

Cambios en el Régimen Hídrico del Altiplano Sudamericano Durante el Ultimo Milenio Inferidos a Través del Crecimiento de *Polyelpis tarapacana*

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de *Polylepis*
Atica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



Duncan Christie¹, Mariano Morales², Ricardo Villalba², Jaime Argollo³, Jeanette Pacajes³, Jorge Silva¹, Claudio Alvarez¹, Juan Llancabure¹, Claudia Solíz⁴ & Mathias Vuille⁵

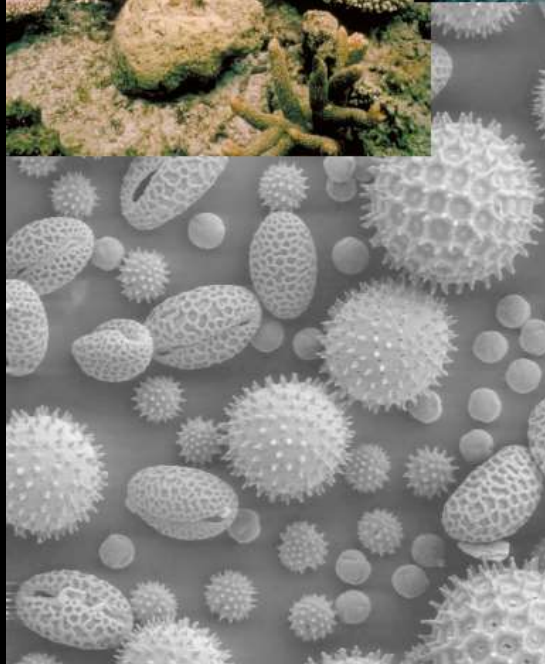
¹Laboratorio Dendrocronología y Cambio Global, Universidad Austral de Chile; ²IANIGLA, Argentina;

³Universidad mayor de San Andrés, Bolivia; ⁴University of Utrecht, Holanda; ⁵Department of Atmospheric and Environmental Science, State University of New York

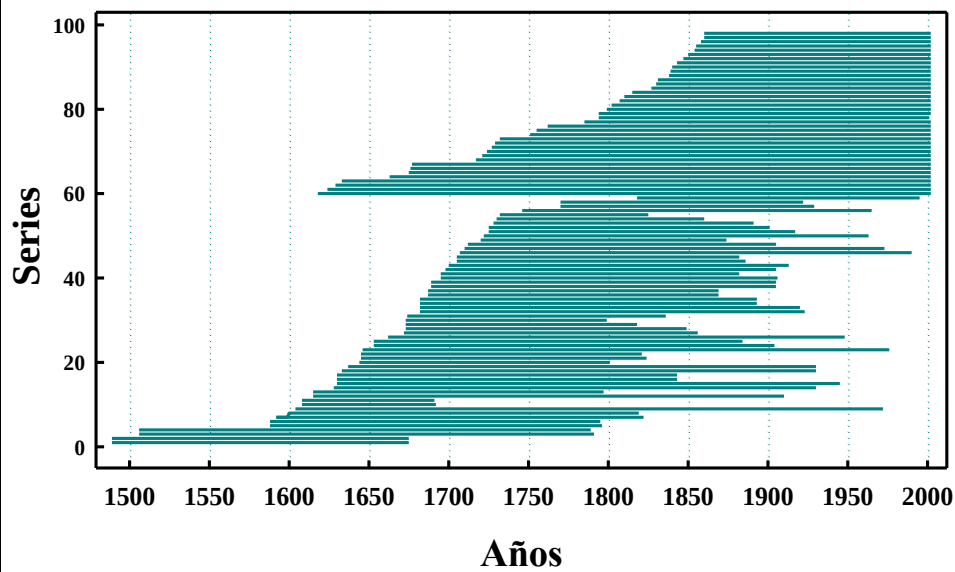
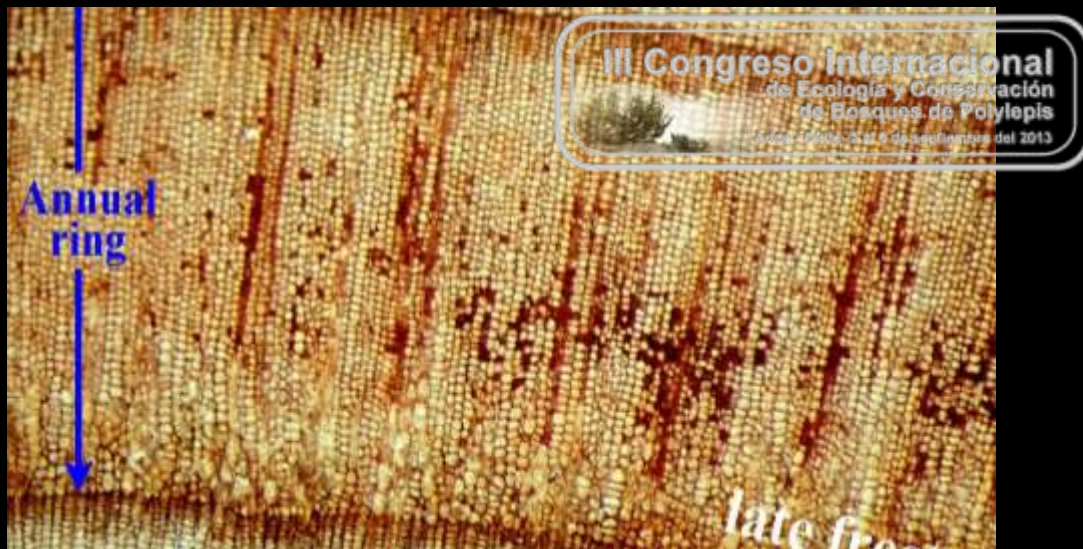
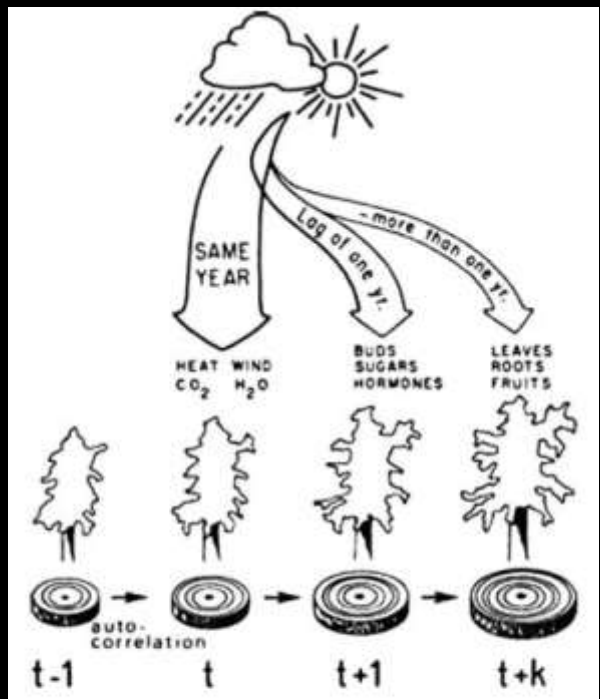
- Dendrocronología
- Altiplano & Clima
- Dendrocronología con *P. tarapacana*
- Reconstrucciones hidroclimáticas



Archivos ambientales

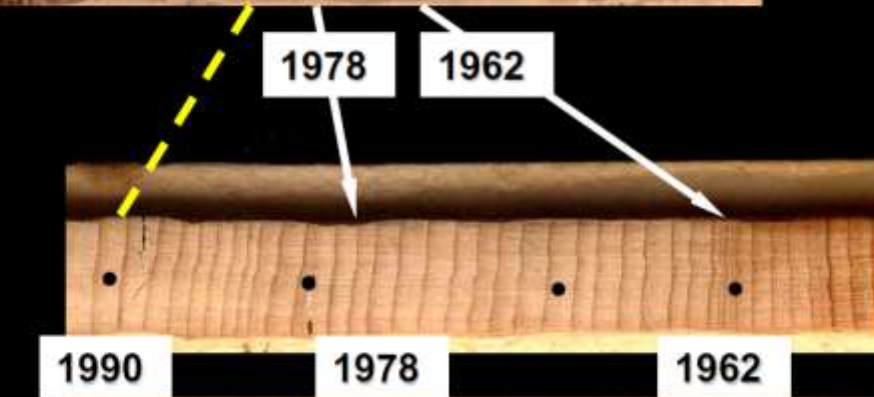
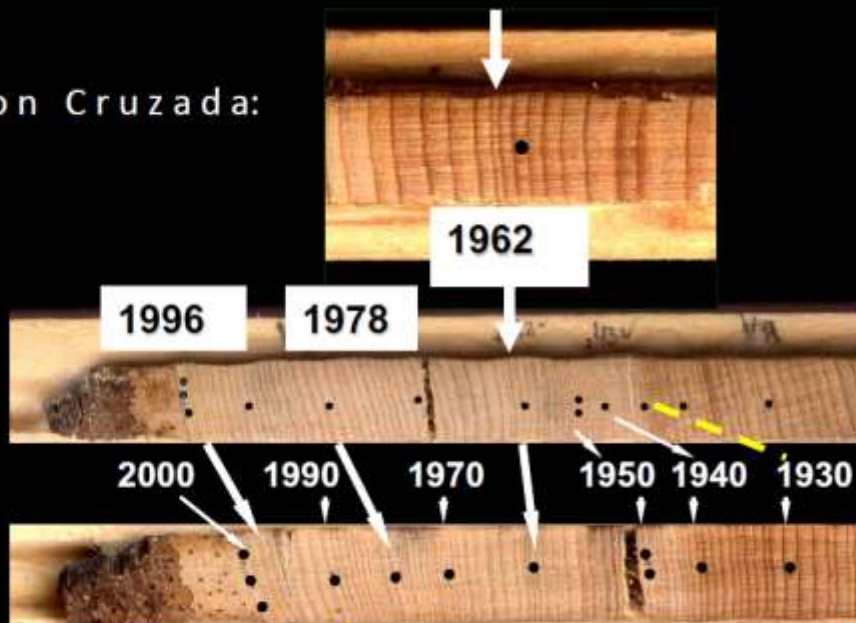


Dendrocronología



Cofechado

Datacion Cruzada:



Principio basal de la Dendroconología

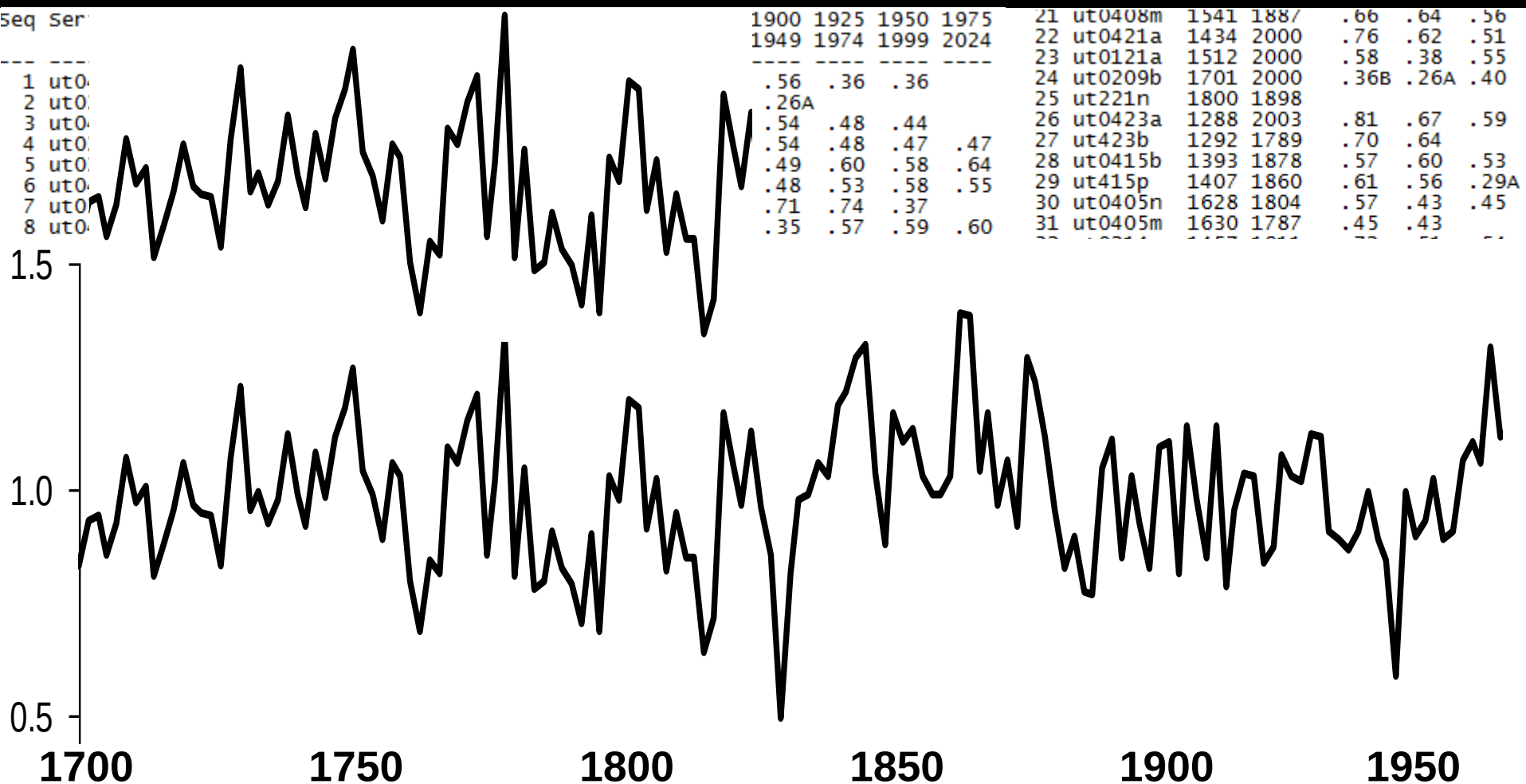
III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile - 2 al 6 de septiembre del 2013



