0	0
<i>Fragilaria capucina</i>	0.48	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema angustum</i>	0.24	0.46	2.35	0	0	1.5
<i>Gomphonema constrictum</i>	0	0.92	1.06	0	0	0
<i>Hantzschia amphyois</i>	0	1.62	0.85	2	4	6
<i>Navicula cincta</i>	2.92	8.1	2.99	5	40	5.5
<i>Navicula peregrina</i>	0	0.46	0.42	0	0	0
<i>Navicula schuabei</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Nitzschia amphibia</i>	0	2.54	2.13	0	0	0
<i>Nitzschia dissipata</i>	0	0	0	0	0.5	0
<i>Nitzschia frustulum</i>	0.48	0	0.21	0	16	0
<i>Nitzschia hungarica</i>	0	0.69	0	0	0	0
<i>Nitzschia palea</i>	2.19	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia perspicua</i>	1.94	0	0	0	7	0
<i>Nitzschia pusilla</i>	2.67	1.38	1.92	0	0	0
<i>Nitzschia subtilis</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Nitzschia vitrea</i>	0	0	0	6	1	1.5
<i>Pinnularia borealis</i>	0	0.23	0	0.25	0	2
<i>Pinnularia brebissonii</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Pinnularia microstauron</i>	0	0	0	3	0	0.5
<i>Pinnularia viridis</i>	0	0.46	0	9.5	0	0
<i>Planodidium delicatulum</i>	0	0.69	2.56	0	0	0
<i>Pseudotaurosira brevis triata</i>	0	0.92	2.77	0	5	0
<i>Rhopalodia constricta</i>	0	0.23	0	8	2	0
<i>Rhopalodia gibba</i>	0	0.46	0	0	0	0
<i>Rhopalodia gibberula</i>	0	0.46	0	16.5	1	0
<i>Rhopalodia paralella</i>	0	0.46	0	0.25	0	0
<i>Sellaphora pupula</i>	4.86	0.23	1.92	0	0	0
<i>Staurosira construens var. subsalina</i>	0	6.94	51.71	0	0	0
<i>Staurosira construens var. venter</i>	2.67	23.84	16.88	0	0	14.5
<i>Staurosirella pinnata</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Surrella ovalis</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Surrella striatula</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Tabellaria tabulata</i>	0	0.46	0	0	0	0
<i>Ulnaria acus</i>	0.24	11.34	3.84	0	0	0
<i>Ulnaria ulna</i>	0.24	3.24	1.28	0	0	0.5

TABLA 2. Composición porcentual de la flora de diatomeas del perfil Lapao 9 y de las muestras de los perfiles Lapao 7, 1 y 6. En gris se destacan las especies y géneros mencionados en el texto y con un recuadro negro las especies dominantes en cada muestra.

ANEXO DEL CAPÍTULO 8

Especie	Pastos Chicos 1							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
<i>Achnanthyidium</i> cf. <i>Minutissimum</i>	0.00	0.00	0.00	0.56	0.23	0.00	7.08	0.00
<i>Achnanthes</i> coarctata	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Achnanthes</i> sp. 1	0.00	0.00	0.00	0.00	2.33	0.00	0.00	0.00
<i>Achnanthyidium</i> exiguum	1.14	0.33	0.23	4.71	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Achnanthyidium</i> <i>thermalis</i> var. <i>rumichorum</i>	0.00	0.65	0.23	2.82	6.99	0.00	11.95	0.32
<i>Achnanthyidium</i> <i>thermalis</i> var. <i>thermalis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00
<i>Amphora</i> aff. <i>acutiuscula</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00
<i>Amphora</i> aff. <i>tenerima</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Amphora</i> aff. <i>veneta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Amphora</i> <i>atacamae</i>	0.00	0.00	0.00	0.38	1.63	0.00	1.55	0.96
<i>Amphora</i> <i>coffaeiformis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Amphora</i> <i>copulata</i>	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Amphora</i> sp. 1	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Amphora</i> <i>veneta</i>	1.71	0.00	0.92	1.13	0.00	0.22	1.77	1.28
<i>Anomoeoneis</i> <i>sphaerophora</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Anomoeoneis</i> <i>sphaerophora</i> var. <i>angusta</i>	0.00	0.00	0.00	0.38	0.23	0.00	1.33	0.32
<i>Brachysira</i> <i>neoexilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00
<i>Caloneis</i> aff. <i>bacillum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Caloneis</i> aff. <i>sticula</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Caloneis</i> sp. 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	0.00	0.00
<i>Chamaepinnularia</i> cf. <i>wictoriae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Cocconeis</i> <i>placentula</i> var. <i>euglypta</i>	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Cocconeis</i> <i>placentula</i> var. <i>lineata</i>	1.14	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Craticula</i> <i>buderi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Craticula</i> <i>halophila</i>	0.29	0.00	0.46	0.19	0.00	0.00	0.88	0.64
<i>Craticula</i> <i>moesta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00	0.00	0.00
<i>Ctenophora</i> <i>pulchella</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Cyclotella</i> <i>meneghiniana</i>	0.00	1.96	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00
<i>Cymbella</i> <i>cymbiformis</i>	0.00	0.00	0.23	0.00	1.40	0.00	0.00	0.96
<i>Cymbella</i> <i>naviculiformis</i>	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Denticula</i> <i>elegans</i>	0.00	0.00	0.00	0.38	5.59	0.00	22.12	3.83
<i>Denticula</i> <i>kuetzingii</i>	3.14	2.29	2.07	11.49	9.79	0.89	5.31	0.64
<i>Diadesmis</i> <i>arcuata</i>	0.57	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00
<i>Diadesmis</i> <i>gallica</i>	0.00	0.00	3.23	0.19	1.17	0.22	2.21	10.86
<i>Diploneis</i> <i>ovalis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33	0.00	0.32
<i>Encyonema</i> aff. <i>altiplanense</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Encyonema</i> aff. <i>chilense</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Encyonema</i> cf. <i>pepusillum</i> <i>chilense</i>	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Encyonema</i> <i>minutiforme</i>	0.29	0.98	0.00	0.56	0.70	0.00	0.00	0.00
<i>Encyonema</i> <i>neoexilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Encyonema</i> <i>neogracile</i>	0.00	0.65	0.00	2.07	4.20	0.00	6.42	0.00
<i>Encyonema</i> <i>subminuta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.87	0.00
<i>Encyonopsis</i> <i>krammeroides</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Encyonopsis</i> <i>microcephalum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Encyonopsis</i> <i>subminutula</i>	0.57	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00
<i>Ephemia</i> <i>argus</i>	1.43	1.31	0.46	4.52	2.80	1.11	0.00	0.00
<i>Ephemia</i> <i>adnata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.44	1.82
<i>Fallacia</i> <i>pygmaea</i>	0.00	0.00	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Fragilaria</i> <i>capucina</i> var. <i>mesolepta</i>	6.00	3.27	3.92	1.69	0.00	3.77	0.00	0.00
<i>Fragilaria</i> <i>capucina</i> var. <i>vaucheria</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Frankophila</i> <i>similoides</i>	4.00	7.52	0.00	2.64	2.33	0.44	5.53	0.96
<i>Frustulia</i> <i>pumilo</i>	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00
<i>Frustulia</i> sp. 1	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Gomphonema</i> <i>affine</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00
<i>Gomphonema</i> <i>gracile</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.63	0.00	0.22	0.00
<i>Gomphonema</i> <i>parvulum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Gomphonema</i> sp. aff. <i>neotriviale</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00
<i>Gomphonema</i> <i>subclavatum</i>	0.00	0.33	0.23	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Gyrosigma</i> <i>scaevroides</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Hantzschia</i> <i>amphioxys</i>	0.00	0.65	1.15	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00
<i>Hantzschia</i> <i>elongata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.22	0.00
<i>Hippodonta</i> <i>capitata</i>	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Hippodonta</i> <i>subcostulata</i>	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Luticola</i> <i>mitigata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Luticola</i> <i>mutica</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00
<i>Martiana</i> <i>martii</i>	0.00	1.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicella</i> <i>pusilla</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.76	0.00
<i>Staurisira</i> aff. <i>elliptica</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Staurisira</i> <i>fonticola</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Staurisira</i> <i>zeileri</i>	4.29	0.00	1.15	1.13	0.00	1.33	0.00	0.00
<i>Tabularia</i> <i>fasciculata</i>	0.00	0.33	0.00	16.57	20.51	1.33	0.00	0.00
<i>Ulnaria</i> <i>acus</i>	0.86	1.31	0.69	1.69	2.80	2.22	1.55	4.47

TABLA 3. Composición porcentual de la flora de diatomeas del perfil Pastos Chicos 1 (1ra Parte). En gris se destacan las especies y géneros más frecuentes (>5%, en negritas las >10%) y con un recuadro las dominantes en cada muestra.

ANEXO DEL CAPÍTULO 8

Especie (continuación)	Pastos Chicos 1							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
<i>Mastogobia atacamae</i>	0.00	0.00	0.00	0.38	2.56	0.00	2.43	1.92
<i>Mastogobia elíptica</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> aff. <i>phylepta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> aff. <i>radiosa</i>	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> atacamae	0.00	0.33	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> cañi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> cañocincta	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> cfr. <i>libonensis</i>	0.86	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> cfr. <i>Luciae</i> (aff. <i>gymcocephala</i>)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> cincta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> cryptotenella	0.00	0.00	0.00	0.94	1.40	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> cryptotenelloides	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> erituga	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> gregaria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00
<i>Navicula</i> lauca	2.57	4.58	15.21	5.27	1.86	7.54	4.20	23.96
<i>Navicula</i> libonensis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.99	0.00
<i>Navicula</i> microdigitoradiata	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> parinacota	0.00	3.59	3.69	1.69	0.70	0.44	0.00	3.83
<i>Navicula</i> peregrina	0.00	0.33	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> perminuta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32
<i>Navicula</i> quechua	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64
<i>Navicula</i> salinicola var. <i>boliviana</i>	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> salinicola var. <i>salinicola</i>	0.57	1.96	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> salinicola var. <i>altiplanensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> species 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> veneta	2.29	2.61	0.92	0.56	0.00	0.22	0.00	0.64
* <i>Naviculodicta</i> cfr. <i>ribo utensis</i>	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
* <i>Naviculodicta</i> chilensis	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00
<i>Nitzschia</i> aff. <i>amphibia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Nitzschia</i> aff. <i>viduariana</i>	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Nitzschia</i> amphibia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Nitzschia</i> commutata	0.00	0.00	1.84	0.00	0.00	1.11	0.66	2.24
<i>Tryblionella</i> constricta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Nitzschia</i> filiformis	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Nitzschia</i> fonticola	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Nitzschia</i> frustulum var. <i>frustulum</i>	2.00	3.92	3.92	0.19	0.70	0.89	3.76	4.47
<i>Nitzschia</i> frustulum var. <i>inconspicua</i>	0.00	0.00	2.30	0.00	0.00	0.89	0.00	0.00
<i>Nitzschia</i> gracilis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64
<i>Nitzschia</i> haloyii	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00
<i>Nitzschia</i> hungarica	0.29	1.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Nitzschia</i> inconspicua	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.32
<i>Nitzschia</i> lebeuthii	0.29	0.98	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Nitzschia</i> linearis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Nitzschia</i> neotropica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Nitzschia</i> palea	2.00	0.65	1.84	0.00	0.23	1.77	0.00	3.51
<i>Nitzschia</i> pusilla	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Tryblionella</i> gracilis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Nitzschia</i> valdecostata	0.00	1.63	0.00	0.00	0.47	0.22	3.98	7.99
<i>Nitzschia</i> vermicularis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.11	0.22	0.00
<i>Nitzschia</i> vitrea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Pinnularia</i> aff. <i>tsoneka</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00
<i>Pinnularia</i> altiplanensis	0.00	0.98	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Pinnularia</i> microstauron	0.00	0.33	0.00	0.19	0.23	1.55	0.22	1.60
<i>Pinnularia</i> obscura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00
<i>Pinnularia</i> viridis	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Planothidium</i> delcatulum	1.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Planothidium</i> lanceolatum	0.29	0.00	0.23	0.00	0.00	2.88	0.00	0.64
<i>Planothidium</i> schwabei	3.71	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Rhopalodia</i> constricta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Rhopalodia</i> gibba	0.00	0.33	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Rhopalodia</i> gibberula	0.00	1.96	1.38	0.00	0.00	2.00	1.11	4.79
<i>Stauroneis</i> construens var. <i>binodis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Sellaphora</i> pupula	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00
<i>Stauroneis</i> atacamae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32
<i>Stauroneis</i> subgracilis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Stauroneis</i> altiplanensis	0.00	0.00	2.76	2.07	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Pseudostauroneis</i> brevistata	4.86	6.21	2.30	18.48	14.69	20.40	0.00	1.60
<i>Stauroneis</i> construens var. <i>subsalina</i>	30.29	21.57	6.68	3.01	0.00	23.28	0.22	0.00
<i>Stauroneis</i> construens var. <i>venter</i>	16.86	19.61	33.87	2.45	1.40	12.42	0.22	7.03
<i>Stauroneis</i> laucensis var. <i>vulpina</i>	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Stauroneis</i> la pinnata	1.43	0.00	1.61	6.78	1.63	5.76	1.99	1.92
<i>Surrella</i> trebisonii	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TABLA 4. Composición porcentual de la flora de diatomeas del perfil Pastos Chicos 1 (2da Parte). En gris se destacan las especies y géneros más frecuentes (>5%, en negritas las >10%) y con un recuadro las dominantes en cada muestra.