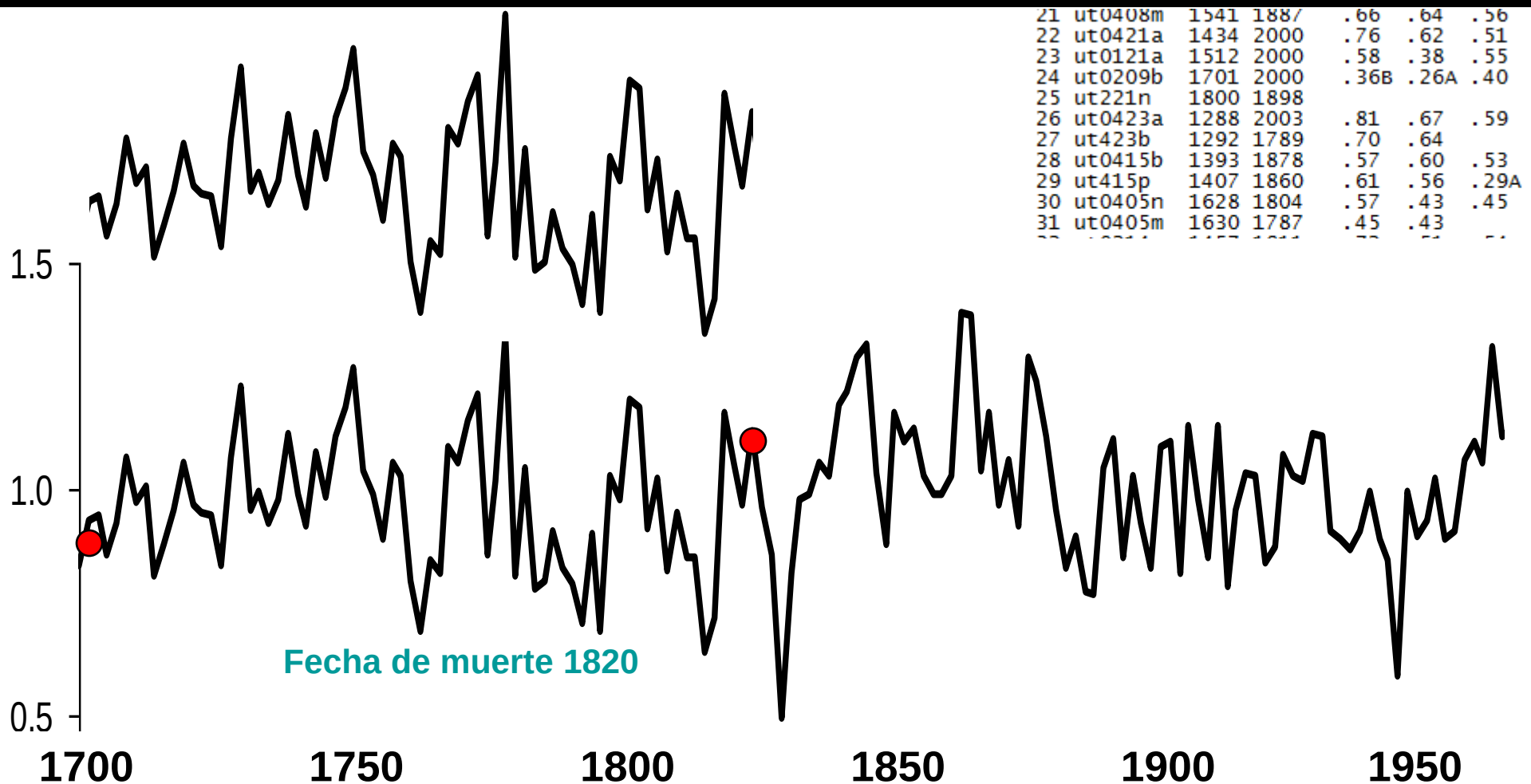
Pasado



III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepsis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



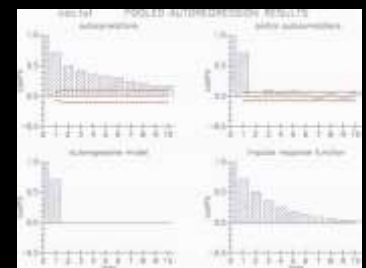
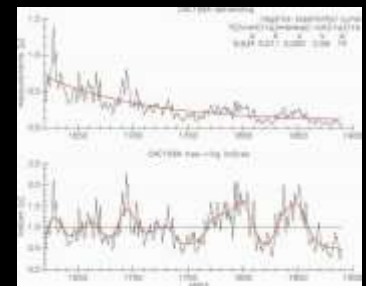
Proceso de Cofechado



21	ut0408m	1541	1887	.66	.64	.56
22	ut0421a	1434	2000	.76	.62	.51
23	ut0121a	1512	2000	.58	.38	.55
24	ut0209b	1701	2000	.36B	.26A	.40
25	ut221n	1800	1898			
26	ut0423a	1288	2003	.81	.67	.59
27	ut423b	1292	1789	.70	.64	
28	ut0415b	1393	1878	.57	.60	.53
29	ut415p	1407	1860	.61	.56	.29A
30	ut0405n	1628	1804	.57	.43	.45
31	ut0405m	1630	1787	.45	.43	

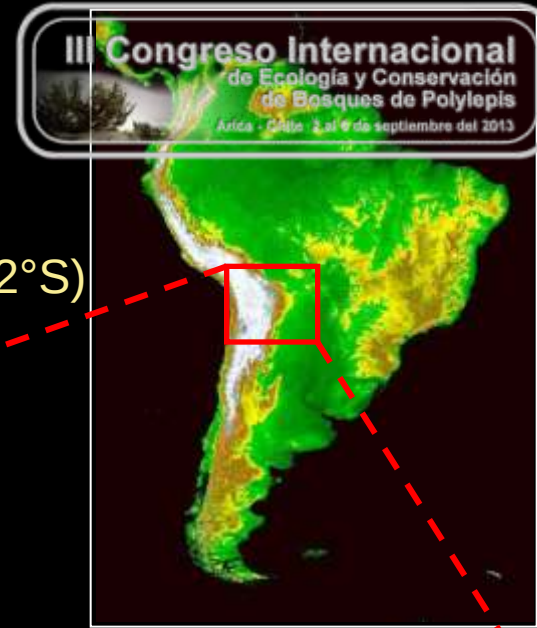
CRONOLOGÍAS DE ANILLOS

- Muestreo y preparación de muestras
- Medición de cada anillos al 0.001 mm
- Comprobación de años exactos asignados
(cofechado de muestras mediante correlaciones *lagueadas* 30/15 años)
- Remoción de ruido señal no climática
(Ajuste de curvas y Estandarización)
- Remoción de autocorrelación serial
(modelado autorregresivo – Series de ruido blanco)



El Altiplano

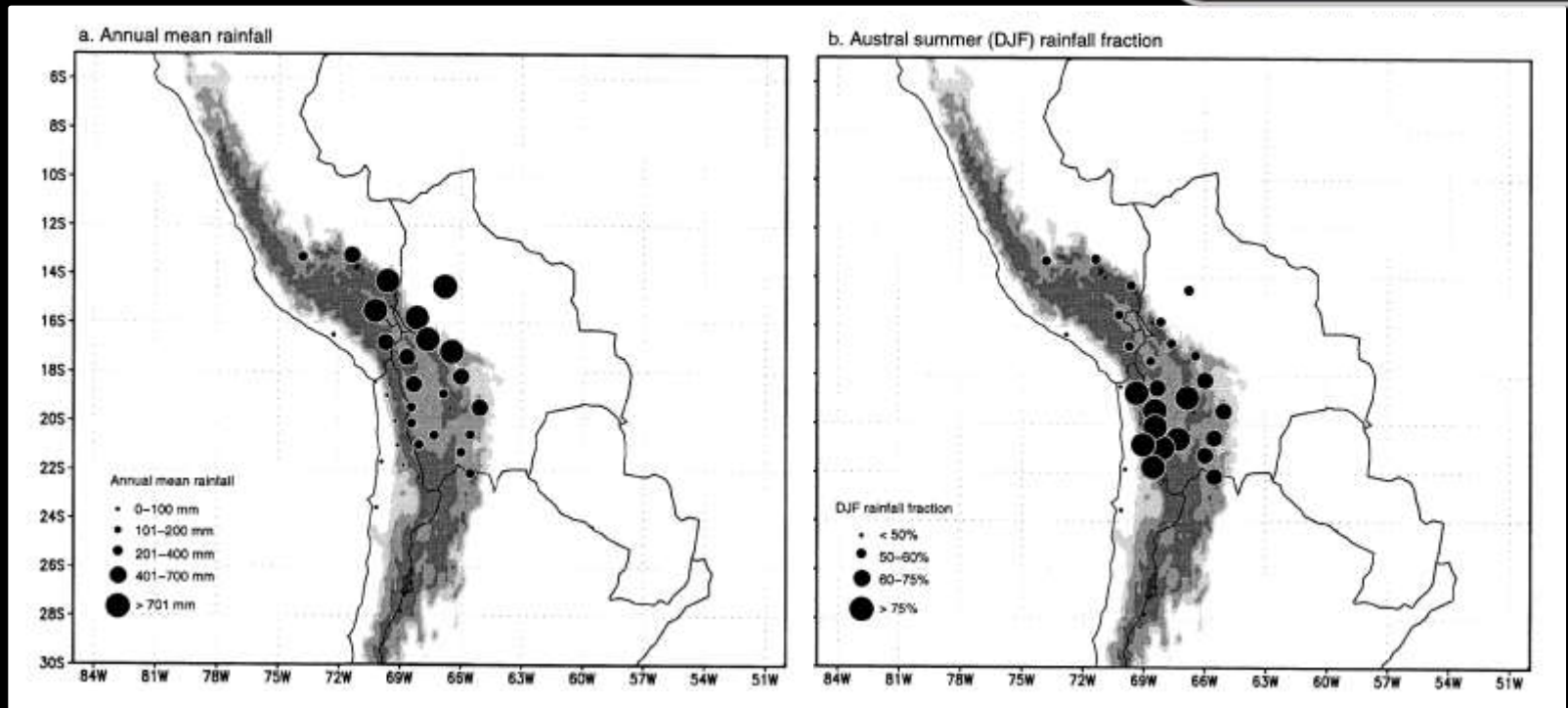
- Plateau alta elevación ~ 4,000 m a.s.l. central Andes (15°-22°S)
- Limite de influencia Pacífica (seca) y Atlántica (húmeda)
- Circulación atmosférica ~ variabilidad ENSO



Distribución anual y montos totales de precipitación en el Altiplano



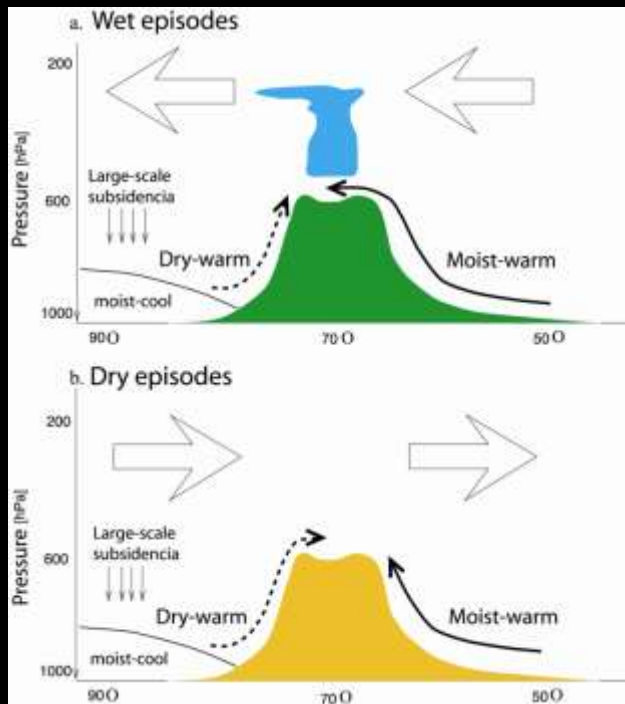
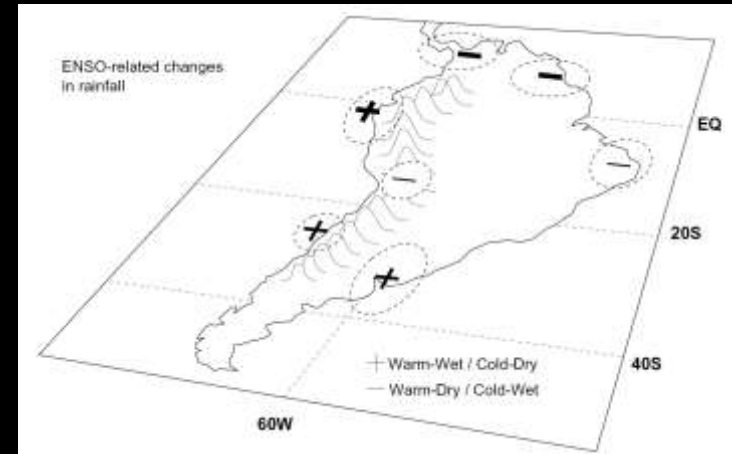
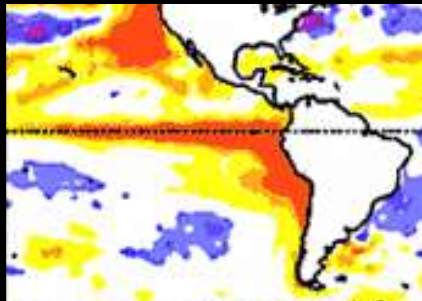
III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



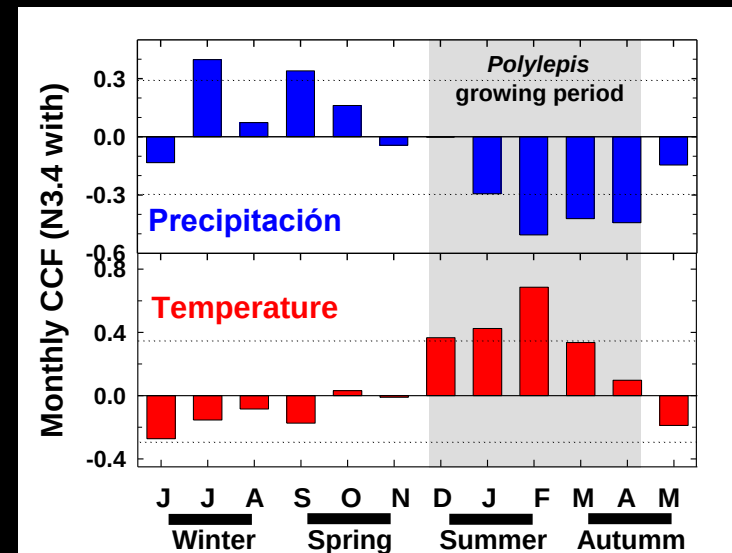
Garreaud et al. (2003)
Palaeo3

Relación de ENSO con clima regional

Garreaud & Aceituno (2007)

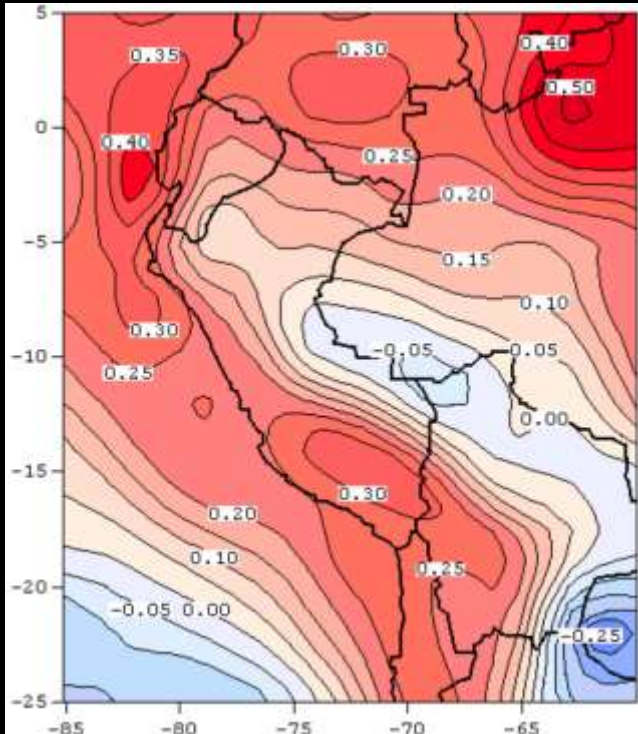


Garreaud et al. (2003) *Palaeo3*

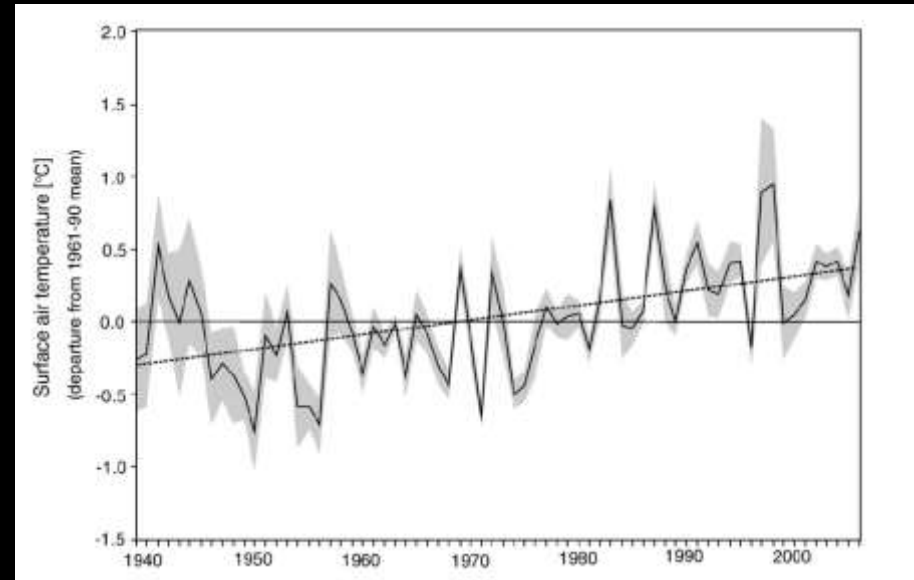


Christie et al. (2009) *Palaeo3*

Clima actual en los Andes Centrales



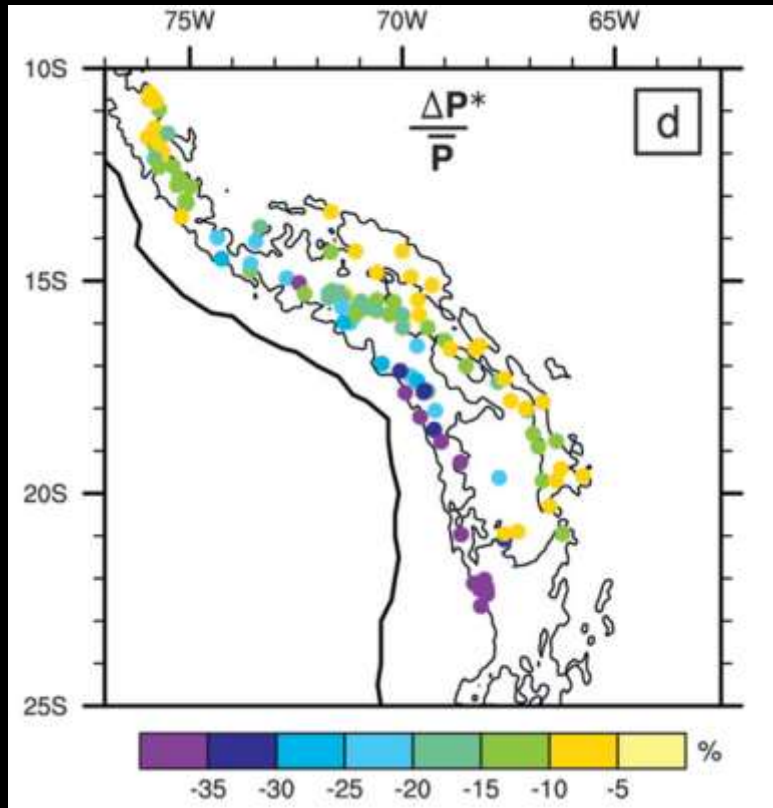
**Tendencias de la temperatura media
de los Andes Tropicales 1979-98**



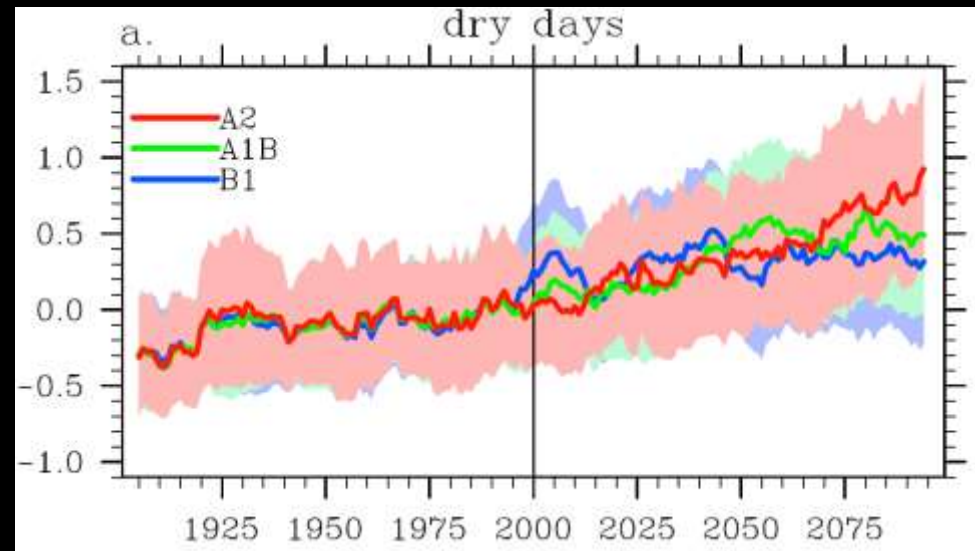
**Temperaturas medias de los Andes Tropicales
basadas en 279 estaciones**



Clima futuro en los Andes Centrales



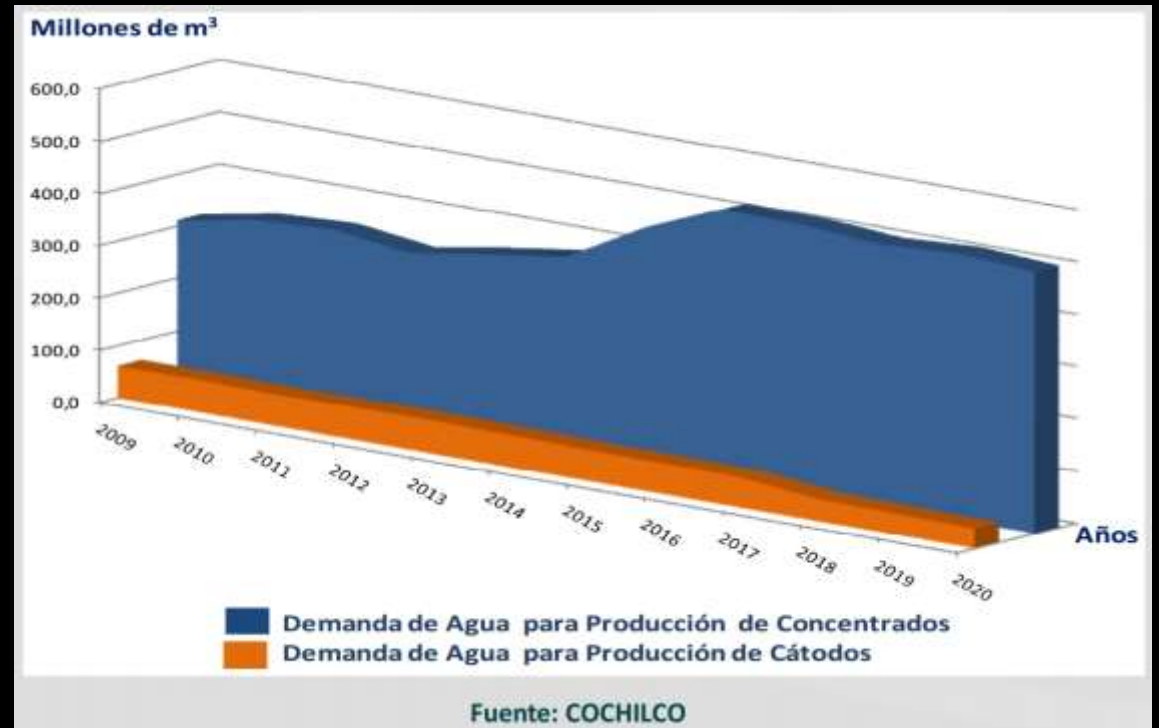
Minvielle & Garreaud (2011)
J. Clim.