Especie (continuación)	Pastos Chicos 1							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
<i>Surirella chilensis</i>	0.00	0.33	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.64
<i>Surirella chilensis var constricta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Surirella ovata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Surirella wetzelii</i>	0.00	0.00	0.00	0.56	0.23	0.00	0.00	0.00
<i>Tabularia tabulata</i>	0.57	0.00	0.00	0.19	0.00	0.22	0.00	0.00
<i>Ulnaria ulna</i>	2.86	0.98	0.00	0.56	3.50	0.00	0.22	0.64

TABLA 5. Composición porcentual de la flora de diatomeas del perfil Pastos Chicos 1 (3ra Parte). En gris se destacan las especies y géneros más frecuentes (>5%, en negritas las >10%) y con un recuadro las dominantes en cada muestra.

ANEXO DEL CAPÍTULO 8

Especie (continuación)	Pastos Chicos 2																			
	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M17 bis	M18	M19	M20
<i>Suriella chilensis</i>	0.00	0.00	0.28	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Suriella chilensis var consticta</i>	0.00	0.00	0.00	2.42	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Suriella ovata</i>	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.28	0.00	0.00	0.31	0.00	1.10	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.94
<i>Suriella wetzelli</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Tabularia tabulata</i>	0.00	0.59	0.00	0.00	0.88	3.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.58	0.30	0.00	1.53	4.43	0.00	1.46	1.24	0.98
<i>Ulveia lina</i>	0.00	0.29	0.28	0.00	1.47	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.88	0.00	0.00	0.31	0.32	0.00	0.00	1.55	0.33

TABLA 8. Composición porcentual de la flora de diatomeas del perfil Pastos Chicos 2 (3ra Parte). En gris se destacan las especies y géneros más frecuentes (>5%, en negritas las >10%) y con un recuadro las dominantes en cada muestra.

ANEXO DEL CAPÍTULO 8

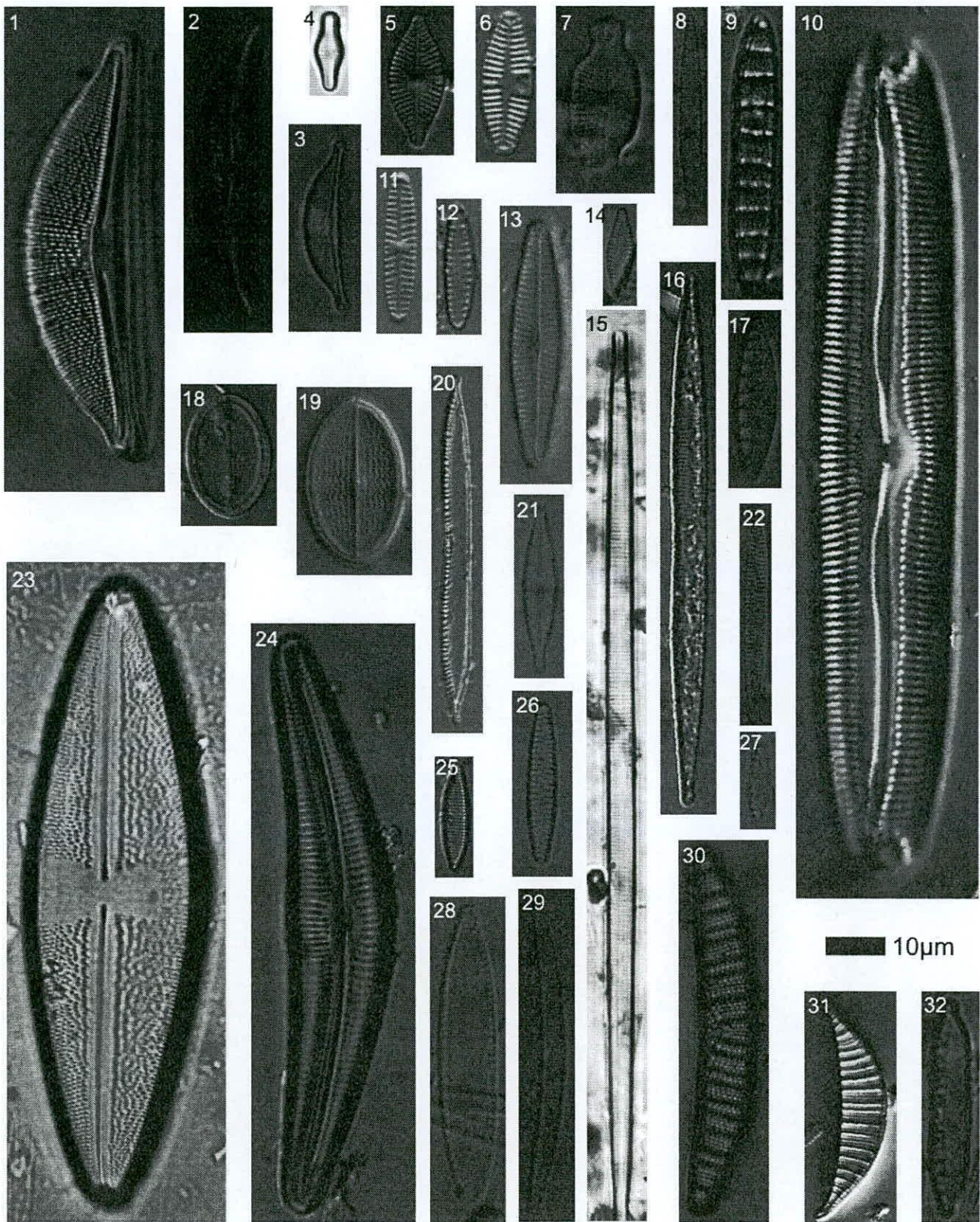
Especies	ATM1	ATM2	ATM3	ATMD 4	ATM5	ATM6	ATMD5	ATM10	ATMD6	ATMD7	ATM12	ATM13	ATMD2
<i>Achnanthes coarctata</i>	0.00	0.00	0.35	0.88	0.00	0.00	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Achnantheidium aff. minutissimum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Adafia suchlandtii</i>	0.00	6.85	0.00	2.06	0.00	0.54	5.78	0.00	0.00	0.29	0.00	0.56	0.00
<i>Amphora atacamae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Amphora copulata</i>	0.00	0.00	0.35	0.29	0.00	1.09	0.61	5.58	6.63	0.87	6.19	3.10	0.00
<i>Amphora veneta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	2.15	0.00	0.00	5.56	0.60	0.29	0.00	0.00	0.00
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Caloneis alpestris</i>	0.00	0.81	2.48	1.18	2.58	0.27	0.00	0.00	1.81	0.00	4.29	0.00	0.00
<i>Caloneis bacillum</i>	0.58	2.02	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	1.43	0.85	0.00
<i>Caloneis silicula</i>	0.00	0.00	1.06	0.29	0.00	0.00	0.00	1.85	0.00	2.04	0.00	0.00	0.00
<i>Caloneis undulatifomis</i>	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Cavinula pseudoscutiformis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	1.39	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	1.45	0.00	0.71	1.76	0.00	1.63	0.61	0.00	0.30	0.29	0.00	0.00	0.00
<i>Craticula budorii</i>	1.16	2.02	0.00	0.88	0.00	1.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	0.00
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0.00	0.00	1.06	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Cyclotella stelligera</i>	0.00	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Cymbella</i> cf. <i>aspera</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.11	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Cymbella cistula</i>	0.29	0.00	1.42	0.00	0.00	0.82	0.00	0.46	0.00	0.58	0.48	0.00	0.00
<i>Denticula elegans</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.93	0.60	0.00	0.00	0.00	1.12
<i>Denticula kuetzingii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Diadesmis</i> aff. <i>templiniana</i>	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56
<i>Diadesmis galica</i>	1.45	1.21	0.00	1.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	3.93
<i>Diploëis ovalis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	2.31	0.90	0.87	0.00	0.28	0.00
<i>Encyonema chilensis</i>	0.00	0.81	0.35	0.00	3.43	1.36	0.61	0.46	0.00	0.00	0.00	0.85	0.00
<i>Encyonema minutiforme</i>	0.00	2.42	0.71	8.82	0.00	0.00	2.13	0.00	0.30	0.00	0.00	0.28	0.00
<i>Encyonema neogracile</i>	0.00	0.00	1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00
<i>Encyonema rumichae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Encyonema vulgare</i> var. <i>chilensis</i>	2.02	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Epithemia adnata</i>	0.00	0.00	2.84	2.35	4.72	0.00	0.61	18.52	5.72	9.04	0.95	1.41	0.00
<i>Eunotia andinofrequens</i>	0.00	0.00	0.00	2.65	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Eunotia bilunaris</i>	0.00	0.81	8.87	10.88	2.58	0.27	5.17	5.56	4.82	0.29	0.00	0.00	0.00
<i>Fallacia monoculata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Ulnaria acus</i>	1.45	1.61	2.13	2.35	8.58	0.54	9.12	11.11	8.13	8.75	3.33	1.41	0.00
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>mesolepta</i>	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheria</i>	36.71	20.97	15.60	12.65	33.91	17.66	18.24	4.17	5.72	16.62	13.81	17.46	0.00
<i>Stauroneis heidenii</i>	0.00	1.21	0.35	1.76	0.00	0.00	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	1.41	0.00
<i>Frankophila similoides</i>	1.45	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Frustulia</i> aff. <i>undosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Gomphonema affine</i>	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Gomphonema angustatum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Gomphonema gracilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.28	0.00
<i>Gomphonema punae</i>	0.00	1.61	5.32	0.00	3.43	2.45	2.74	1.85	0.30	4.66	2.86	4.23	0.00
<i>Gomphonema subclavatum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.56	0.00
<i>Hantzschia elongata</i>	0.87	0.00	0.35	0.59	0.00	0.27	0.00	1.85	0.00	0.29	0.00	0.00	4.21
<i>Hippodamia capitata</i>	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00
<i>Luticola mutica</i>	6.36	4.03	3.55	1.18	1.72	0.82	0.91	3.24	0.90	1.17	1.90	0.85	1.12
<i>Luticola nivalis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula</i> aff. <i>reidiana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula cryptotenella</i>	0.00	0.00	1.06	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula lauca</i>	4.62	4.44	4.26	6.47	3.86	3.80	2.13	2.31	1.20	2.92	3.33	3.66	84.27
<i>Navicula libonensis</i>	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00
<i>Navicula parinacota</i>	0.29	0.00	0.71	0.00	2.58	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.48	1.13	0.00
<i>Navicula radiosa</i>	0.00	0.00	1.42	0.59	2.15	0.00	0.00	1.39	0.00	0.00	2.86	0.00	0.00
<i>Navicula salincola</i> var. <i>salincola</i>	0.00	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>"Naviculidicta" chilensis</i>	2.02	18.95	1.77	1.47	2.58	3.80	14.29	5.56	0.30	0.29	0.00	0.85	1.97
<i>Neidium bisulcatum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	1.51	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Nitzschia amphibia</i>	0.29	0.00	0.00	2.94	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	1.46	0.48	0.00	0.28
<i>Nitzschia commutata</i>	1.16	0.00	0.35	0.88	0.86	0.27	0.00	0.46	0.00	0.29	0.48	0.00	0.00
<i>Nitzschia frustulum</i>	0.00	0.81	0.35	1.18	0.43	0.00	0.30	0.93	0.90	0.00	0.95	0.00	0.00
<i>Nitzschia haloëi</i>	1.16	1.61	1.42	0.29	0.00	0.00	1.22	0.93	0.00	0.00	1.43	0.28	0.00
<i>Nitzschia inconspicua</i>	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Nitzschia lebetruhi</i>	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.56
<i>Nitzschia linearis</i>	1.45	0.40	1.06	1.76	0.00	0.82	4.26	0.00	0.00	0.29	0.95	0.56	0.00
<i>Nitzschia pala</i>	3.18	0.40	0.00	1.47	0.43	0.00	0.61	0.46	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00
<i>Nitzschia valdecostata</i>	0.00	0.00	0.00	0.29	2.58	1.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	0.00
<i>Nitzschia vermicularis</i>	0.00	2.02	1.06	0.29	0.00	0.54	0.00	0.00	0.90	1.46	0.00	0.00	0.00
<i>Pinnularia</i> aff. <i>tsoneka</i>	0.00	0.00	1.77	0.00	1.72	0.27	0.61	0.46	2.41	0.00	0.48	0.00	0.00
<i>Pinnularia brabisonii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00
<i>Pinnularia microstauron</i>	0.29	3.63	2.48	0.59	2.58	0.27	1.22	0.93	1.20	0.29	0.48	0.28	0.00
<i>Placoneis elginensis</i>	1.16	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00
<i>Pleurothidium delcatulum</i>	7.23	5.24	2.13	2.06	0.43	11.68	2.13	1.39	0.00	4.08	1.43	8.45	0.00
<i>Pleurothidium lanceolatum</i>	8.96	8.47	10.99	14.71	3.00	9.24	15.20	4.63	0.90	2.04	0.00	3.38	0.56
<i>Rhopalodia gibba</i>	0.00	0.00	0.00	0.59	0.86	0.00	0.00	7.41	1.20	0.00	0.00	0.00	0.28

TABLA 9. Composición porcentual de la flora de diatomeas de los perfiles Alto Tocomar 1 (códigos de muestras en negro con letras blancas) y Alto Tocomar 2 (códigos en blanco con letras negras) (Ira Parte). En gris se destacan las especies y géneros más frecuentes (>5%, en negritas las >10%) y con un recuadro las dominantes en cada muestra.

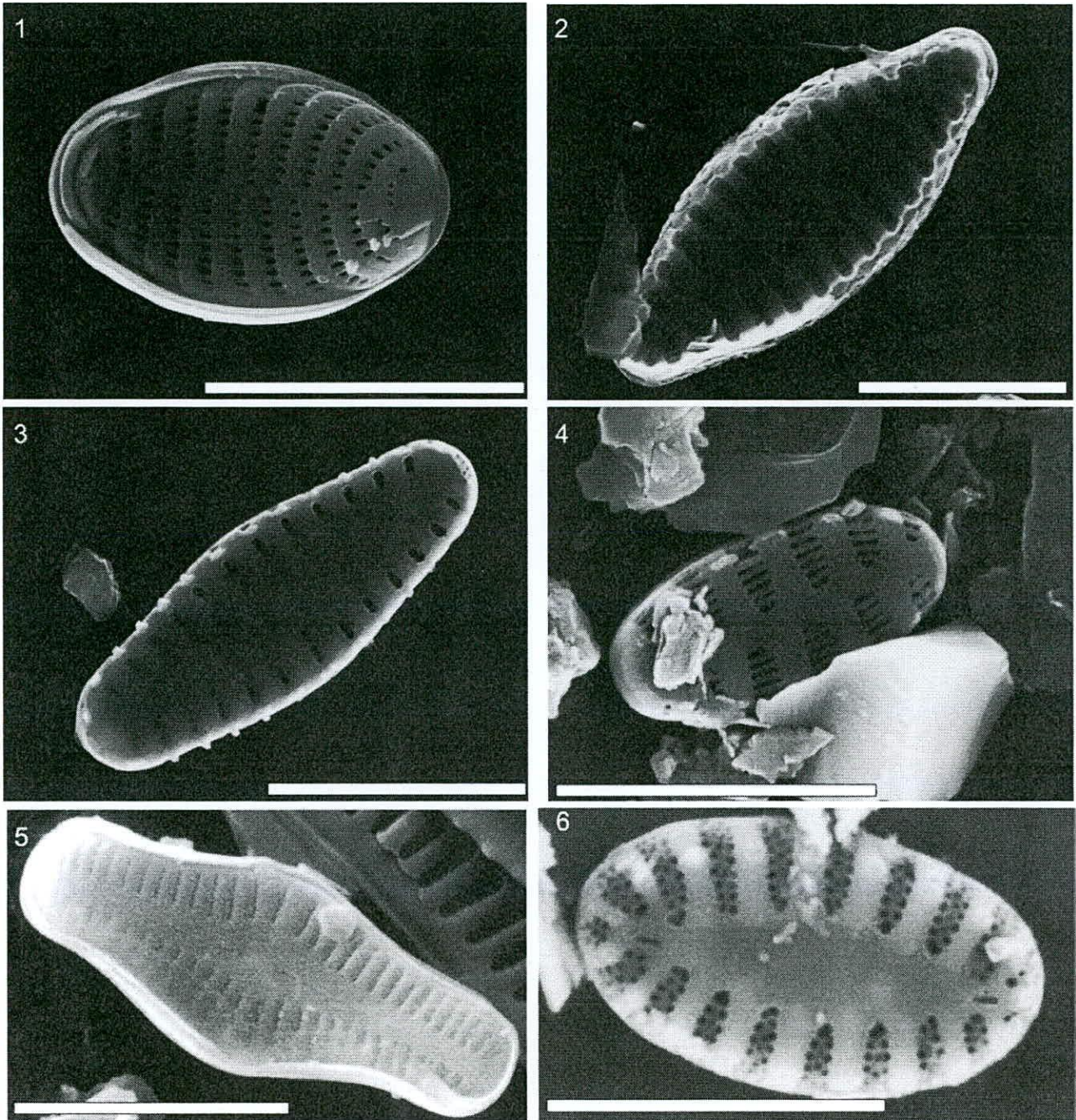
ANEXO DEL CAPÍTULO 8

Especies	ATM1	ATM2	ATM3	ATMD 4	ATM5	ATM6	ATMD5	ATM10	ATMD6	ATMD7	ATM12	ATM13	ATMD2
<i>Sellaphora laevisima</i>	0.00	0.00	1.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Sellaphora pupula</i>	0.00	1.21	1.77	0.00	0.43	0.00	0.00	0.93	0.00	0.29	0.48	0.56	0.00
<i>Stauroneis aff anceps</i>	0.00	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Stauroneis atacamae</i>	0.29	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00
<i>Stauroneis aurei</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28
<i>Stauroneis gracillior</i>	0.00	0.00	1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Stauroneis subgracilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Pseudostauroneis brevistriata</i>	0.00	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	3.24	3.01	2.33	1.90	0.00	0.00
<i>Stauroneis construens</i> var. <i>venter</i>	0.00	1.61	4.26	1.18	0.86	2.99	0.00	0.00	33.13	0.58	0.00	0.00	0.00
<i>Stauroneis laucensis</i> var. <i>vulpina</i>	2.60	2.02	1.77	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Stauroneis pinna</i>	4.34	2.82	4.26	4.41	3.86	33.97	2.43	0.00	8.43	34.11	47.62	43.10	0.00
<i>Surirella chilensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84
<i>Ulnaria ulna</i>	4.05	0.00	1.42	3.53	1.29	1.09	4.26	1.39	1.51	0.87	0.00	0.28	0.00

TABLA 10. Composición porcentual de la flora de diatomeas de los perfiles Alto Tocomar 1 (códigos de muestras en negro con letras blancas) y Alto Tocomar 2 (códigos en blanco con letras negras) (2da Parte). En gris se destacan las especies y géneros más frecuentes (>5%, en negritas las >10%) y con un recuadro las dominantes en cada muestra.



FOTOS 1. Selección de fotos en MO de las especies más frecuentes en los registros estudiados mencionadas en el texto. 1) *Amphora tucumana*; 2) *A. copulata*; 3) *A. veneta*; 4) *Achnantidium thermalis* var. *rumricharum*; 5) *Planothidium delicatum*; 6) *P. lanceolatum*; 7) *Luticola mutica*; 8) *Nitzschia palea*; 9) *Denticula elegans*; 10) *Pinnularia viridis*; 11) *Navicula lauca*; 12) *N. salinicola* var. *salinicola*; 13) *N. libonensis*; 14) *Pseudostaurosira brevistriata*; 15) *Ulnaria ulna*; 16) *U. acus*; 17) *Denticula kuetzingii*; 18) *Cocconeis placentula* var. *linearis*; 19) *C. placentula* var. *euglypta*; 20) *Nitzschia commutata*; 21) *Brachysira neoexilis*; 22) *Fragilaria capuccina* var. *vaucheria*; 23) *Anomoeoneis sphaerophora*; 24) *Cymbella cistula*; 25) *Nitzschia amphibia*; 26) *Staurosira construens* var. *subsalina*; 27) *Nitzschia frustulum*; 28) *N. pusilla*; 29) *Eunotia bilunaris*; 30) *Epithemia adnata*; 31) *Rophalodia gibberula*; 32) *Hantzschia amphyoixis*.



FOTOS 2. Selección de fotos en MEB (Microscopio Electrónico de Barrido) de las especies más frecuentes en los registros estudiados mencionadas en el texto. 1) *Stausira construens* var. *venter*; 2) *Stausira construens* var. *subsalina*; 3) *Pseudostausira brevistriata*; 4) *Stausirella pinnata*; 5) *Achnanthidium thermalis* var. *rumrichorum*; 6) *Frankophila similioides*. Las escalas gráficas corresponden a 5 μ m.

ANEXO DEL CAPÍTULO 9

Fecha años AP	N Turberas	Media cada 1000 años	Anomalia cada 1000 años	Anom % cada 1000 años	Media cada 2000 años	Anomalia cada 2000 años	Anom % cada 2000 años
9500-10000	10	12	4.917	69.412	8.75	1.667	23.529
9000-9499	14						
8500-8999	5	5.5	-1.583	-22.353	5.25	-1.833	-25.882
8000-8499	6						
7500-7999	9	7.5	0.417	5.882	7.25	0.167	2.353
7000-7499	6						
6500-6999	4	3	-4.083	-57.647	6.5	-0.583	-8.235
6000-6499	2						
5500-5999	9	8	0.917	12.941	7.25	0.167	2.353
5000-5499	7						
4500-4999	5	6.5	-0.583	-8.235	7.25	0.167	2.353
4000-4499	8						
Media	7.083						
N	85						

TABLA 1. N de turberas regional (N=85) cada 500 años para el período 10.000-4000 AP, valores medios cada 1000 y 2000 años y valores de anomalía (i.e. valor-media de la serie de 6000 años) absolutos y porcentuales.

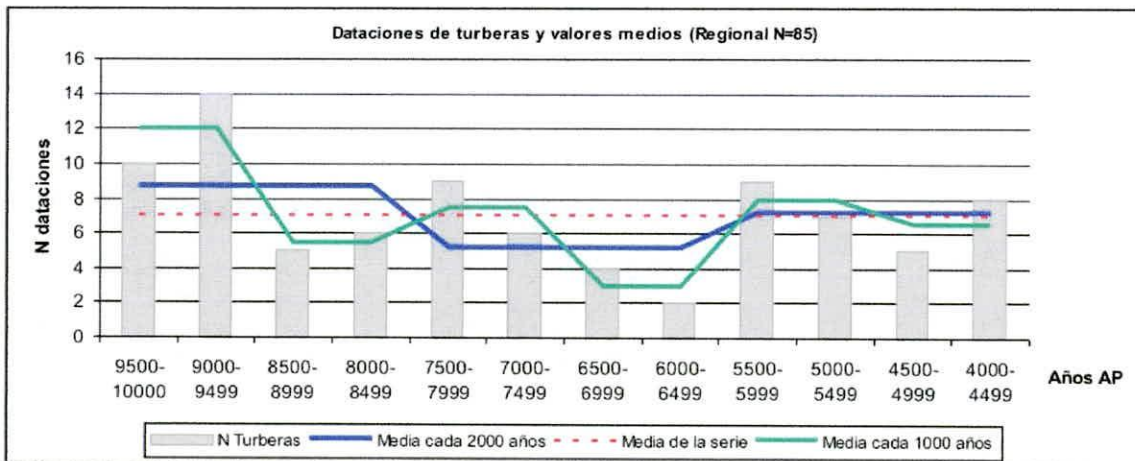


GRÁFICO 1. Representación del N de turberas regional (N=85) cada 500 años para el período 10.000-4000 AP (barras), valor medio de la serie (línea punteada roja) y valores medios cada 1000 (línea verde) y 2000 años (línea azul).

Fecha años AP	N Turberas	Media cada 1000 años	Anomalia cada 1000 años	Anom % cada 1000 años	Media cada 2000 años	Anomalia cada 2000 años	Anom % cada 2000 años
9500-10000	4	8	3.583	81.132	6.25	1.833	41.509
9000-9499	12						
8500-8999	5						
8000-8499	4						
7500-7999	5	4	-0.417	-9.434	3	-1.417	-32.075
7000-7499	3						
6500-6999	3	2	-2.417	-54.717	4	-0.417	-9.434
6000-6499	1						
5500-5999	5	4	-0.417	-9.434	4	-0.417	-9.434
5000-5499	3						
4500-4999	2						
4000-4499	6	4	-0.417	-9.434			
Media <4000 msnm	4.417						
N <4000 msnm	53						

TABLA 2. N de turberas ubicadas por debajo de los 4000 msnm (N=53) cada 500 años para el período 10.000-4000 AP, valores medios cada 1000 y 2000 años y valores de anomalía (i.e. valor-media de la serie de 6000 años) absolutos y porcentuales.

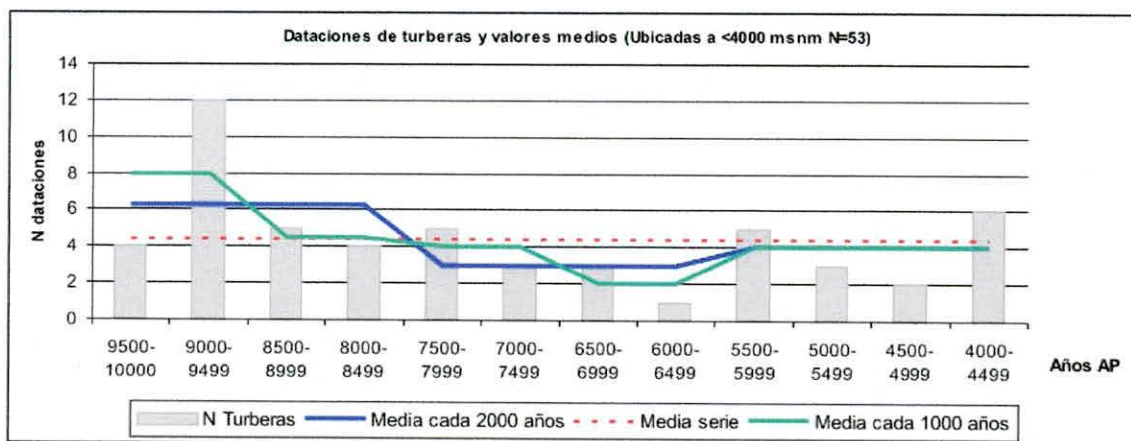


GRÁFICO 2. Representación del N de turberas ubicadas por debajo de los 4000 msnm (N=53) cada 500 años para el período 10.000-4000 AP (barras), valor medio de la serie (línea punteada roja) y valores medios cada 1000 (línea verde) y 2000 años (línea azul).