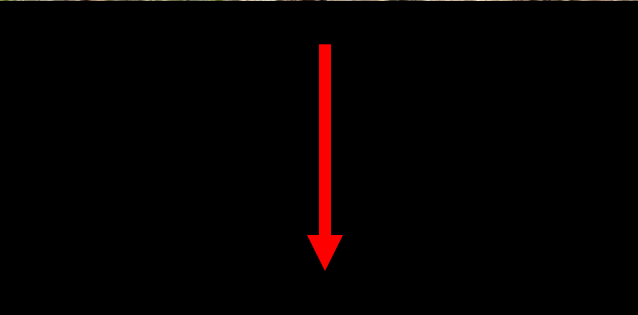


Thibeault et al. (2010)
J. Geophys. Res.



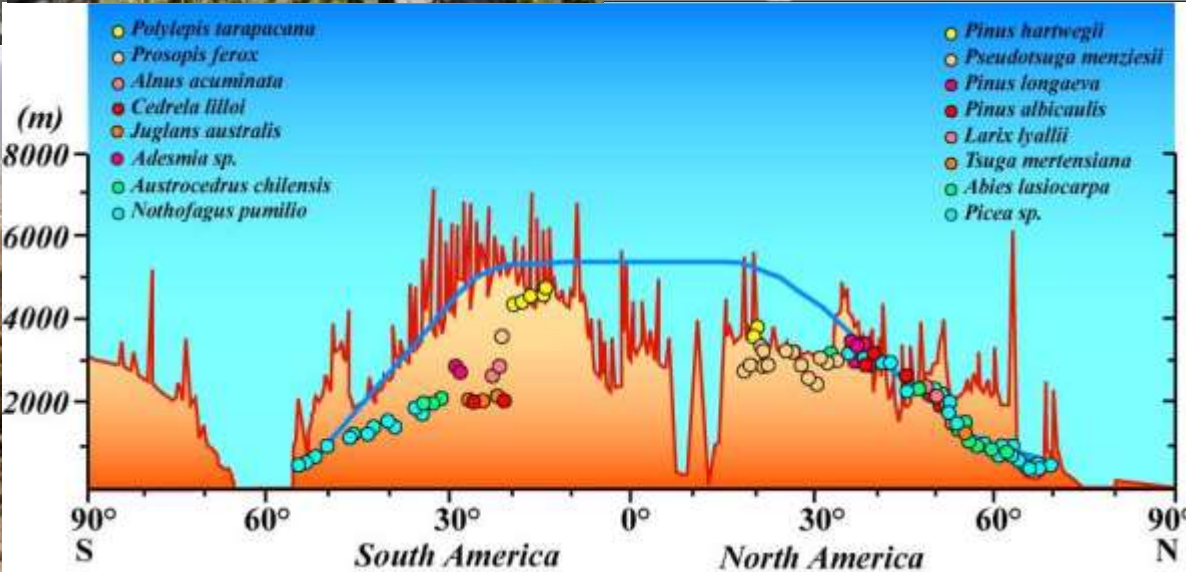
III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013







Polylepis tarapacana



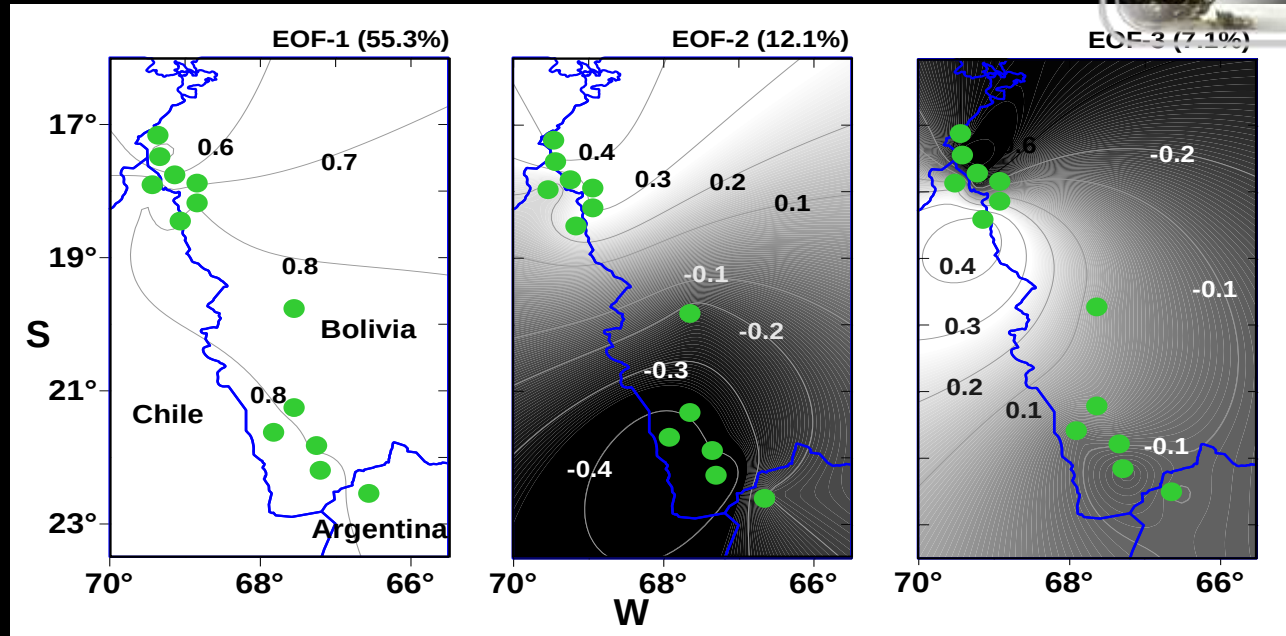
Polylepis tarapacana (Queñoa)

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



Patrones espacio-temporales de crecimiento Solíz et al. (2009) *Palaeo3*

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Iquique - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013

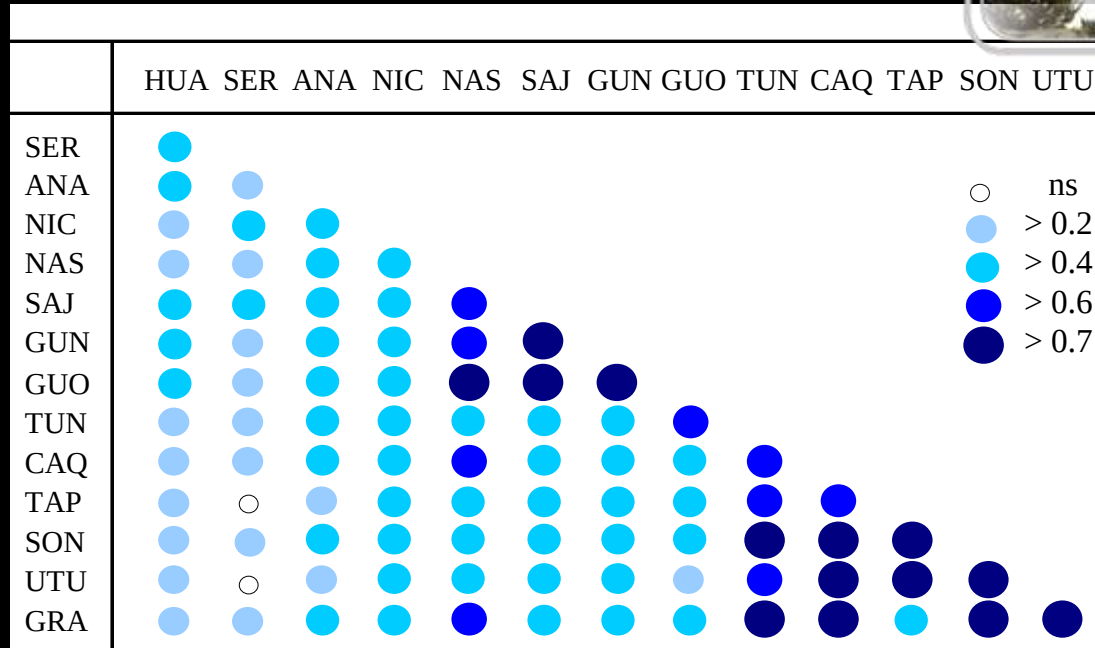


Funciones empíricas ortogonales para los tres principales modos de crecimiento de *Polylepis tarapacana* a través del Altiplano para el período común 1890–1999



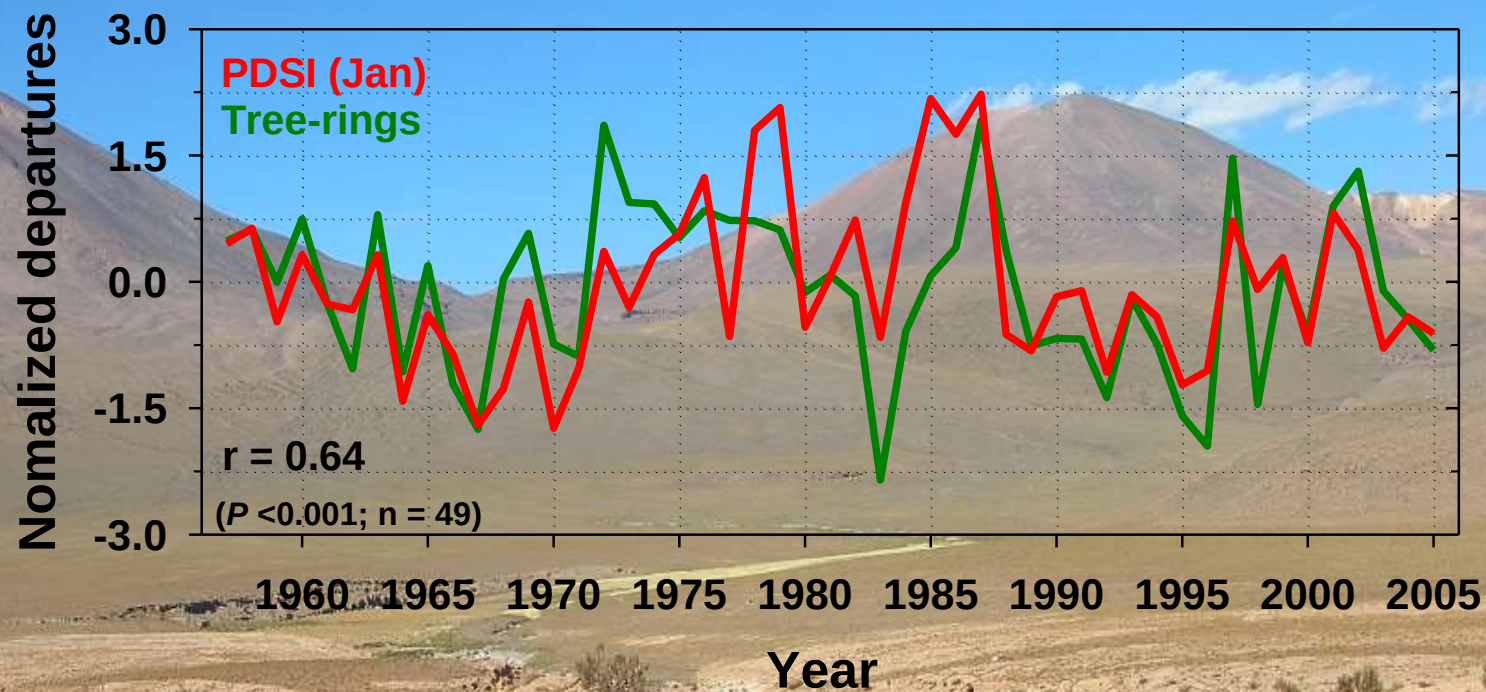
Patrones espacio-temporales de crecimiento Solíz et al. (2009) *Palaeo3*

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de *Polylepis*
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



Matriz de correlaciones entre cronologías de 14 poblaciones de *Polylepis tarapacana* sobre el período común 1890–1999