Fecha años AP	N Turberas	Media cada 1000 Años	Anomalia cada 1000 años	Anom % cada 1000 años	Media cada 2000 años	Anomalia cada 2000 años	Anom % cada 2000 años
9500-10000	6	4	1.667	71.429	2.5	0.167	7.143
9000-9499	2						
8500-8999	0						
8000-8499	2	1	-1.333	-57.143	1.75	-0.583	-25.000
7500-7999	2						
7000-7499	3	2.5	0.167	7.143	4	1.667	71.429
6500-6999	1						
6000-6499	1	1	-1.333	-57.143	2.75	0.417	17.857
5500-5999	4						
5000-5499	4	4	1.667	71.429	1.5	-0.833	-35.714
4500-4999	2						
4000-4499	1	1	-0.833	-35.714			
Media >4000 msnm	2.333						
N >4000 msnm	28						

TABLA 3. N de turberas ubicadas por encima de los 4000 msnm (N=28) cada 500 años para el período 10.000-4000 AP, valores medios cada 1000 y 2000 años y valores de anomalía (i.e. valor-media de la serie de 6000 años) absolutos y porcentuales.

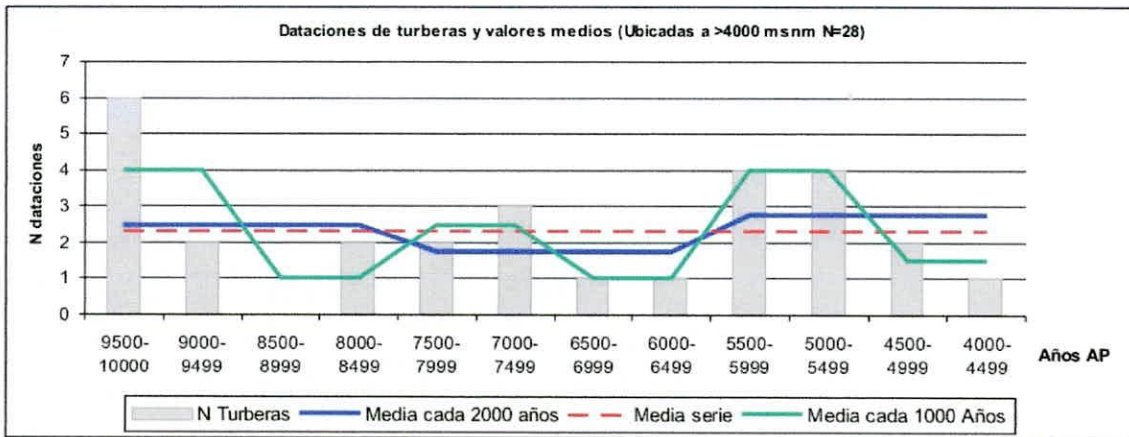


GRÁFICO 3. Representación del N de turberas ubicadas por encima de los 4000 msnm (N=28) cada 500 años para el período 10.000-4000 AP (barras), valor medio de la serie (línea punteada roja) y valores medios cada 1000 (línea verde) y 2000 años (línea azul).

ANEXO DEL CAPÍTULO 10

Años AP	Sitio	Tipo de sitio	Camélidos NISP%	Media Camélidos	SD Camélidos	Roedores NISP%	Media Roedores	SD Roedores
10000 - 8000	Tuina 1	Alero	61					
	San Lorenzo 1	Alero	7					
	Tuina 5 capa IV	Alero	49			41		
	Tambillo 1	Cielo abierto	47.6					
	Tulán 67 V	Alero	72			20		
	Tulán 67 VI	Alero	64			23		
	Hornillos 2 capa 6d	Alero	23.5			70.5		
	Hornillos 2 capa 6c	Alero	21.1			76.3		
	Hornillos 2 capa 6b	Alero	26.7	46.9	26.5	69.6	45.7	22.9
	Hornillos 2 capa 6a	Alero	36.6			61.4		
	Hornillos 2 capa 6	Alero	42.7			54.4		
	Hornillos 2 capa 5	Alero	51.7			46.6		
	Hornillos 2 capa 4	Alero	60.7			30.7		
	Inca Cueva 4 capa 2	Alero	10					
	Pintoscayoc 1 capa 6	Alero	12					
	Huachichocana 3 E3	Alero	87					
	Alero Cuevas F4	Alero	91.1			8.7		
Quebrada Seca 3 Nivel inferior	Alero	81						
8000-6000	Puripica 13-14	Cielo abierto	94					
	Hornillos 2 capa 3	Alero	76.2			19.1		
	Hornillos 2 capa 2	Alero	60	76.6	21.3	30.1	27.6	21.5
	Pintoscayoc 1 capa 5	Alero	43			56		
	Alero Cuevas F3	Alero	94.8			5.2		
Quebrada Seca 3 Nivel Medio	Alero	91.8						
6000-3500	Puripica 3 33	Cielo abierto	99					
	Puripica 3 34	Cielo abierto	96					
	Inca Cueva 7	Alero	50					
	Puripica 1	Cielo abierto	76.3	86.8	16.8			
	Tulán 52	Cielo abierto	85					
	Alero Cuevas F2	Alero	94.2			5.4		
	Quebrada Seca Nivel superior	Alero	94					
Huachichocana III E2	Alero	100						

TABLA 1. Porcentajes y valores estadísticos del NISP de las arqueofaunas de camélidos y roedores de 17 sitios (N=32) ubicados en ambas vertientes de los Andes.

Período	Sitio	Tipo de Sitio	Materias Primas Locales (<20km)			Materias Primas de Media Distancia (20-50km)			Materias Primas de Larga Distancia (>50km)		
			%	Media	SD	%	Media	SD	%	Media	SD
10000-8000	Chulqui 1	Alero	85			7			1		
	Pescador	Alero	65			0			4		
	Tuyajto 1B	Cielo Abierto	97								
	Homillos 2 Capa 6d	Alero	46			30			12		
	Homillos 2 Capa 6c	Alero	48			27			14		
	Homillos 2 Capa 6b	Alero	47	54.1	23.6	29	25.7	17.1	16	13.7	7.6
	Homillos 2 Capa 6a	Alero	53			19			19		
	Homillos 2 Capa 6	Alero	43			28			18		
	Homillos 2 Capa 5	Alero	34			28			21		
	Homillos 2 Capa 4	Alero	28			39			20		
	León Huasi 1	Alero	81.7			12					
Alero Cuevas F4	Alero	21.2			63.9			12.1			
8000-6000	Toconce-Confluencia	Alero	81			9			2		
	Huiculunche	Alero	15			85			0		
	Punta Brava	Alero	98	50.8	36.9		46.9	35.8		7.4	9.0
	Alero Cuevas F3	Alero	21.1			68.6			7.5		
	Homillos 2 capa 2	Alero	39			25			20		
6000-3500	La Damiana	Alero	99								
	Tulán 67	Alero	75								
	Puripica 3 33 y 34	Cielo Abierto	39	66.9	23.4				51		
	Inca Cueva 7	Alero	71.7								
	Alero Cuevas F2	Alero	49.6			42.8					

Tabla 2. Porcentajes y valores estadísticos de materias primas divididas por procedencia (locales, media y larga distancia) de 13 sitios (N=22) ubicados en ambas vertientes de los Andes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, M.; WOLFE, B.; WOLFE, A.; SELTZER, G.;
ARAVERA, R.; MARK, B.; POLISSAR, P.; ROBBELL, D.;
ROWE, H. Y M VUILLE
2003. Holocene Palehydrology and glacial history
of the central Andes using multiproxy lake
sediments studies. *Palaeogeography,
palaeoclimatology, palaeoecology*, 194:123-138.
- ABERCROMBIE, M., HICKMAN, C. J. Y M. L.
JOHNSON
1966. *A Dictionary of Biology*. Penguin Reference
Books. London.
- 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.
- ACEITUNO, P. Y A. MONTECINOS
1993. Stability analysis of the relationship
between the Southern Oscillation and
rainfall in South America. *Bull. Inst. Franc.
Etudes Andines*, 22:53-64.
1997. Meteorological field experiments in the
South American Altiplano. *Preprints, Fifth
Int. Conf on Southern Hemisphere Meteorology
and Oceanography, Pretoria, South Africa, Amer.
Met. Soc.* pp: 330-331
- AGUERRE, A. M.; FERNÁNDEZ DISTEL. A. Y C.
ASCHERO
1973. Hallazgos de un sitio acerámico en la
Quebrada de Inca Cueva (Provincia de
Jujuy). *Relaciones de la Sociedad Argentina de
Antropología. Nueva Serie*, Tomo VII:197-
235.
1975. Comentario sobre nuevas fechas en la
arqueología precerámica de la Provincia de
Jujuy. *Relaciones de la Sociedad Argentina de
Antropología. Nueva Serie*, Tomo IX:211-214.
- ALDUNATE, C.; BERENQUER, J.; CASTRO, V.;
CORNEJO, L.; MARTÍNEZ, L. Y C. SINCLAIRE
1986. *Cronología y asentamiento en la Región del Loa
Superior*. Universidad de Chile, Santiago.
- ALLEY, R. B.; MEESE, D.; SHUMAN, C.; GOW, A.;
TYLAOR, K.; GROOTES, P.; WHITE, J.; RAM, M.;
WADDINGTON, D.; MAYEWSKY, P. Y G, ZIELINSKI
1993. Abrupt increase in Greenland snow
accumulation in the end of the Younger
Dryas event. *Nature* 362:527-529.
- AMAYA, J. N.; VON THÜNGEN, J. Y D. A. DE LAMO.
2001. *Relevamiento y distribución de guanacos en la
Patagonia*. Comunicación Técnica N° 107.
Área RR NN Fauna. INTA EEA
Bariloche.

ARZAMENDIA, Y. Y B. L. VILÁ

2003. Estudios de comportamiento y organización social de vicuñas, en la Reserva de Biosfera Laguna de Pozuelos, Jujuy, Argentina, como línea de base para el manejo sostenible de la especie. *Memorias del III Congreso Mundial sobre Camélidos, 1er. Taller internacional de DECAMA (Eds CIF, FCAy P- UMSS), Potosí, Bolivia, Vol 1:187-192.*

2006. Estudios etoecológicos de vicuñas en el marco de un plan de manejo sustentable: Cieneguillas, Jujuy. *Investigación, conservación y manejo de vicuñas. Vilá, B. L. (Ed.) Buenos Aires. Capítulo 6:69-83.*

ASCHERO, C. A.

1979. Un asentamiento acerámico en la quebrada de Inca Cueva (Jujuy). *Informe preliminar sobre el sitio Inca Cueva-4.*

1984. El Sitio ICC-4: un asentamiento precerámico en la quebrada de Inca Cueva (Jujuy, Argentina). *Estudios Atacameños 4:62-72.*

1988. *Arqueología precerámica de Antofagasta de la Sierra. Quebrada Seca: una localidad de asentamiento.* Informe al CONICET período 1986-87. Ms.

2000. El poblamiento del territorio. *Nueva Historia Argentina I "Los Pueblos Originarios y La Conquista". M. Tarragó (Ed.). Pp.:17-70.* Sudamericana, Buenos Aires.

ASCHERO, C. A. Y H. D. YACOBACCIO

1998-99. 20 años después: Inca Cueva 7 reinterpretado. *Cuaderno del Instituto Nacional de Antropología y pensamiento Latinoamericano 18:7-18.*

ASCHERO, C.; DE NIGRIS, M.; FIGUERERO TORRES, M. J.; GURÁIEB, A. G.; MENGONI GOÑALONS, G. Y H. D. YACOBACCIO

1999. Excavaciones recientes en Cerro de los Indios I, Lago Posadas (Santa Cruz): Nuevas perspectivas. *Soplando en el Viento, Actas de las Terceras Jornadas de Arqueología de la Patagonia.* Universidad Nacional del Comahue e INAPL. pp: 269-286.

BAIEAD, C. Y J. WHEELER

1993. Evolution of high Andean Puna ecosystems: Environment, climate, and culture change over the last 12000 years in the central Andes. *Mountain Research Development 13:145-156.*

BAKER, P.

1962. The application of ecological theory to anthropology. *American Anthropologist 64:15-22.*

BAKER, P.; SELTZER, G.; FRITZ, S.; DUNBAR, R.; GROVE, M.; TAPIA, P.; CROSS, S.; ROWE, H. Y J. BRODA

2001. The history of South American tropical precipitation for the past 25,000 years. *Science 291:640-643.*

BARBER, K. Y D. CHARMAN

2005. Holocene Paleoclimate Records from Peatlands. *Global Change in the Holocene.* Mackay, A.; Battarbee, R.; Birks, J. y F. Oldfield, (Eds). Arnold. London. pp: 210-226

- BATTARBEE, E. W.
1986. Diatom Analysis. *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Berglund B. E. (ed.), J. Wiley & Sons Ltd., New York. pp: 527-570.
- BECK, C. Y G. T. JONES
1990. Toolstone Selection and Lithic Technology in Early Great Basin Prehistory. *Journal of Field Archaeology* 17:283-299.
- BENITEZ, V.; BORGNA, M. Y M. H. CASSINI
2006. Ecología nutricional de la vicuña (*Vicugna vicugna*) un caso de estudio en la reserva Laguna Blanca, Catamarca. *Investigación, conservación y manejo de vicuñas*. Vilá, B. L. (Ed.) Buenos Aires. Capítulo 5:51-67.
- BENNETT, K.D.
1994. Confidence intervals for age estimates and deposition times in late-Quaternary sediment sequences. *The Holocene* 4, 337-348.
- BETANCOURT, J.; LATORRE, C.; RECH, J.; QUADE, J. Y K. RYLANDER
2000. A 22,000-Year Record of Monsoonal Precipitation from Northern Chile's Atacama Desert. *Science* 289:1542-1546.
- BETTINGER, R. L.
1987. Archaeological Approaches to Hunter-Gatherers. *Annual Review of Anthropology* 16:121-142.
1991 *Hunter-gatherers: Archaeological and Evolutionary Theory*. New York - London: Plenum Press.
- 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 INTA-SAGPYA. INTA.
- BINFORD, L. R.
1980. Willow Smoke and Dogs' Tails: Hunter-Gatherers Settlement Systems and Archaeological Site Formation. *American Antiquity* 45:4-20.
2001. *Constructing Frames of Reference. An Analytical Method for Archaeological Theory Building Using Ethnographic and Environmental Data Sets*. University of California Press, California.
- BLACKBURN, R.
1996. Fission, fusion, and foragers in East Africa: micro- and macroprocess of diversity and integration among Okiek groups. *Cultural Diversity among Twentieth-Century Hunter-Gatherers. An African Perspective*. Kent, S. (ed.). Cambridge University Press, Cambridge. pp: 188-212.
- BLINN, D. W.
2001. Diatom community structure along physicochemical gradients in Saline lakes. *Ecology* 74:1246-1263.
- BOBST, A.; LOWENSTEIN, T.; JORDAN, T.; GODFREY, L.; KU, T.-L. Y S. LUO
2001. A 106 ka paleoclimate record from drill core of the Salar de Atacama, northern Chile. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 173:21-42.

- BOUSMAN, C. B.
1993. Hunter-Gatherer adaptations, economic risk and tool design. *Lithic Technology* 18, 1 y 2.
- BRADLEY, R. S.
2000. Past global changes and their significance for the future. *Quaternary Science Reviews* 19:391-402.
- BRADLEY, R. S.; VUILLE, M.; HARDY, D. Y L. G. THOMPSON
2003. Low latitude ice cores record Pacific sea surface temperatures. *Geophysical Research Letters* 4, 1174 doi:10.1029/2002GL016546
- BRENNER, M.; HODELL, D.; CURTIS, J.; ROSENMEIR, M.; BINFORD, M. Y M. ABBOTT
2001. Abrupt climate change and pre-Columbian cultural collapse., *Interhemispheric Climatic Linkages*, Markgraf, V. (Ed.). Academic Press, San Diego. pp. 87-103.
- BULLARD, F. E.
1997. Vegetation and dryland geomorphology. *Arid Zone Geomorphology: Process, Form and Change in Dryland, 2nd edition*. D. S. G. Thomas (Ed.). Willey y Sons Ltd. UK.
- BUTZER, K. W.
1982. *Archaeology as Human Ecology: Method and theory for a contextual approach*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- CABRERA, A. L.
1976. Regiones fitogeográficas argentinas. En *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, Segunda edición. Tomo 2-1*. Buenos Aires.
- CAJAL, J. L.
1983. *Estructura social y área de acción del guanaco en la Reserva San Guillermo (San Juan)*. SECYT, Buenos Aires, Argentina.
- CASHDAN, E.
1992. Spatial Organization and Habitat Use. *Evolutionary Ecology and Human Behavior*. Smith E. A. y B. Winterhalder (Eds.). Aldine de Gruyter. New York. pp: 237-266.
- CASTRO, V. Y M. TARRAGÓ.
1992. Los Inicios de la Producción de Alimentos en el Cono Sur de América. *Revista de Arqueología Americana No.6*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia.
- CAZIANI, S. Y E. DERLINDATI.
2000. Abundance and habitat of Andes flamingos in northwestern Argentina. *Waterbirds* 23: 121-133.
- CERVENY, R. S.
1998. Present Climates of South America. *Climates of the Southern Continents, Present, Past and Future*. Hobbs, J. E.; Lindesay J. A. & H. A. Bridgeman (Eds). John Wiley & Sons Ltd. England. pp:107-136.
- CLAPPERTON, C.
1993. *Quaternary Geology and Geomorphology of South America*. Elsevier Science Publishers. Amsterdam.

- CLAPPERTON, C. M.; HALL, M.; MOTHEs, P.; HOLE, M.; STILL, J.; HELMENS, K.; KHURY, P. Y A. GEMMELL
1997. A Younger Dryas Icecap in the Equatorial Andes. *Quaternary Research* 47:13-28.
- COE, M. J.; CUMMINGS, D. H. Y J. PHILLIPSON
1976. Biomass and Production of Large African Herbivores in Relation to Rainfall and Primary Production. *Oecologia* 22:341-354
- CROWLEY, T. J. Y G. R. NORTH
1988. Abrupt Climate Change and Extinction Events in Earth History. *Science* 240 (4855):996-1002
- DE LA FUENTE, G.
1997. *Aplicación de un bioindicador arqueológico (diatomeas) para el estudio de fuentes de aprovisionamiento de arcillas*. Tesis de Licenciatura. Escuela de Arqueología de la Universidad Nacional de Catamarca. Ms.
- DE SOUZA, P.
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.
- DE WOLF, H.
1982. Method of coding of ecological data from diatoms for computer utilization. *Mededel. Rijks Geol. Dienst.* 36(2):95-110.
- DEARING, J.
2006. Climate-human-environment interactions: resolving our past. *Climate of the Past* 2:187-203.
- DINCAUZE, D.
1987. Strategies for Paleoenvironmental Reconstruction in Archaeology. *Advances in Archaeological Method and Theory*. Schiffer M. B. (Ed). Academic Press, Orlando.11:255-296.
2000. *Environmental Archaeology: Principles and Practice*. Cambridge University Press. UK.
- DIRECCIÓN DE FAUNA SILVESTRE
2008. *Manejo de fauna Silvestre en la Argentina: Primer censo nacional de camélidos silvestres al norte de Río Colorado*. 1ra Edición. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Buenos Aires.
- DONDERS, T. H.; F. WAGNER; D. L. DILCHER Y H. VISSCHER
2005. Mid- to late-Holocene El Niño-Southern Oscillation dynamics reflected in the subtropical terrestrial realm. *PNAS* v. 102, 31:10904-10908
- DRUSS, M.
1977. Computer Analysis of Chiu-Chiu Complex Settlement Pattern. *El Dorado* 2:51-73.
- EISENBERG, J. F. Y G. M. MCKAY
1974. Comparison of Ungulate Adaptations in the New World Tropical Forests with Special Reference to Ceylon and the Reinformests of Central America. *Behavior of Ungulates and Its Relations to Management*. Geist, V. y F. Walther (Eds.) IUCN Publications New Series, Vol 2, 24:585-602.

- ELKIN, D.
1996. *Arqueozoología de Quebrada Seca 3: indicadores de subsistencia humana en la Puna Meridional Argentina*. Tesis de Doctorado en Cs. Antropológicas. FFyL – UBA. Ms.
- ELKIN, D. Y S. ROSENFELD
2001. Análisis faunístico de Pintoscayoc 1 (Jujuy). *El uso de los camélidos a través del tiempo*. Mengoni Goñalons G. L., Olivera, D. E. y H. D. Yacobaccio (Eds.). GZC e ICAZ. Ediciones del Tridiente. Buenos Aires. Pp:29-65.
- FAO
2001. *Global Forest Resources Assessment 2000: main report*. Forestry Paper No. 140. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
- FERNANDEZ, J.
1996. Potrero de Caballo Muerto: aspectos arqueológicos, cronológicos y paleo-ambientales del precerámico tardío en el ecosistema higrófilo de las vegas puneñas. *Actas y Memorias del XI Congreso Nacional de Arqueología Argentina (13ª Parte)*. Tomo XXV (1/4):23-52. San Rafael, Mendoza.
- FERNÁNDEZ, J.; MARKGRAF, V.; PANARELLO, H.; ALBERO, M.; ANGIOLINI, M.; VALENCIO, S. 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.
1974. Excavaciones arqueológicas en las Cuevas de Huachichocana, Departamento de Tumbaya, Pcia. de Jujuy. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología. Nueva Serie*, Tomo VIII: 101-127.
1986. Las Cuevas de Huachichocana, su posición dentro del precerámico con agricultura incipiente del Noroeste Argentino. *Beitrag Zur Allgemeinen und vergleichenden Archaeologie*, Band 8:353-430.
1989. Una nueva cueva con maíz acerámico en el N. O. Argentino: León Huasi 1, excavación. *Comunicaciones Científicas* 1:4-17.
- FLORES-OCHOA, J.
1994. Man's relationship with the camelids. *Gold of the Andes: the llamas, alpacas, vicuñas and guanacos of South America*. Martínez, J.; Pattbey, F. O. & Sons (Eds.). Barcelona. Pp: 22-35.
- FRAEGRI, K. Y J. IVERSEN
1989. *Textbook of Pollen Analysis. 4th Edition*. Faegri, K.; Kaland, P. E. y K. Krywinski (Eds.). Chichester.
- FRANKLIN, W. L.
1982. Biology, Ecology, and Relationship to Man of the South American Camelids. *Mammalian Biology in South America*. Mares, M. A. y H. H. Genoways (Eds.). Pyramuning Laboratory of Ecology Special Publication 6:457-489.
1983. Contrasting Socioecologies of South America's Wild Camelids: The Vicuña and the Guanaco. *Advances in the Study of Mammalian Behavior*. Eisenberg, J. F. y D. G.

- Kleinman (Eds.). Special Publication of the American Society of Mammalogists* 7:573-629.
- FRITZ, S. C.
2005. Lacustrine Perspectives on Holocene Climate. *Global Change in the Holocene*. Mackay, A.; Battarbee, R.; Birks, J. y F. Oldfield, (Eds). Arnold. London. pp: 227-241
- FRITZ, S., CUMMING, B., GASSE, F., LAIRD, K.
1999. Diatoms as indicators of hydrologic and climatic change in saline lakes. *The Diatoms Applications for Environmental and Earth Sciences*. Stoermer, E. & J. Smol (Eds.). Cambridge University Press, London. pp. 41-72.
- GARREAUD, R. D. Y P. ACEITUNO
2001. Interannual rainfall variability over South American Altiplano. *J. Climate* 14:2779-2789.
- GARREAUD, R. D.; M. VUILLE Y A. CLEMENTS
2003. The climate of the Altiplano: Observed current conditions and past change mechanisms. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 194:1-18.
- GARREAUD, R. D.; M. VUILLE; R. COMPAGNUCCI Y J. MARENGO
2008. Present-day South America climate. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 281:180-195.
- GERMAIN, H.
1981. *Flore des diatomées*. Societe Nouvelle des editions Boubée. Paris.
- GEYH, M.; GROSJEAN, M.; NÚÑEZ, L. Y 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.
- GRAF, K.
1992. Pollendiagramme aus den Anden: Eine Synthese zur Klimageschichte und Vegetationsentwicklung seit der letzten Eiszeit. *Physische Geographie Vol. 34*. University of Zurich.
- GRANA, L. Y M. MORALES
2005. Primeros resultados paleoambientales del análisis de diatomeas fósiles del Holoceno Medio y Tardío de la cuenca del Rio Miriguaca, Antofagasta de la Sierra, Puna Catamarqueña. En *Entre Pasados y Presentes*, pp. 392-409.
- GRAYSON, D. Y F. DELPECH.
1998. Changing Diet Breadth in the Early Upper Paleolithic of Southwestern France. *Journal of Archaeological Science* 25:1119-1129.
- GROOTES, P. M.; STUIVER, M.; THOMPSON, L. G. Y E. MOSLEY-THOMPSON
1989. Oxigen isotope changes in tropical ice, Quelccaya, Peru. *Geophysical Research Letters* 94:1187-1194
- GROSJEAN, M.
2001. Mid-Holocene climate in the south-central Andes: Humid or dry? *Science* 292:2391a.