***Polylepis tarapacana* (Queñoa)**



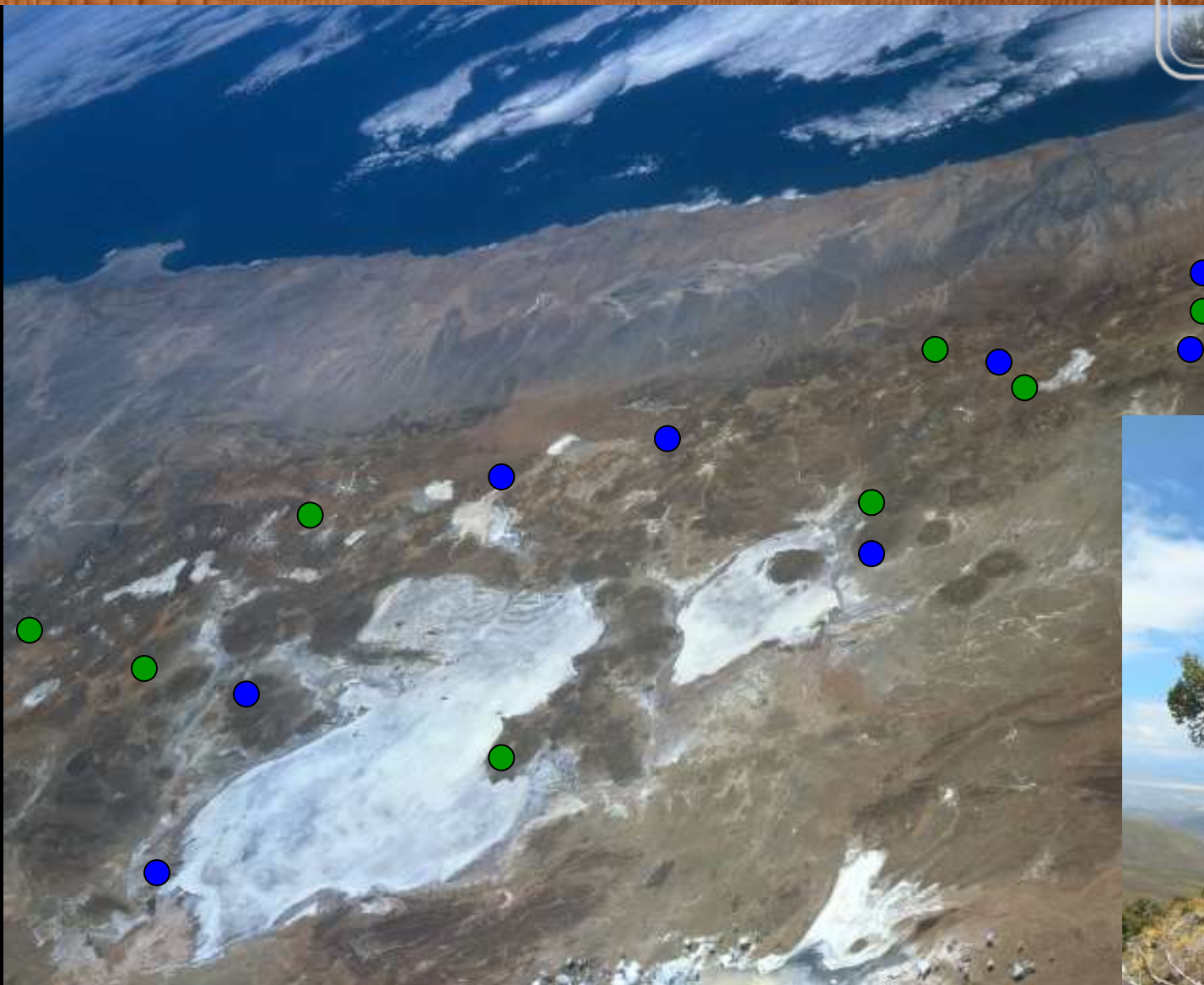
III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Antofagasta - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013

- Distribución a lo largo del Altiplano (16° - 23° S)
- Su crecimiento esta fuertemente limitado por la cantidad de lluvias
- Especie longeva > 700 años
- Madera relictas in situ por varios siglos
- Alta coherencia espacial en patrones de crecimiento a través de la región
- Archivo natural

Poblaciones de *P. tarapacana* y estaciones pluviométricas

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis

Atlix - Chile - 3 al 6 de septiembre del 2003



Cronología regional de 353 árboles desde año 1242

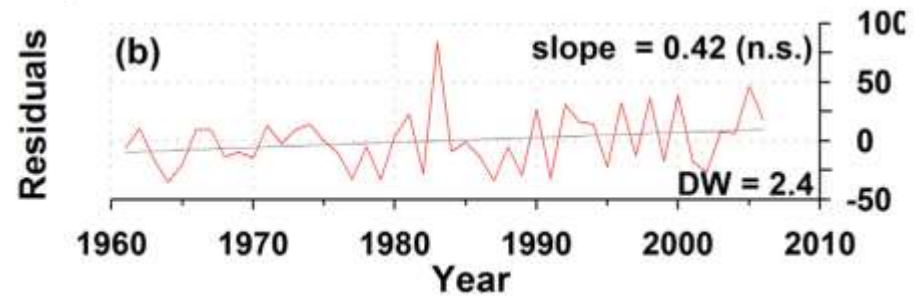
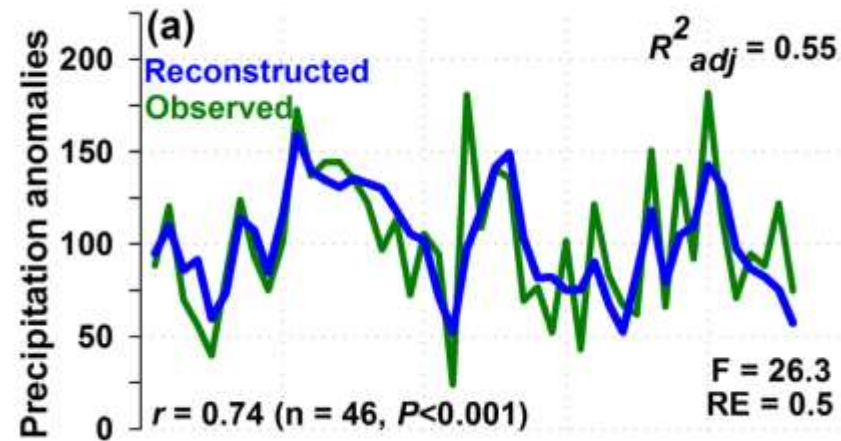
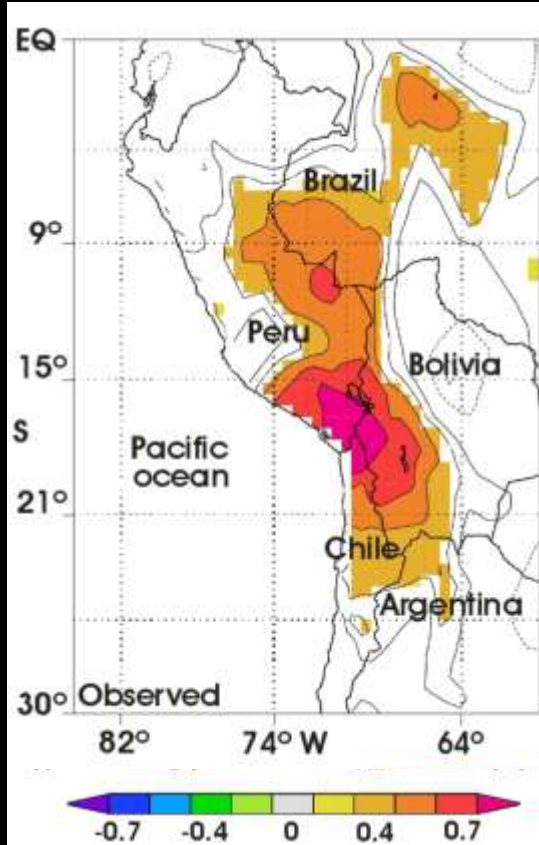
Poblaciones de *P. tarapacana* y estaciones pluviométricas

Station, code	Lat S, long W	Elevation (m)	Country	Period	Mean mm*
Patacamaya, Pat	17°15'/67°57'	3789	Bolivia	1948–2003	390
Charaña, Cha	17°35'/69°26'	4059	Bolivia	1948–2004	263
Visviri, Vis	17°37'/69°28'	4080	Chile	1968–2007	293
Caquena, Caq	18°03'/69°12'	4400	Chile	1970–2007	411
Putre, Put	18°11'/69°33'	3545	Chile	1970–2007	191
Cotakotani, Cot	18°11'/69°13'	4550	Chile	1963–2007	448
Chucuyo, Chu	18°12'/69°17'	4400	Chile	1961–2006	345
Parinacota, Par	18°12'/69°16'	4420	Chile	1933–2007	324
Chungará, Chn	18°16'/69°06'	4600	Chile	1962–2008	374
Guallatiri, Gua	18°29'/69°09'	4240	Chile	1969–2007	270
Colchane, Cls	19°16'/68°38'	3700	Chile	1978–2007	138
Huaytini, Hua	19°33'/68°37'	3720	Chile	1982–2008	157
Salinas G.M., Sgm	19°38'/67°40'	3737	Bolivia	1948–2001	211
Coyacagua, Coy	20°03'/68°50'	3990	Chile	1961–2008	131
Uyuni, Uyu	20°28'/66°48'	3660	Bolivia	1975–2003	185
Colcha, Col	20°47'/67°47'	3700	Bolivia	1980–2000	207
S. Pablo Lipez, Spl	21°41'/66°37'	4165	Bolivia	1979–2003	289



Site name, code	Lat S, long W	Elev (m a.s.l.)	Country	No. series	Period	<i>r</i> PC1*
Volcán Guallatiri, GUA	18°28', 69°04'	4450	Chile	82	1377–2007	0.77
Salar de Surire, TER	18°56', 69°00'	4517	Chile	11	1278–1901	0.77
Frente Sabaya, FSA	19°06', 68°27'	4430	Bolivia	30	1352–2008	0.73
Queñiza, QUE	19°22', 68°55'	4303	Chile	51	1444–2007	0.78
Volcán Caquella, CAQ	21°30', 67°34'	4520	Bolivia	63	1226–2009	0.82
Soniqueira, SON	22°00', 67°17'	4543	Bolivia	35	1431–2003	0.72
Volcán Uturuncu, UTU	22°32', 66°35'	4457	Bolivia	81	1242–2006	0.84
REGIONAL Chronology statistics: MTR 0.47/MS 0.3/EPS 0.95/				353	1242–2009	0.98

Calibración de precipitaciones en base a crecimiento

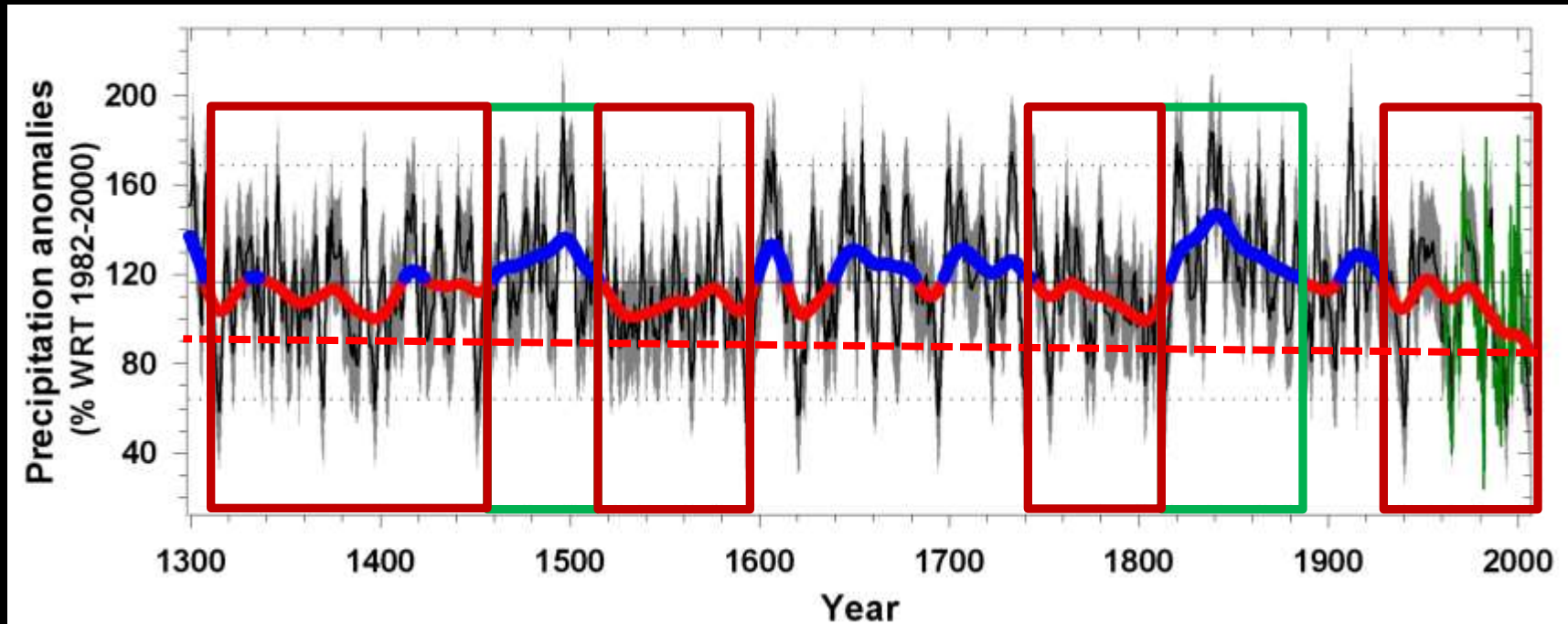


Morales et al. (2012)