- GROSJEAN, M. Y L. NÚÑEZ
 1994. Late glacial, early and middle Holocene environment, human occupation and resource use in the Atacama (Northern Chile). *Geoarchaeology* 9 (4):271-286.
- GROSJEAN, M.; MESSERLI B. Y H. SCHREIER
 1991. Seenhochstände, Bodenbildung und Vergletscherung im Altiplano: Ein interdisziplinärer Beitrag zur Klimageschichte der Atacama. Erste Resultate. *Bamberger Geographische Schriften* 11, 99-108.
- GROSJEAN, M.; NÚÑEZ L. E I. CARTAGENA
 2005. Palaeoindian occupation of the Atacama Desert, northern Chile. *Journal of Quaternary Science* 20(7-8):643-653.
- 2005b. Cultural response to climate change in the Atacama Desert. 23°S, *Archaeology and Environmental History of the Southern Deserts*. M. Smith & P. Hesse (Eds.). National Museum of Australia Press. pp: 156-171.
- GROSJEAN, M.; CARTAGENA I.; GEYH, M. A. Y L. NÚÑEZ
 2003. From proxy data to paleoclimate interpretation: the mid-Holocene paradox of the Atacama Desert, northern Chile. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 194:247-258.
- GROSJEAN, M.; NÚÑEZ L., CARTAGENA I. Y B. MESERLI
 1997. Mid-Holocene climate and culture change in the Atacama desert, northern Chile. *Quaternary Research* 48:239-246.
- GROSJEAN, M.; LEEUWEN, J.; VAN DER KNAAP, W.; GEYH, M.; AMMANN, B.; TANNER, W.; MESSERLI, B.; NÚÑEZ, L.; VALERO-GARCÉS, B. Y H. VEIT
 2001. A 22,000 ¹⁴C year BP sediment and pollen record of climate change from Laguna Miscanti (23°S), Northern Chile. *Global and Planetary Change* 28:35-51.
- GUENTHER, M.
 1996. Diversity and flexibility: the case of the Bushmen of southern Africa. *Cultural Diversity among Twentieth-Century Hunter-Gatherers. An African Perspective*. Kent, S. (ed.). Cambridge University Press, Cambridge. pp. 65-86.
- GURÁIEB, A. G.
 2001. La agregación en cazadores-recolectores: aportes desde la etnografía y la arqueología. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 26:369-383.
- HALL, R. I. Y J. P. SMOL.
 1999. Diatoms as indicators of lake eutrophication. *The Diatoms: Applications for the environmental and earth science*. Stoermer, E. & J. Smol (Eds.). Cambridge University Press. London. pp:128-168.
- HALSTEAD, P. Y J. O'SHEA.
 1989. Introduction: cultural responses to risk and uncertainty. *Bad year economics: cultural responses to risk and uncertainty*. Halstead P. y J. O'Shea (Eds.). Cambridge University Press. New York. pp: 1-8.

- HARDY, D. R.; VUILLE, M. Y R. S. BRADLEY
2003. Variability of snow accumulation and isotopic composition on Nevado Sajama, Bolivia. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108 (D22), 4693, doi:10.1029/2003JD003623
- HASTENRATH, S. L.
1971. On the Pleistocene snow-line depression in the arid regions of the South American Andes. *Journal of Glaciology* 10, 59:255-267.
- HAUG, G. H.; K. A. HUGHEN; D. M. SIGMAN; L. C. PETERSON Y U. RÖHL
2001. Southward Migration of the Intertropical Convergence Zone Through the Holocene. *Science* 293:1304-1308.
- HERNÁNDEZ LLOSAS, M. I.
2000. Pintoscayoc and the Archaeology of the arid Humahuaca Rift Valley, north-western Argentina. *23^oS, Archaeology and Environmental History of the Southern Deserts*. M. Smith & P. Hesse (Eds.). National Museum of Australia Press. pp: 186-198.
- HOCSMAN, S.
2006. *Producción Lítica, Variabilidad y Cambio en Antofagasta de la Sierra ca 5500 – 1500 AP*. Tesis de Doctorado en Cs. Naturales. FCNM – UNLP. Ms.
- HOGUIN, R.
2008. Talladores de piedra en el alero Hornillos 2 durante el Holoceno Medio: actualización de los datos. *Resúmenes de las Primeras Jornadas de Arqueología del Área Puneña de los Andes Centro-Sur*. Pag. 30.
- HOLDRIDGE, L. R.
1947. Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science* 105:367-68.
- HUGGETT, R. J.
1991. *Climate, Earth Process and Earth History, Vol 1*. Springer-Verlag, Berlín, Alemania.
1995. *Geoecology: An Evolutionary Approach*. Routledge, London & New York.
- ILTIS, A.; RISACHER, F. Y S. SERVANT-VILDARY
1984. Contribution á l'étude hydrobiologique des lacs salé du sud de l'altiplano bolivien. *Rev. Hydrobiol. Trop.* 17:259-273.
- JING'AN, C.; GUOJIAN, W. Y FUSHUN
2002. Environmental records of carbon in recent lake sediments. *Science in China (Series D)* 45(10):875-884
- JONES, G. T.; BECK, C.; JONES, J. E.; Y R. E. HUGHES
2003. Lithic source use and paleoarchaic foraging territories in the great basin. *American Antiquity* 68(1):5-38.
- JONES, T. L.; BROWN, G. M.; RAAB, M.; MCVICKAR, J.L.; SPAULDING, W. G.; KENNETT, D. J.; YORK, A. Y P. L. WALKER
1999. Environmental imperatives reconsidered: demographic crises in Western North America during the Medieval Climatic Anomaly. *Current Anthropology* 40(2):137-170.

- KELLY, R. L.
1995. *The Foraging Spectrum. Diversity in hunter-Gatherer Lifeways*. Smithsonian Institution Press. Washington and London, USA.
- KLIGMANN, D.
2009. Procesos de formación desitios arqueológicos: tres casos e estudio en la Puna meridional catamarqueña argentina. *BAR International Series* 1949. Archaeopres.
- KOSSE, K.
1994. The Evolution of Large, Complex Groups: A Hypothesis. *Journal of Anthropological Archaeology* 13:35-50.
- KRAMMER, K. & H. LANGE-BERTALOT
1986. *Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae*. Ettl, H.; Gerloff, J.; Heying H. & D. Mollenhauer (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa, G. Fischer, Jena.
1988. *Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. Ettl, H.; Gerloff, J.; Heying H. & D. Mollenhauer (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa, G. Fischer, Jena.
1991. *Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Ettl, H.; Gerloff, J.; Heying H. & D. Mollenhauer (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa, G. Fischer, Jena. Süßwasserflora von Mitteleuropa Bd. 2/3: Stuttgart, Gustav Fischer Verlag.
2000. *Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Ettl, H.; Gerloff, J.; Heying H. & D. Mollenhauer (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa, G. Fischer, Jena. Süßwasserflora von Mitteleuropa Bd. 2/3: Stuttgart, Gustav Fischer Verlag.
2004. *Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema*. Ettl, H.; Gerloff, J.; Heying H. & D. Mollenhauer (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa, G. Fischer, Jena.
- KRAPOVICKAS, P.
1987-88. Noticia. Nuevos fechados radiocarbónicos para el sector oriental de la puna y la Quebrada de Humahuaca. *Runa* XVII-XVIII: 207-219
- KUHN, S. L.
2004. Upper Paleolithic raw material economies at Ücagizli cave, Turkey. *Journal of Anthropological Archaeology* 23:431-448.
- KULEMEYER, J.A. Y L. LAGUNA
1996. La Cueva de Yavi: Cazadores-recolectores del borde oriental de la Puna de Jujuy (Argentina) entre los 12.500 y 8.000 años B.P. *Ciencia y Tecnología* 1:37-46.
- KULEMEYER, J.A.; KULEMEYER, J. J. Y L. LAGUNA
1994. Estratigrafía del abrigo "La Cueva" de Yavi. *Actas y Memorias del XI Congreso Nacional de Arqueología Argentina*: 166-167.
- KULEMEYER, J.A.; LUPO, L.; KULEMEYER, J.J. Y L. LAGUNA
1999. Desarrollo paleoecológico durante las ocupaciones humanas del precerámico del norte de la Puna, Argentina. *Bamberger Geographische Schriften* 19:233-255.

- KULL, C. Y M. GROSJEAN
1998. Albedo changes, Milankovitch forcing, and late Quaternary climate changes in the central Andes. *Climate Dynamics* 14:871-881.
- LAKER, J.; BALDO, J.; ARZAMENDIA, Y. Y H. D. YACOBACCIO
2006. La vicuña en los Andes. *Investigación, conservación y manejo de vicuñas*. Vilá, B. L. (Ed.) Buenos Aires. Capítulo 4:37-50.
- LANNING, E.
1967. Early man in South America, *Scientific American* 217(5): 44-50
- LATORRE, C.; BETANCOURT, J. Y M. 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.
- LANGE-BERTALOT, H.
2001. *Diatoms of Europe 2. Navicula sensu stricto. 10 Genera Separated from Navicula sensu lato. Frustulia*. A.R.G. Gantner Verlag.
- LATORRE, C.; BETANCOURT, J.; RYLANDER, K. 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°-24°S). *Geological Society of America Bulletin* 114 (3):349-366.
- LATORRE, C.; BETANCOURT, J.; RYLANDER, K.; QUADE, J. Y O. MATTHEI
2003. A vegetation history from the arid prepuna of northern Chile (22-23°S) over the last 13,500 years. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 194:223-246.
- LE PAIGE, G.
1965. San Pedro de Atacama y su zona. *Anales de la Universidad del Norte* 4.
1972-73. Paleolítico en el Este del Salar de Atacama: Tulán. *VII Congreso de Arqueología Chilena*. Pág.151. Santiago de Chile.
- LEE, R. B.
1979. *The !Kung San: men, women, and work in a foraging society*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- LENG, M. J.
2005. Stable-isotopes in lakes and lake sediment archives. *Global Change in the Holocene*. Mackay, A.; Battarbee, R.; Birks, J. y F. Oldfield, (Eds). Arnold. London. pp:125-139.
- LEROY, S.
2006. From natural hazard to environmental catastrophe: past and present. *Quaternary International* 158:4-12.
- LÓPEZ, G.
2008. *Arqueología de Cazadores y Pastores en Tierras Altas. Ocupaciones humanas a lo largo del Holoceno en Pastos Grandes, Puna de Salta, Argentina*. BAR International Series 1854.
- LÓPEZ, G. Y P. MIRANDA
2007-08. El "muerto" del salar: descripción de un hallazgo bioarqueológico a cielo abierto datado en ca. 3700 AP en el borde del salar

- de Pastos Grandes, puna de Salta. *Arqueología* 14:199-215.
- LOTTER, A. F.; PIENITZ, R. Y R. SCHMIDT
1999. Diatoms as indicators of environmental change near arctic and alpine treeline. *The Diatoms: Applications for the environmental and earth science*. Stoermer, E. & J. Smol (Eds.). Cambridge University Press. London. pp: 205-226.
- LOU, J-H. Y C-T. A. CHENG
1997. Paleoclimatological and paleoenvironmental records since 4000 BP in sediments of alpine lakes in Taiwan. *Science in China (Series D)* 40(4):424-431
- LOWE, R. L.
1974. *Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms*. National Environmental Research Center. U. S. Environmental Protection Agency. Cincinnati, Ohio.
- LUCHINI, L. Y C.A. VERONA.
1972. Catálogo de las diatomeas argentinas. I. Diatomeas de aguas continentales (incluido el Sector Antártico). *Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Monografía N° 2*: 1-300. La Plata.
- LUPO, L.
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*. Disertación para el grado de doctor en Filosofía, Fakultat für Geschichts-und Geowissenschaften Universität Bamberg. Bamberg, R. F. de Alemania.
- LYNCH, T. F.; GILLESPIE, R.; GOWLETT, J. A. J. Y R. E. M. HEDGES
1985. Chronology of El Guitarrero Cave, Peru. *Science* 229:867.
- MAC ARTHUR, R. Y E. PIANKA
1966 On optimal use of patchy environment *American Naturalist* 100:603-609
- MAIDANA, N. I.
1996. Asociación de diatomeas fósiles del sitio arqueológico Potrero del Caballo Muerto (Puna de Jujuy, Argentina). *Actas y Memorias del XI Congreso Nacional de Arqueología Argentina (13ª Parte)*. San Rafael, Mendoza. Tomo XXV (1/4):53-60.
- MAIDANA, N. I. Y D. KLIGMANN.
1996. *Diatomeas del alero de las Circunferencias*. Ms.
- MAIDANA, N. I.; SEELIGMANN C. Y M. MORALES
2009. *Bacillariophyceae* del Complejo Lagunar Vilama (Jujuy, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 44 (3-4). Ms.
- MANTUA, N. J.; HARE, S.; ZHANG, Y.; WALLACE, J. M. Y R. C. FRANCIS
1997. A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78:1069-1079.

- MARENGO, J. A. Y S. HASTENRATH
 1993. Case Studies of extreme climatic events in the Amazon Basin. *Journal of Climate* 6:617-627.
- MARÍN, J. C.; SPOTORNO, A. E. Y J. C. WHEELER
 2006. Sistemática molecular y filogeografía e camélidos sudamericanos: Implicancias para su conservación y manejo. *Investigación, conservación y manejo de vicuñas*. Vilá, B. L. (Ed.) Buenos Aires. Capítulo 7:85-100.
- MARKGRAF, V.
 1985. Paleoenvironmental history of the last 10.000 years in Northwestern Argentina. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, 1 (11/12): 1739-1748.
1998. Past Climate of South America. *Climates of the Southern Continents, Present, Past and Future*. Edited by Hobbs, J. E.; J. A. Lindesay & H. A. Bridgeman. John Wiley & Sons Ltd. England. Pp.:249-264.
- MARLOWE, F. W.
 2005. Hunter-gatherers and human evolution. *Evolutionary Anthropology* 14:54-67.
- MARTÍNEZ, J.
 2003. *Ocupaciones Humanas Tempranas y Tecnología de Caza en la Microrregión de Antofagasta de la Sierra (10000-7000 AP)*. Tesis de Doctorado en Arqueología de Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. UNT. Ms.
2008. Primeras señales humanas pleistocénicas en la Puna Meridional Argentina: el caso de Peñas de las Trampas 1.1 (Antofagasta de la Sierra, Catamarca, Argentina). *Resúmenes de las Primeras Jornadas de Arqueología del Área Puneña de los Andes Centro-Sur*. Pag. 17.
- MARTÍNEZ, J.; ASCHERO, C. A.; POWELL, J. E. Y P. TCHILINGUIRIAN
 2007. A gap between Extinct Pleistocene Megafaunal Remains and Holocene Burial Contexts at Archaeological Sites in The Southern Argentinean Puna. *Current Research in Pleistocene* 24:60-62.
- MARTINEZ MACCHIAVELLO, J. C. Y L. DÍAZ.
 1997. Diatomeas (chrysophita-Bacillariophyceae) de un perfil de una turbera de Milluyoc, Provincia de Jujuy, Argentina. *Insula* 26:29-44.
- MARTÍNEZ MACCHIAVELLO, J. C.; DE LA FUENTE, G. Y N. RATTO
 1990. La utilización de diatomeas (Bacillariophyta) en la investigación arqueológica: una perspectiva interdisciplinaria. *Arqueología* 9:49-69.
- MCNOUGHTON, S. J.; OESTERHELD, M.; FRANK, D. A. Y K. J. WILLIAMS
 1989. Ecosystem-Level Patterns of Primary Productivity and Herbivory in terrestrial Habitats. *Nature* 341:142-144
- MERRIAM, C. H.
 1898. *Life zones and crop zones*. USDA Division of Biological Survey, Bulletin no. 10.

- MESSERLI, B.; GROSJEAN, M.; HOFER, T.; NUÑEZ, L. Y C. PFISTER
 2000. From nature-dominated to human-dominated environmental changes. *Quaternary Science Reviews* 19:459-479.
- MINE, L. Y K. SMITH
 1989. The spirit of survival: cultural responses to resource variability in North Alaska. *Bad year economics: cultural responses to risk and uncertainty*. Halstead P. y J. O'Shea (Eds.). Cambridge University Press. New York. pp: 8-39.
- MONTERO LÓPEZ, M. C.; HONGN, F.; SEGGIARO, R.; MARRETT, R. Y N. RATTO
 2009. Relación entre el volcanismo y los registros arqueológicos en el bolsón de Fiambala (Departamento de Tinogasta, Catamarca). *Entrelazando ciencias: sociedad y ambiente antes de la conquista española*. Ratto, N. (Ed.) EUDEBA, Buenos Aires. pp: 131-156.
- MOORE, P. D.; WEBB, J. A. Y M. E. COLLINSON
 1991. *Pollen analysis*. Londres Press Book, UK.
- 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. Universidad de Buenos Aires. Ms.
- MORALES, M. R. Y K. SCHITTECK
 2008. Primeros resultados paleoambientales del Holoceno Medio en Alto Tocomar (Puna Salteña): interpretación local e implicancias regionales. *Libro de resúmenes de las Jornadas de Arqueología del área puneña de los Andes Centro-Sur*. ISES - UNT. Pág. 109.
- MORALES, M. R.; LUPO, L.; OXMAN B. Y M. CÁCERES
 2008. Nuevos registros paleoambientales de diferente escala espacial del Holoceno Temprano y Medio del Dpto. de Susques, Jujuy. *Libro de resúmenes de las Jornadas de Arqueología del área puneña de los Andes Centro-Sur*. ISES - UNT. Pág. 107.
- MORALES, M.; BARBERENA, R.; BELARDI, J. B.; BORRERO, L; CORTEGOSO, V.; DURÁN, V.; GUERCI, A.; GOÑI, R.; GIL, A.; NEME, G.; YACOBACCIO, H. Y M. ZÁRATE
 2009. Reviewing human-environment interactions in arid regions of southern South America during the past 3000 years. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 281:283-295.
- MORENO, A.; GIRALT, S.; VALERO-GARCÉS, B.; SÁEZ, A.; BAO, R.; PREGO, R.; PUEYO, J.; GONZÁLEZ-SAMÉRIZ Y C. TAVERNER
 2007. A 14 kyr record of tropical Andes: The lago Chungará sequence (18°S, Northern Chilean Altiplano). *Quaternary International* 161:4-21.
- MORRISON, M. L.; MARCOT, B. G. Y R. W. MANNAN
 2006. *Wildlife-Habitat Relationships. Concepts and Applications*. Third Edition. Island Press. Washington, USA.
- MUSCIO, H. J.
 1996. *Poblamiento Humano y Evolución en la Puna Argentina. Desarrollo Teórico para la*

- Arqueología del valle de San Antonio de los Cobres, Salta*. Tesis de licenciatura FFyL. UBA. Ms.
- 1998-99. 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.
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, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Ms.
- NELSON, M.
1991. The study of Technological Organization. *Archaeological Method and Theory* 3:57-100.
- NIEMEYER, H. Y V. SCHIAPPACASSE
1976. Los yacimientos arqueológicos de la Laguna Meniques. *Anales de la Universidad del Norte* 10:31-70.
- NULLO, F. E.
1998. *Descripción geológica de la Hoja 4 a-b, Susques, provincia de Jujuy*. SEGEMAR, Buenos Aires. Ms.
- NÚÑEZ, L.
1981. Asentamientos de cazadores tardíos en la Puna de Atacama: hacia el sedentarismo. *Chungara* 8:137-168.
1992. Ocupación Arcaica en la Puna de Atacama: secuencia, movilidad y cambio. *Prehistoria Sudamericana, Nuevas Perspectivas*. B. Meggers (Ed.). Pp:283-307.
1995. Evolución de la ocupación y organización del espacio Atacameño. *Agua, ocupación del espacio y economía campesina en la Región Atacameña*. Pourrut, P. y L. Núñez (Eds.). Universidad Católica del Norte - ORSTOM:18-60.
- 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.; GROSJEAN, M. E I. CARTAGENA
2001. Human dimension of Late Pleistocene/Holocene arid events in southern South America. *Interhemispheric Climate Linkages*, V. Markgraf (Ed.), Academic Press. Pp:105-117.
2006. *Ocupaciones Humanas y Paleoambientes en la Puna de Atacama*. Universidad Católica del Norte - Taraxacum. San Pedro de Atacama.
- O'CONNEL, J. F.
- 1995 Ethnoarchaeology Needs a General Theory of Behavior. *Journal of Archeological Research* 3 (3):205-255
- ODUM, E. P.
1971. *Fundamentals of Ecology*. W. B. Saunders, Philadelphia, USA.
- OESTERHELD, M.; SALA, O. E. Y S. J. MCNOUGHTON
1992. Effect of Animal Husbandry on Herbivore-Carrying Capacity at a regional Scale. *Nature* 356:234-236

OLIVERA, D. E.

1991. *Tecnología y estrategias de adaptación en el Formativo (Agroalfarero Temprano) de la Puna Meridional Argentina. Un caso de estudio: Antofagasta de la Sierra (pcia. de Catamarca R.A.)*. Tesis Doctoral UNLP.

1997. La importancia del recurso Camelidae en la Puna de Atacama entre los 10.000 y 500 años A.P. *Estudios Atacameños* 14:29-41

OLIVERA, D. E.; TCHILINGUIRIAN, P. Y L. GRANA

2004. Paleoambiente y arqueología en la Puna Meridional argentina: archivos ambientales, escalas de análisis y registro arqueológico. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 29:229-248.

OLIVER-SMITH, A.

1996. Anthropological research on hazards and disasters. *Annual Reviews of Anthropology* 25:303-328.

ORESQUES, N.

2004. Beyond the Ivory Tower. The Scientific Consensus on Climate Change. *Science* 306 (5702):1686

OXMAN, B. I.

2009. *Primeros estudios polínicos en la cuenca del río pastos Chicos, Dpto. de Susques, provincia de Jujuy: explorando resultados paleoambientales y sus implicancias arqueológicas*. Informe de Beca de Estímulo de la Universidad de Buenos Aires. Ms.

PHILANDER, G.

1989. El Niño and La Niña. *American Scientist* 77:451-459.

PIANKA, E.

1982. *Ecología Evolutiva*. Omega ediciones, Barcelona.

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, Mendoza.

2004. Cueva Salamanca 1: ocupaciones altitermales en la Puna Sur (Catamarca). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* XXIX:357-366.

2009. Un "ecorrefugio" en la cuenca de la Laguna de Antofagasta (Puna Salada) entre 7900 y 6200 años AP. *Arqueología* 15:85-108.

PIOVANO, E.; VILLALBA, R. Y S. LEROY

2006. Holocene environmental catastrophes in South America: from the lowlands to the Andes. *Quaternary International* 158:1-3.

PETEET, D.

1995. Global Younger Dryas? *Quaternary International* 28:93-104.

PLATT BRADBURY, J.; GROSJEAN, M.; STINE, S. Y F. SYLVESTRE

2001. Full and Late Glacial Lake Records Along the PEP 1 Transect: Their Role in Developing Interhemispheric Paleoclimate Interactions. *Interhemispheric Climate Linkages*, Academic Press. Cap. 16:265-291.

- PLACZEK, C.; QUADE, J. Y J. BETANCOURT
 2001. Holocene Lake-Level Fluctuations of Lake Aricota, Southern Peru. *Quaternary Research* 56:181-190.
- QUINN, W. H. Y V. T. NEAL
 1992. The Historical record of El Niño events. En *Climate since AD 1500*, R. S. Bradley, P. D. Jones, Eds. Routledge, London, Pp:623-648.
- RAEDEKE, K.
 1979. *Population dynamics and socioecology of the guanaco (Lama guanicoe) of Magallanes, Chile*. Ph. D. Diss. Univ. of Washington, Seattle. USA. Ms.
- RAMIREZ, E.; HOFFMANN, G.; TAUPIN, J.D.; FRANCOU, B.; RIBSTEIN, P.; CAILLON, N.; FERRON, F.A.; LANDAIS, A.; PETIT, J.R.; POUYAUD, B.; SCHOTTERER, U.; SIMOES, J.C. Y M. STIEVENARD
 2003. A new Andean deep ice core from Nevado Illimani (6350m), Bolivia. *Earth and Planetary Science Letters* 212:337-350.
- REACH, J.; PIGATI, J.; QUADE, J. Y J. BETANCOURT
 2003. Re-evaluation of mid-Holocene deposits at Quebarada Puripica, northern Chile. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 194: 207-222.
- REDFORD, K. H. Y J. F. EISENBERG
 1992. *Mammals of the Neotropics. The Southern Cone. Vol. 2*. The University of Chicago Press. Chicago. USA.
- RENFREW, C. Y P. BAHN.
 1991. *Archaeology: Theories, Method and Practice*. Second Edition. Thames and Hudson Ltd. London.
- RIEDINGER, M. A.; STEINITZ-KANNAN, M.; LAST, W. M. Y M. BRENNER
 2002. A 6100 14C yr record of El Niño activity from the Galápagos Islands. *Journal of Paleolimnology* 27:1-7.
- RIGSBY, C.; BRADBURY, J.; BAKER, P.; ROLLINS, S. Y M. WARREN
 2005. Late Quaternary paleolakes, rivers and wetlands on the Bolivian Altiplano and their paleoclimatic implications. *Journal of Quaternary Science* 20 (7-8):671-691.
- RIJSTENBIL, J.W.; BAKKER, C.; JACKSON, R.H.; MERKS, A. G. A. Y P. R. M. DE VISSCHER
 1993. Spatial and Temporal Variation in Community Composition and Photosynthetic Characteristics of Phytoplankton in the Upper Westerschelde Euary (Belgium, SW Netherlands). *Hydrobiologia* 269/270: 263-273.
- RODBELL, D. T. Y G. O. SELTZER
 2000. Rapid Ice Margin Fluctuations during the Younger Dryas in the Tropical Andes. *Quaternary Research* 54 (3):328-338
- RODBELL, D. T.; SELTZER, G. O.; ANDERSON, D. M.; ABBOTT, M. B.; ENFIELD, D. B. Y J. H. NEWMAN
 1999. An ~15,000-Year Record of El Niño-Driven Alluviation in Southwestern Ecuador. *Science* 283:516-520.