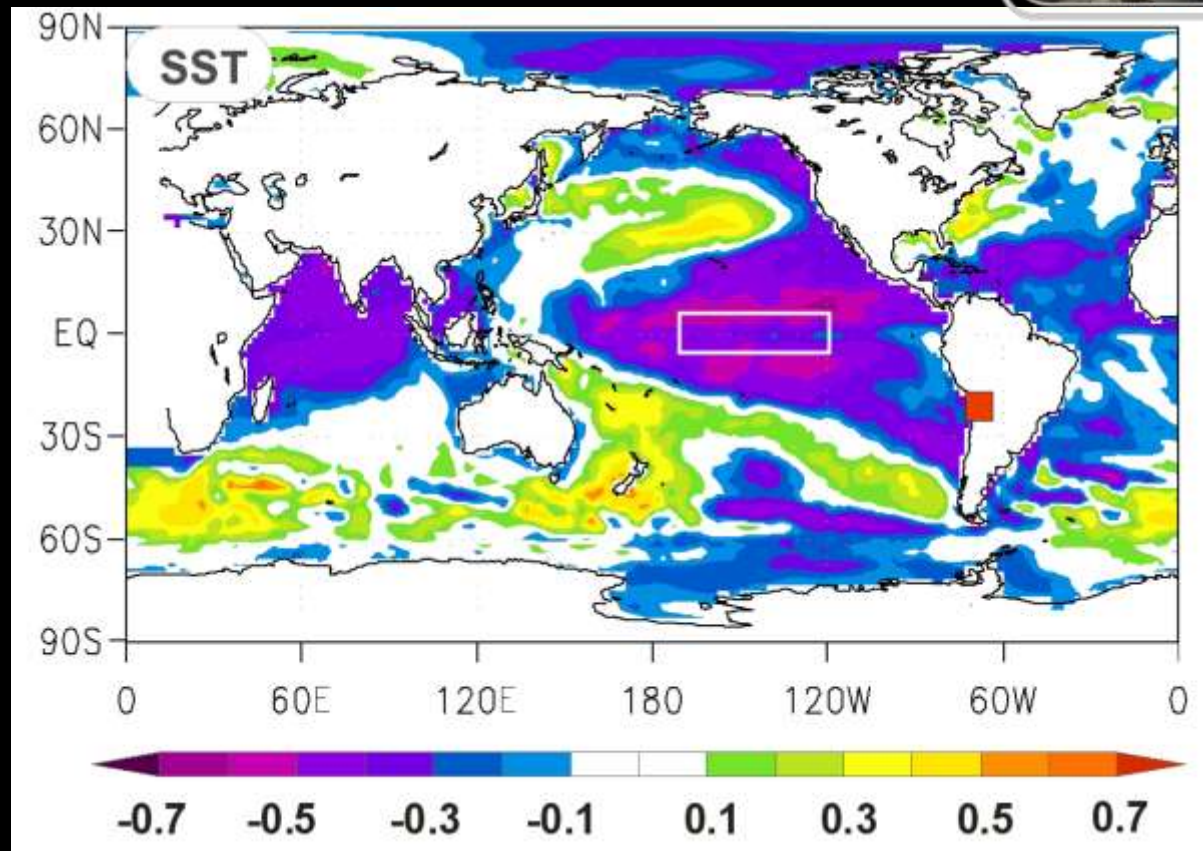


Reconstrucción de precipitaciones anuales del Altiplano, período 1300-2009

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



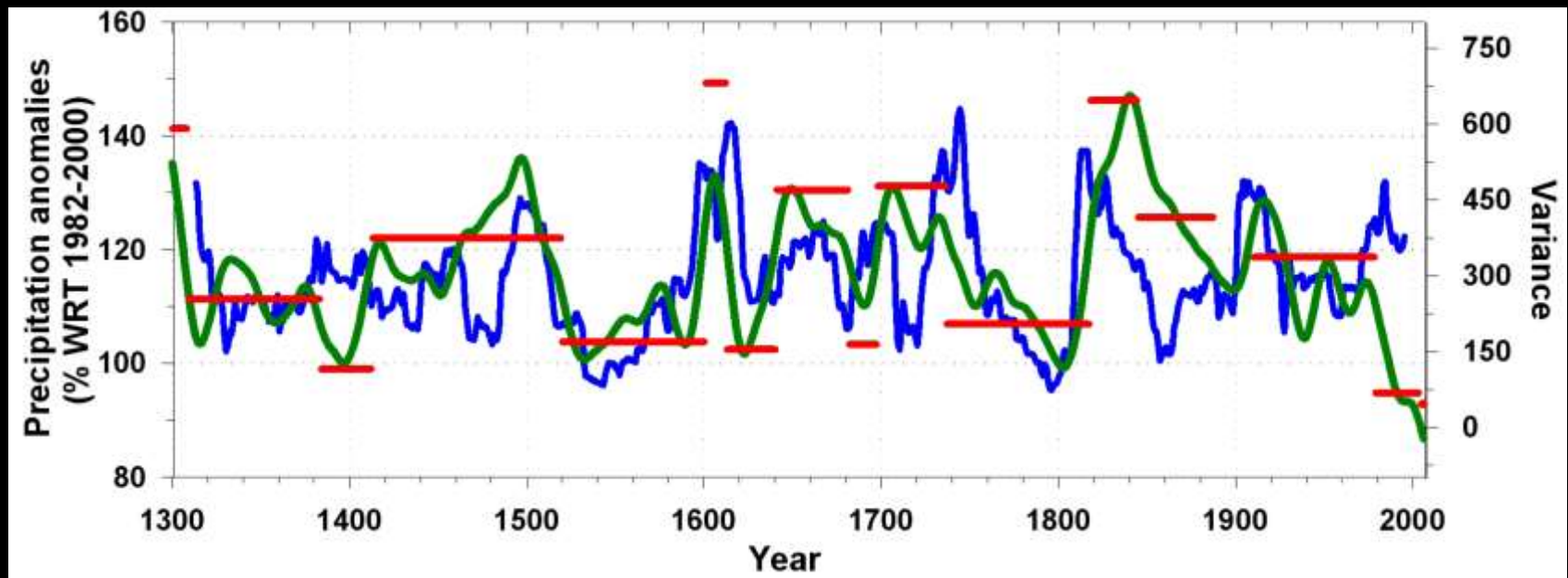
Morales et al. (2012) *Clim. Past*



Mapa de correlación entre la reconstrucción de precipitaciones del Altiplano y Dec-Nov NCEP-NCAR SST gridded data (1949-2006)

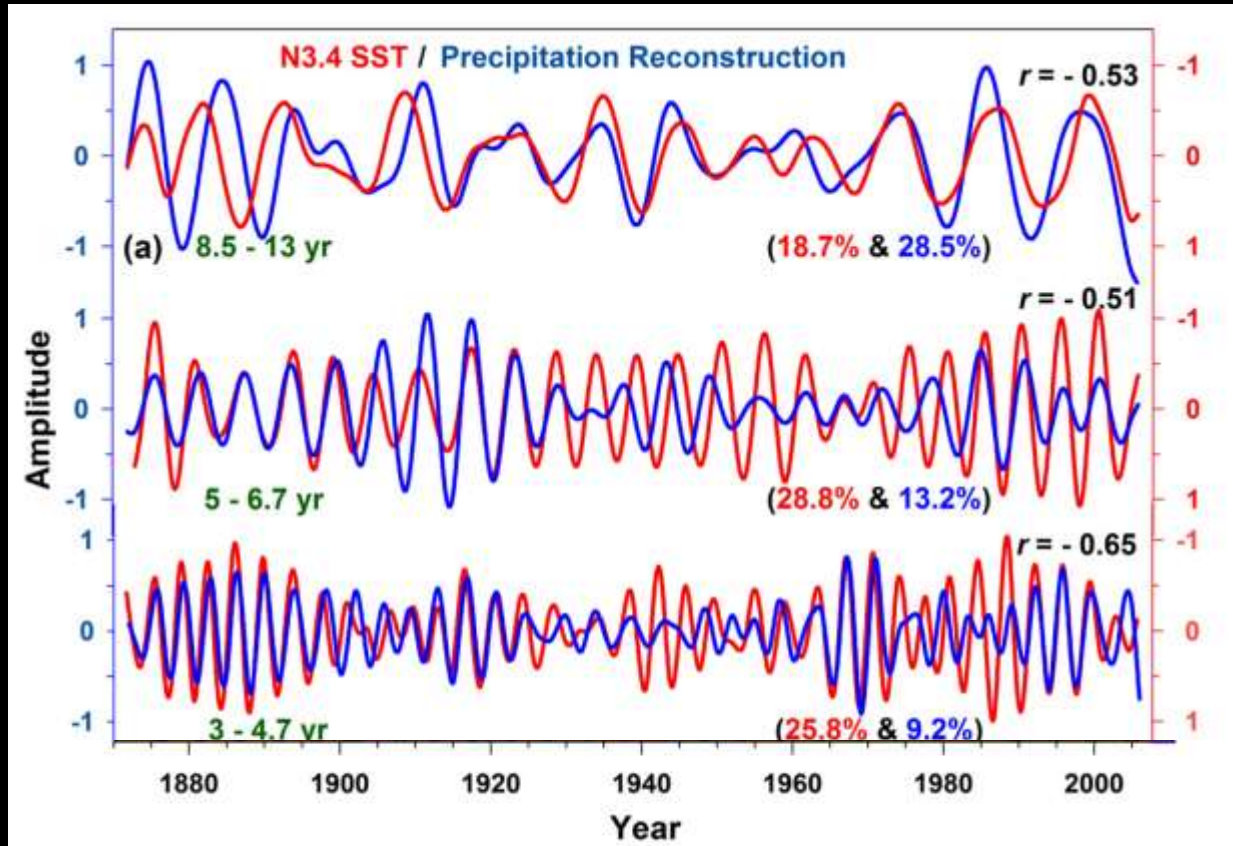
Comparación entre la baja frecuencia de la precipitación y su variabilidad interanual