- RODRÍGUEZ, M. F.
1998. *Arqueobotánica de Quebrada Seca 3: Recursos vegetales usados por cazadores-recolectores durante el período Arcaico en la Puna Meridional Argentina*. Tesis de Doctorado en Cs. Antropológicas. UBA. Ms.
- ROSENZWEIG, M. L.
1968. Net Primary Productivity of Terrestrial Communities: Prediction from Climatological Data. *The American Naturalist* vol. 102, 923:67-74
- ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M. Y D. G. MANN.
1990. *The Diatoms. Biology and Morphology of the genera*. Cambridge University Press. Cambridge.
- ROWE, H.; DUNBAR, R.; MUCCIARONE, D.; SELTZER, G., BAKER, P. Y S. FRITZ.
2002. Insolation, Moisture Balance and Climate Change on the South American Altiplano Since the Last Glacial Maximum. *Climatic Change* 52 (1-2):175-199
- RUMRICH, U., LANGE-BERTALOT H. Y M. RUMRICH.
2000. *Iconographia Diatolmologica 9. Diatomeen der Anden von Venezuela bis Patagonien/Tierra del Fuego*. Lange-Bertalot, H. (ed) A.R.G. Gantner Verlag K. G. Germany.
- RUTHSATZ, B Y C MOVIA.
1975. *Relevamiento de las estepas andinas del noreste de la provincia de Jujuy*. FECYT. Argentina.
- SANDWEISS, D. H.; MAASCH, K. A. Y D. G. ANDERSON
1999. Climate and culture: transitions in the Mid-Holocene. *Science* 283:499-500.
- SANDWEISS, D. H.; MAASCH, K. A.; BURGER, R. L.; RICHARDSON III, J. B.; ROLLINS, H. B. Y A. CLEMENT
2001. Variation in Holocene El Niño frequencies: Climate records and cultural consequences in ancient Peru. *Geology* 29, 7:603-606.
- SANTORO, C. M.; STANDEN, V. G., ARRIAZA, B. T. Y P. A. MARQUET
2005. Hunter-gatherers on the coast and Hinterland of the Atacama Desert. 23°S, *Archaeology and Environmental History of the Southern Deserts*. M. Smith & P. Hesse (Eds.). National Museum of Australia Press. pp: 172-185.
- SEELGMANN, C.; MAIDANA, N. I. Y M. MORALES
2008. Diatomeas (*Bacillariophyceae*) de humedales de altura de la Provincia de Jujuy-Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 43 (1-2):1-17.
- SERRACINO, G. Y F. PEREYRA
1977. Tumbre: Sitios estacionales en la industria tambilliense. *Estudios Atacameños* 5:9-18.
- 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.
1978. Les Diatomées des Sédiments superficiels d'un lac salé, Chloruré, sulfaté sodique de

- L'Altiplano Bolivien, le lac Poopó. *ORSTOM ser. Geol.* 1:79-90.
1984. Les Diatomées des lacs sursalés Boliviens. Sous classe Pennatophycidées, 1- Famille des Nitzschiacées. *ORSTOM ser. Geol.* 1:35-52.
- SERVANT VILDARY, S. Y M. ROUX.
1990. Variations de temperature estimees a partir du deplacement en altitud des associations de diatomees dans une sequence holocene de la Cordillere Orientale de Bolivia. *Acad. Sciences Paris*, t.311, serie 2:429-436.
- SERVANT-VILDARY, S.; SERVANT, M. 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.; RISACHER, F. Y M. ROUX.
2002. Diatom based transfer function for estimating the chemical composition of fossil water. Calibration based on salt lakes of the Lipez area in the southwestern Bolivian Altiplano. *Carnets de Géologie, Memoir* 2002/01.
- SINCLAIRE, C.
1985. Dos fechas radiocarbónicas del alero Chulqui, río Toconce: Noticia y comentario. *Chungara* 14:71-79.
- SMITH, M. Y P. HESSE
2005. Capricorn's deserts. 23°S, *Archaeology and Environmental History of the Southern Deserts*. M. Smith & P. Hesse (Eds.). National Museum of Australia Press. pp: 1-12.
- STEVENSON, R. Y Y. PAN,
1999. Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms. *The Diatoms, Applications for Environmental and Earth Sciences*. Stoermer, E. & J, Smol (Eds.). Cambridge University Press, London. pp. 11-40.
- STOEMER, E. Y J. SMOL.
1999. *The Diatoms: Applications for the environmental and earth science*. Cambridge University Press. London.
- STRAHLER, A. N.
1962. *Physical Geography*. John Wiley & Sons, New York.
- STRAUB, F.
1990. Diatomeés et reconstitution des environnements préhistoriques. *Archéologie neuchâtloise* 10. Hauterive-Chapréveyers 4.
- SYLVESTRE, F.; SERVANT, M.; SERVANT-VILDARY, S.; CAUSSE, C.; FOURNIER, M. Y J. YBERT
1999. Lake-level chronology on the southern Bolivian Altiplano (181-231 S) during Late-Glacial Time and the Early Holocene. *Quaternary Research* 51:54-66.
- TAPIA, P.; FRITZ, S.; BAKER, P., SELTZER, G. Y R. DUNBAR
2003. A Late Quaternary diatom record of tropical climate history from Lake Titicaca (Peru and Bolivia). *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 194:139-164.

- TCHILINGUIRIAN, P.
 2008. *Informe geomorfológico del sector medio de la cuenca Pastos Chicos, Susques, Jujuy*. Ms.
 2009. *Paleoambientes Holocenos en la Puna Austral (27°S): implicaciones geoarqueológicas*. Tesis de Doctorado en el área de Geología, Universidad de Buenos Aires. Ms.
- 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.; MOSLEY-THOMPSON, E. Y K. HENDERSON
 2000. Ice-core palaeoclimate records in tropical South America since the Last Glacial Maximum. *Journal of Quaternary Science* 15 (4):377-394.
- THOMPSON, L.; MOSLEY-THOMPSON, E.; DAVIS M. E.; LIN, P.-N.; HENDERSON, K. Y T. A. MASHIOTTA
 2003. Tropical glacier and ice core evidence of climate change on annual to millennial time scales. *Climatic Change* 59:137-155.
- THOMPSON, L.; DAVIS, M.; MOSLEY-THOMPSON, E.; SOWERS, T.A.; HENDERSON, K.; ZAGORODNOV, V.S.; LIN, P.-N.; MIKHALENKO, V.N.; CAMPEN, R.K.; BOLZAN, J.F.; COLE-DAI, J. Y B. FRNCOU
 1998. A 25,000-year tropical climate history from bolivian ice cores. *Science* 282:1858-1864.
- THOMPSON, L.; MOSLEY-THOMPSON, E.; DAVIS, M.; LIN, P.-N.; HENDERSON, K.; COLE-DAI, J. Y K. LIU
 1995. Late Glacial Stage and Holocene tropical Ice Core Records from Huscarán, Peru. *Science* 269:46-50.
- TREWARTHA, G. T.
 1955. *An Introduction to Climate..* McGraw-Hill Book Co. New York.
- TRIGGER, B.
 1971. Archaeology and ecology. *World Archaeology* 2:321-336.
- VAN DAM, H., A. MERTENS Y J. SINKELDAM.
 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands J. Aq. Ecol.* 28 (1):117-133.
- VEIT, H.
 1996. Suthern Westerlies during the Holocene deduced from geomorphological and pedological studies in the Norte Chico, Northern Chile (27-33 S). *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology* 123:107-119.
- VETH, P.
 2005. Cycles of Aridity and Human Mobility. Risk Minimization Among Late Pleistocene Foragers of the Western desert, Australia. *Desert Peoples. Archaeological Perspectives*. Veth, P.; Smith, M. y P, Hiscock (Eds.). Blackwell Publishing, UK.
- VILÁ, B. L. Y M. H. CASSINI
 1994. Time allocation during the reproductive season in vicuñas. *Ethology* 97:226-235.
- VILLAGRÁN, C.
 1993. Una interpretación climática del registro palinológico del último glacial-postglacial en Sudamérica. *Bull. de l'Institute Francaise des Etudes Andines* 22(1):243-258.

- VOS, P. C. Y H. DE WOLF.
1993. Diatoms as tool for reconstructing sedimentary environments in coastal wetlands; metodological aspects. *Hydrobiologia* 269/270:285-296.
- VUILLE, M. Y C. AMMANN
1997. Regional snowfall patterns in the high arid Andes. *Climatic Change* 36:413-423.
- VUILLE, M. Y F. KEIMIG
2004. Interannual variability of summertime convective cloudiness and precipitation in the central Andes derived from ISCCP-B3 data. *J. Climate* 17:3334-3348.
- VUILLE, M.; BRADLEY R. S.; WERNER, M. Y F. KEIMIG
2003. 20th Century Climate Change in the Tropical Andes: Observations and Model Results, *Climatic Change* 59:75-99
- WATTS, D.
1971. *Principles of Biogeography*. McGraw & Hill, New York, USA.
- WINTERHALDER, B.
1981 Optimal foraging strategies and hunter-gatherer research in anthropology: Theory and models. *Hunter-Gatherer foraging strategies. Ethnographic and archaeological analysis*. Winterhalder, B. y E. A. Smith (Eds.). University of Chicago. pp: 13-35.
- WINTERHALDER, B. Y C. GOLAND
1997 An Evolutionary Ecology Perspective on Diet Choice, Risk, and Plant Dometication. *People, Plants, and Landscapes Studies in Paleoethnobotany*. Gremillion, K. J. (Ed.). The University of Alabama Press. pp: 123-160.
- WINTERHALDER, B. Y E. A. SMITH.
1992. Evolutionary Ecology and the Social Science. *Evolutionary Ecology and Human Behaviour*. Hawtorne, N.Y. Aldine de Gruyter. pp: 3-24.
- WOLIN, J. A. Y H. C. DUTHIE.
1999. Diatoms as indicators of water level change in freshwater lakes. *The Diatoms: Applications for the environmental and earth science*. Cambridge University Press. London. pp:183-204.
- WÜRSCHMIDT, E.
1975. *Los ríos de la Sierras Pampeanas y de la Puna Argentina. En Geografía de la República Argentina Tomo VII, Segunda Parte, Hidrografía*. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA. Imprenta Coni, Buenos Aires. pp: 433-470
- YACOBACCIO, H. D.
1994. Biomasa Animal y Consumo en el Pleistoceno - Holoceno Surandino. *Arqueología* 4:43-71.
1998. The Evolution of Southandean Hunter-Gatherers. *Proceedings of the XII Congress, CIPSH-UNESCO, The Prehistory of the Americas, Mobile Hunter-Gatherers*. Forlí, Italia, Vol. 5 (17):389-394
2003. Procesos de intensificación y de domesticación de camélidos en los Andes Centro-Sur. *Memorias del Tercer Congreso Mundial sobre Camélidos. Potosí, Bolivia*. Tomo I: 211-216.

2006. Variables morfométricas de vicuñas (*Vicugna vicugna vicugna*) en Cieneguillas, Jujuy. *Investigación, conservación y manejo de vicuñas*. Vilá, B. L. (Ed.) Buenos Aires. Capítulo 8:101-112.
- YACOBACCIO, H. Y M. MORALES
2005. Mid-Holocene environment and human occupation of the Puna (Susques, Argentina). *Quaternary International* 132:5-14.
- YACOBACCIO, H. Y B. VILÁ
2002. Condiciones, mecanismos y consecuencias de la domesticación de los camélidos. *Estudios Sociales del NOA* 5:4-27.
- YACOBACCIO, H.; LAZZARI, M.; GURÁIEB, A. G. Y G. IBAÑEZ
2000. Los cazadores en el borde oriental de Atacama (Susques, Jujuy). *Arqueología* 10:11-38.
- YACOBACCIO, H.; CATÁ, M. P.; MORALES, M. R.; JOLY D.; SOLÁ, P.; CÁCERES, M.; OXMAN, B. Y C. T. SAMEC
2009. Ocupaciones Humanas tempranas en la Puna de Atacama: el alero Hornillos 2, Susques (Jujuy). *BAR International Series*. MS
- YBERT, J.
1984. Diagramme sporopollinique de la coupe Holocene du Rio Chuquiaguillo Sur l'Altiplano Bolivien. *Cahiers ORSTOM, Ser. Geologie* 14:24-34.
- YELLEN, J. E.
1977. Long Term Hunter-Gatherers Adaptation to Desert Environments: A Biogeographical Perspective. *World Archaeology* 8(3):262-274.
- ZARATE, M. A.; ESPINOSA, M. A. Y L. FERRERO
1999. Palaeoenvironmental implications of Holocene diatomite, Pampa Interserrana, Argentina. En *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*. Rabassa, J. y M. Salemme (Eds.) . A. A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- ZEANAH, D.
2004. Sexual division of labor and central place foraging: a model for the Carson desert of western Nevada. *Journal of Anthropological Archaeology* 23:1-32
- ZHOU, J. Y K. M. LAU
1998. Does a monsoon climate existo ver Routh America? *J. Climate*, 11:1020-1040.

FUENTES DE DATOS EN INTERNET

-Datos de Estaciones Meteorológicas del Noroeste Argentino.

INTA (*Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*).

http://www.inta.gov.ar/prorenea/info/resultados/Precip_NOA/base_precipitaciones_noa.asp

-Datos de Estaciones Meteorológicas de la Dirección de Hidráulica de la Prov. de Jujuy y del Ferrocarril Gral. Manuel Belgrano y Servicio Meteorológico Nacional.

Secretaría de Minería de la Nación.

<http://www.mineria.gov.ar/estudios/irn/jujuy/tablapludio.asp?donde=t2>

-Datos de Temperaturas del "Calentamiento Global" de 1850 en adelante.

National Climate Data Center de la NOAA National Oceanographic and Atmosphere Administration).

<http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/globalwarming/instrumental.html>

-Eventos La Niña.

IRI (*The International Research Institute for Climate and Society*).

<http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/background/pastevent.html>

-Índice SOI (Southern Oscillation Index).

Australian Bureau of Meteorology.

<http://www.bom.gov.au/climate>

-SIG Climático del NOA.

INTA (*Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*).

<http://geointa.inta.gov.ar>

-Huascarán Ice Core Data,

Thompson, L.G., 2001. *IGBP PAGES/World Data Center A for Paleoclimatology Data Contribution Series #2001-008*.

NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA.

<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/trop/huascarán/hs2-100a.txt>

-Sajama Ice Core Data,

Thompson, L.G., 2001. *IGBP PAGES/World Data Center A for Paleoclimatology Data Contribution Series #2001-008*.

NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA.

<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/trop/sajama/sc1-100a.txt>