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013

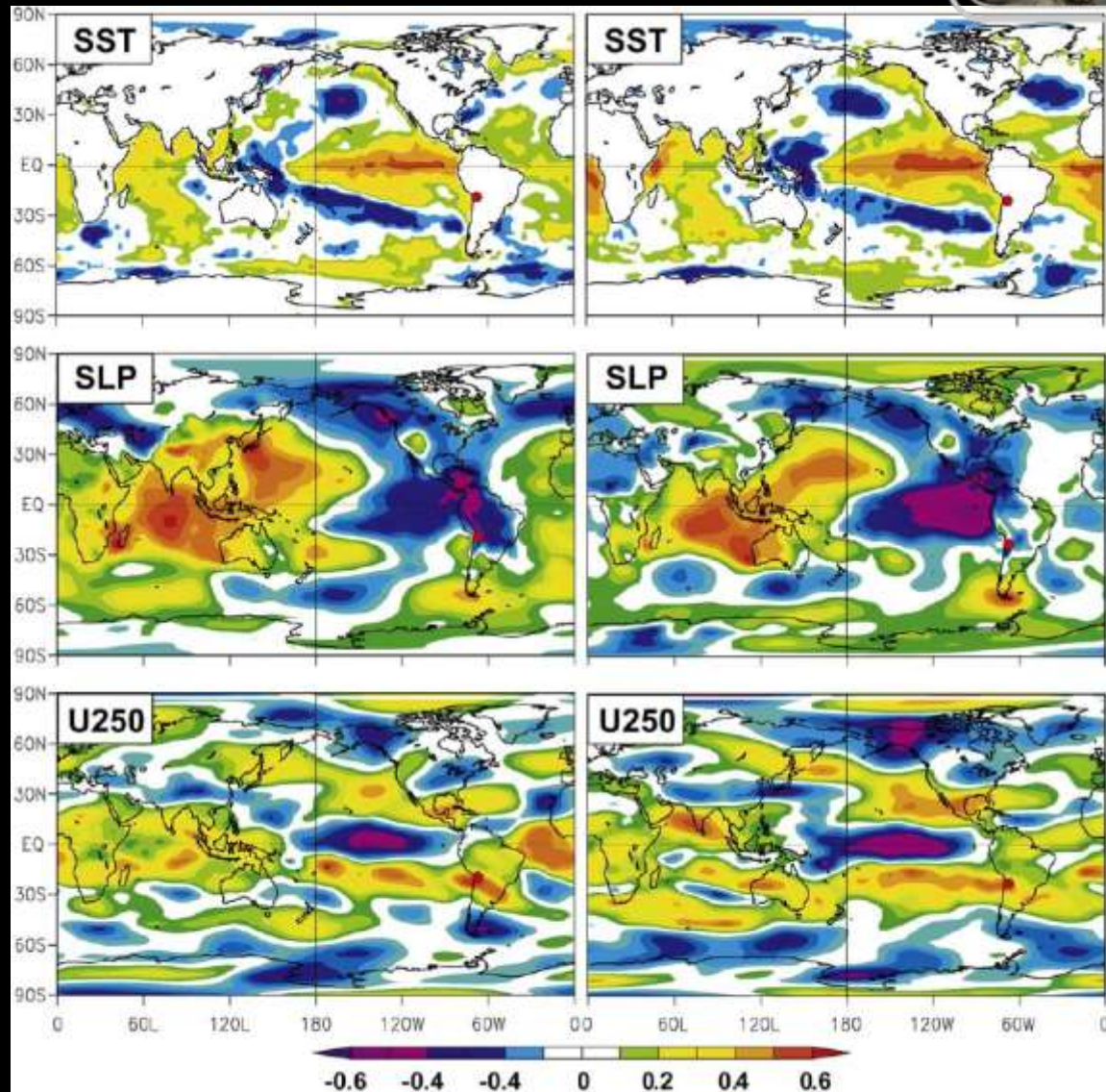


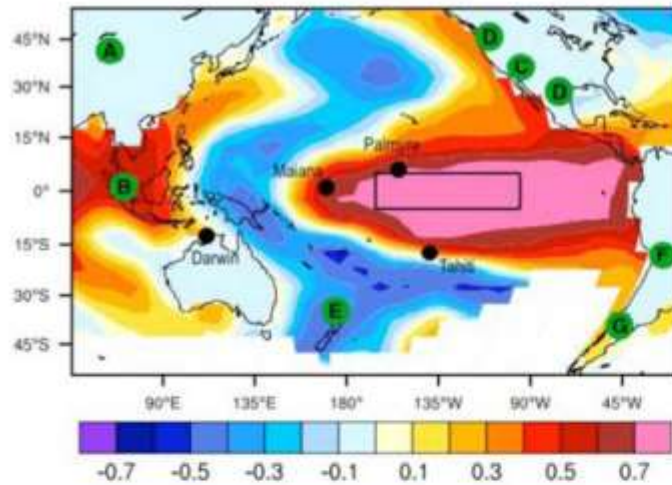
Modos oscilatorios de la precipitaciones y su relación con El Niño

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



El Niño Oscilación del Sur



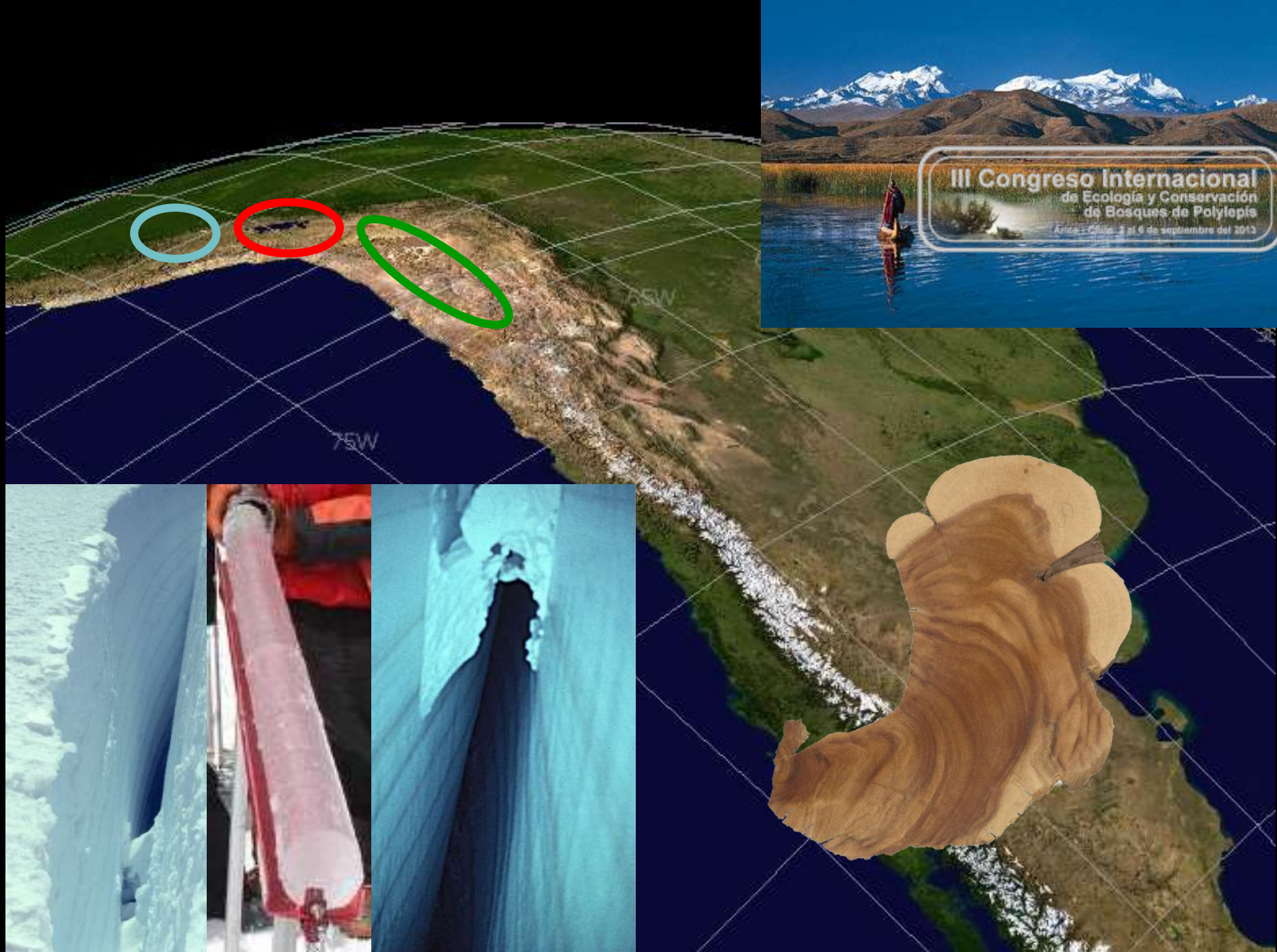


00723

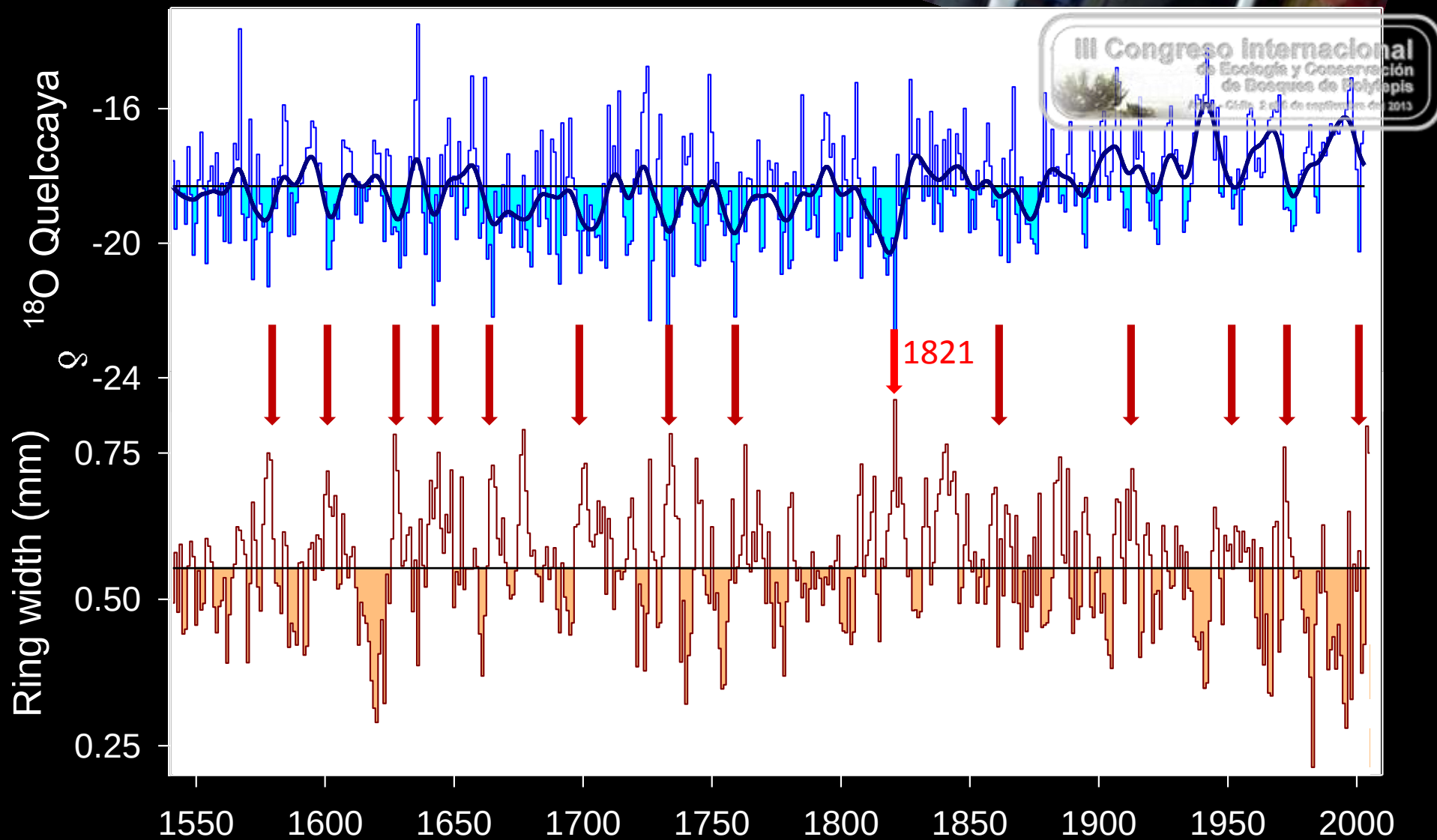
Testigo de Hielo



Thompson et al. (2013)
Science

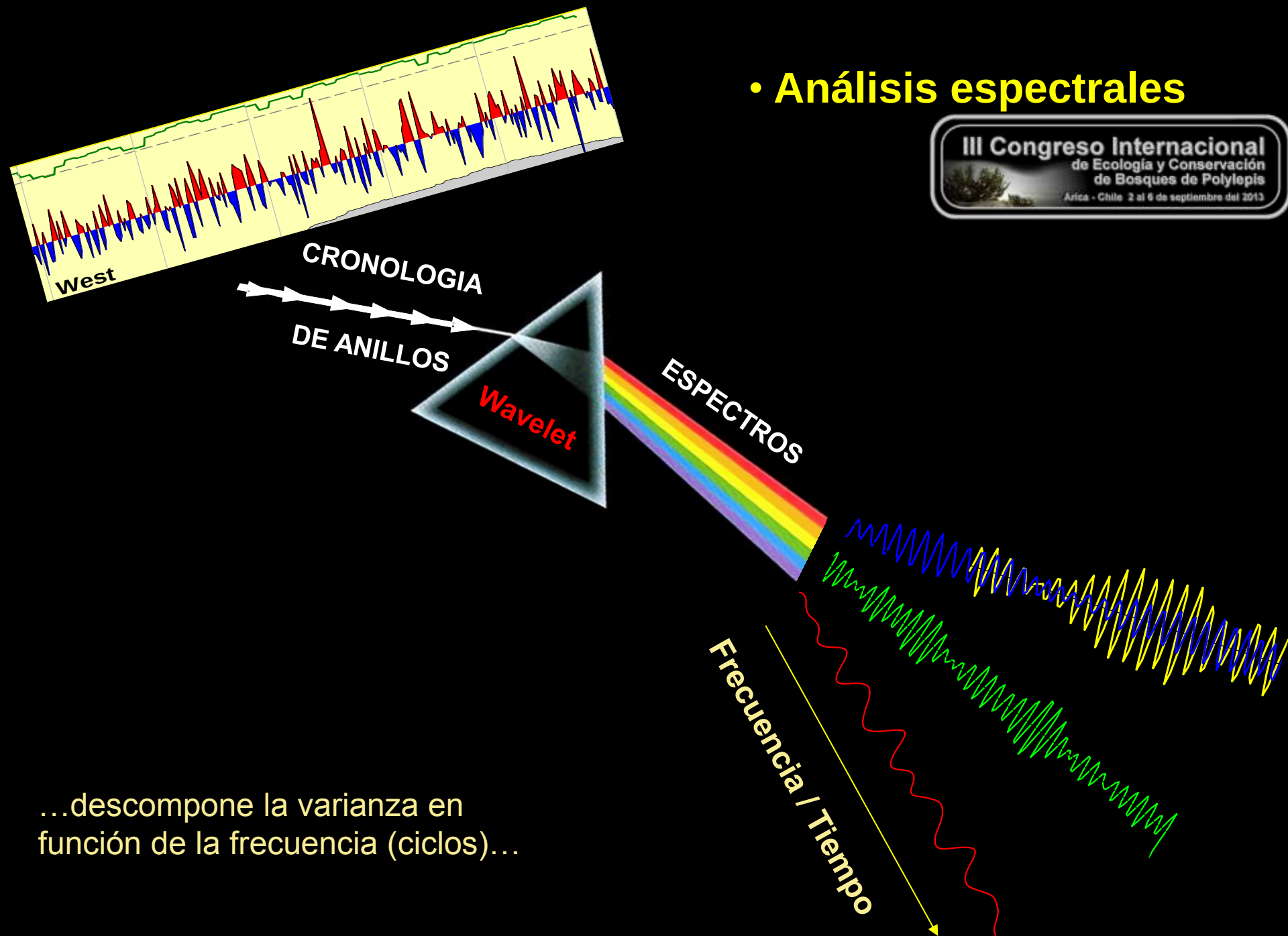






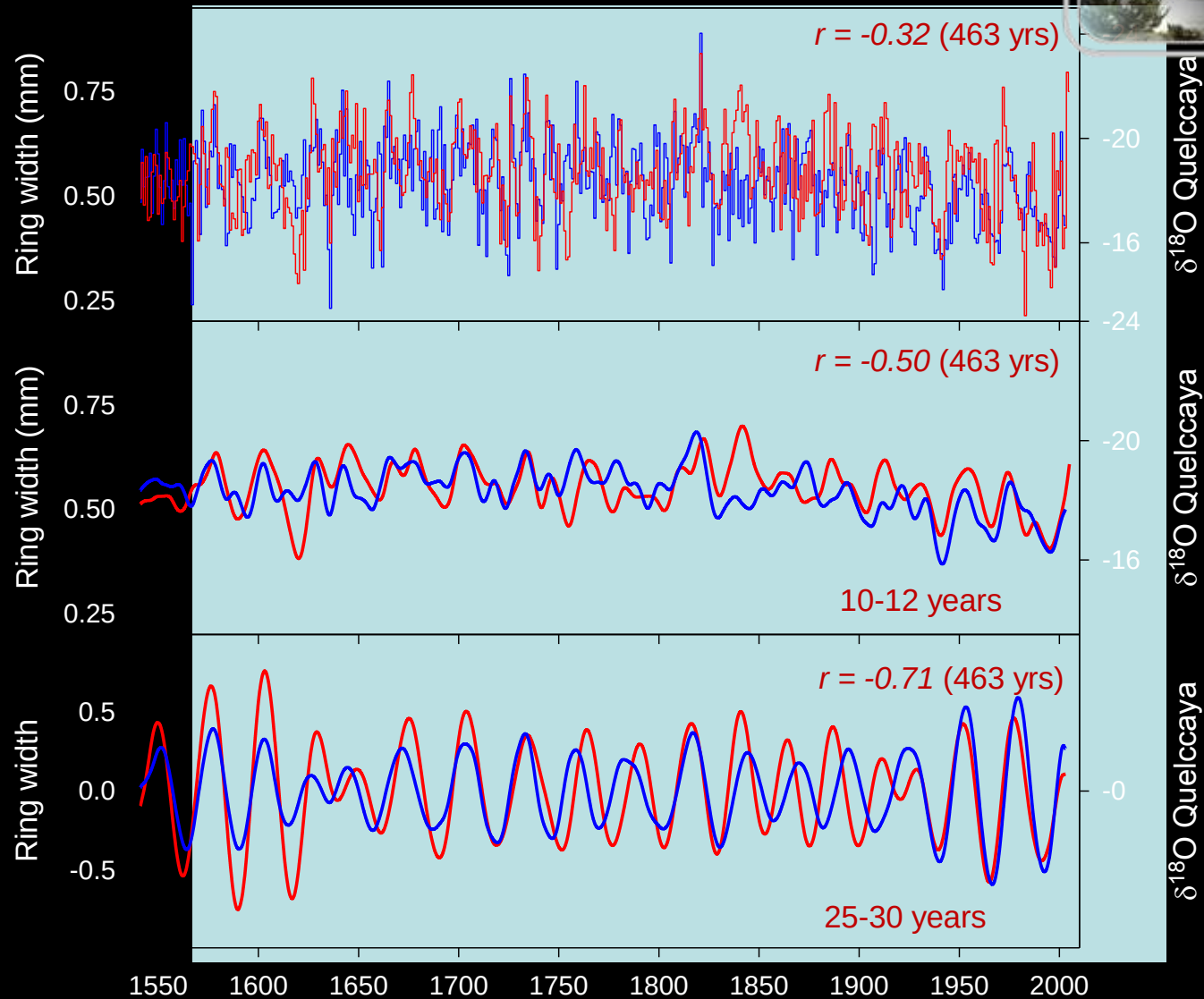
• Análisis espectrales

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013

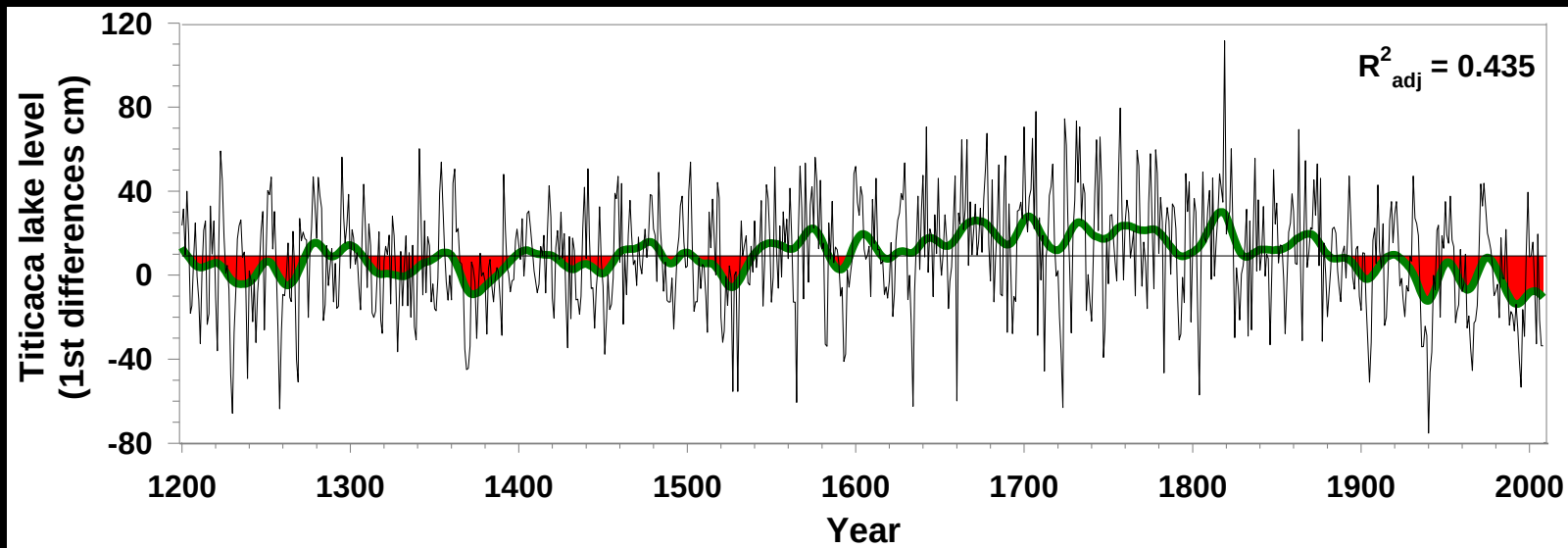
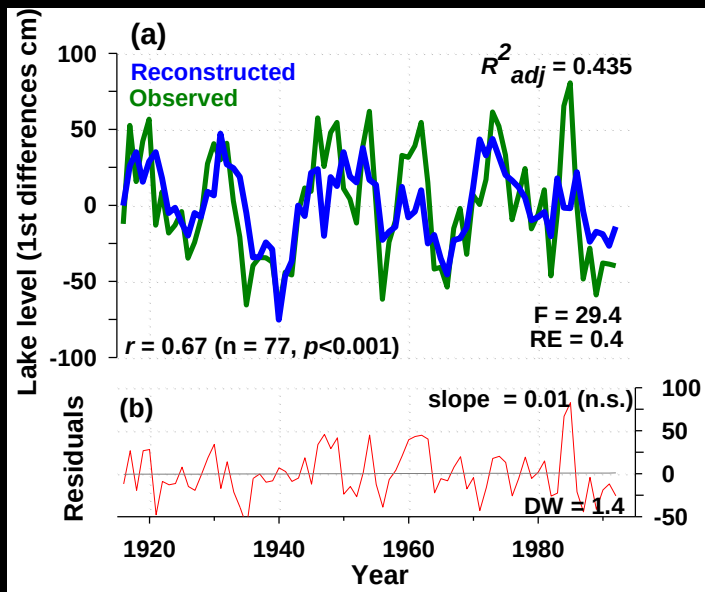


...descompone la varianza en
función de la frecuencia (ciclos)...

Comparación entre crecimiento de Árboles y Testigo de Hielo



Niveles del Lago Titicaca



CONSIDERACIONES FINALES

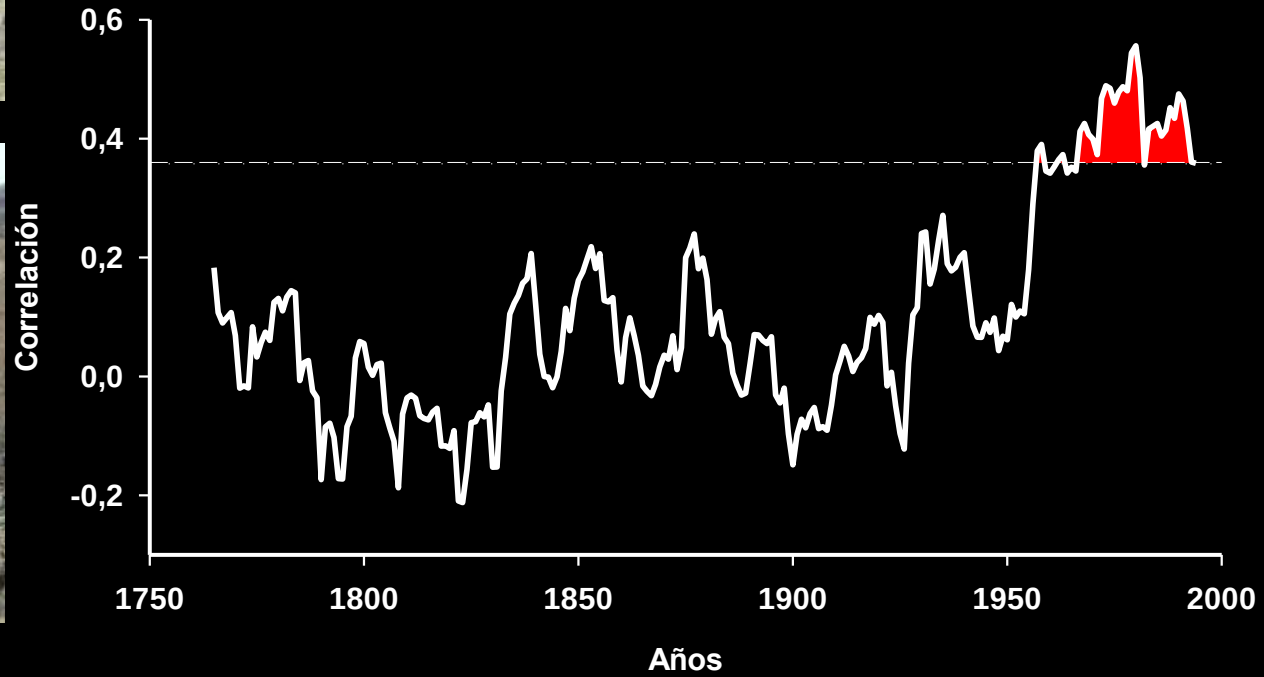


- El registro de precipitaciones desarrollado demuestra la existencia de una persistente tendencia negativa en la cantidad de lluvias desde la década de 1930, con una magnitud sin precedentes dentro del contexto de los últimos 700 años.
- Nuestras reconstrucciones paleoclimáticas indican que períodos prolongados de sequía han sido una característica recurrente en el clima del Altiplano, y que actualmente el potencial acoplamiento de forzantes naturales y antrópicos sobre la cantidad de lluvias tendría un severo impacto sobre los ecosistemas y las actividades socioeconómicas de la región.
- Los tomadores de decisiones sobre el manejo de los recursos hídricos deben anticiparse a este escenario y adaptarse a futuros cambios en el clima, con el fin de disminuir la vulnerabilidad y al mismo tiempo realizar una gestión equitativa de los recursos hídricos entre los diferentes usuarios.
- Se demuestra que es posible la utilización de *Polylepis tarapacana* como proxy hidroclimático de alta resolución temporal para la región del Altiplano, y que un paso siguiente será el trabajo de validación de modelos climáticos futuros a partir de esta información.

Laboratorio de campo y equipo ecofisiológico realizando mediciones de intercambio de gases, fijación de carbono, resistencia a bajas temperaturas y relaciones clima-crecimiento en poblaciones de *P. tarapacana*



CONSIDERACIONES FINALES





Gracias!



www.dendrocronologia.cl