

Breve reseña de la gestión del agua en Mendoza (Argentina), y análisis de la sequía 2010-2015 en un contexto de largo plazo

**Mariano Masiokas
Carlos Le Quesne
Duncan Christie
Ricardo Villalba
Brian Luckman
Leandro Cara
Maximiliano Viale
Lucas Ruiz
Grupo ING IANIGLA**

IANIGLA



CONICET

Introducción

- La nieve acumulada durante el invierno en los Andes entre los $\sim 29^\circ$ y 37° S es la fuente principal de agua en el centro-oeste de la Argentina y en Chile central
- Más de 10 millones de personas dependemos de este recurso para
 - consumo doméstico
 - irrigación
 - industrias
 - generación hidroeléctrica
 - recarga de acuíferos
 - ecosistemas andinos

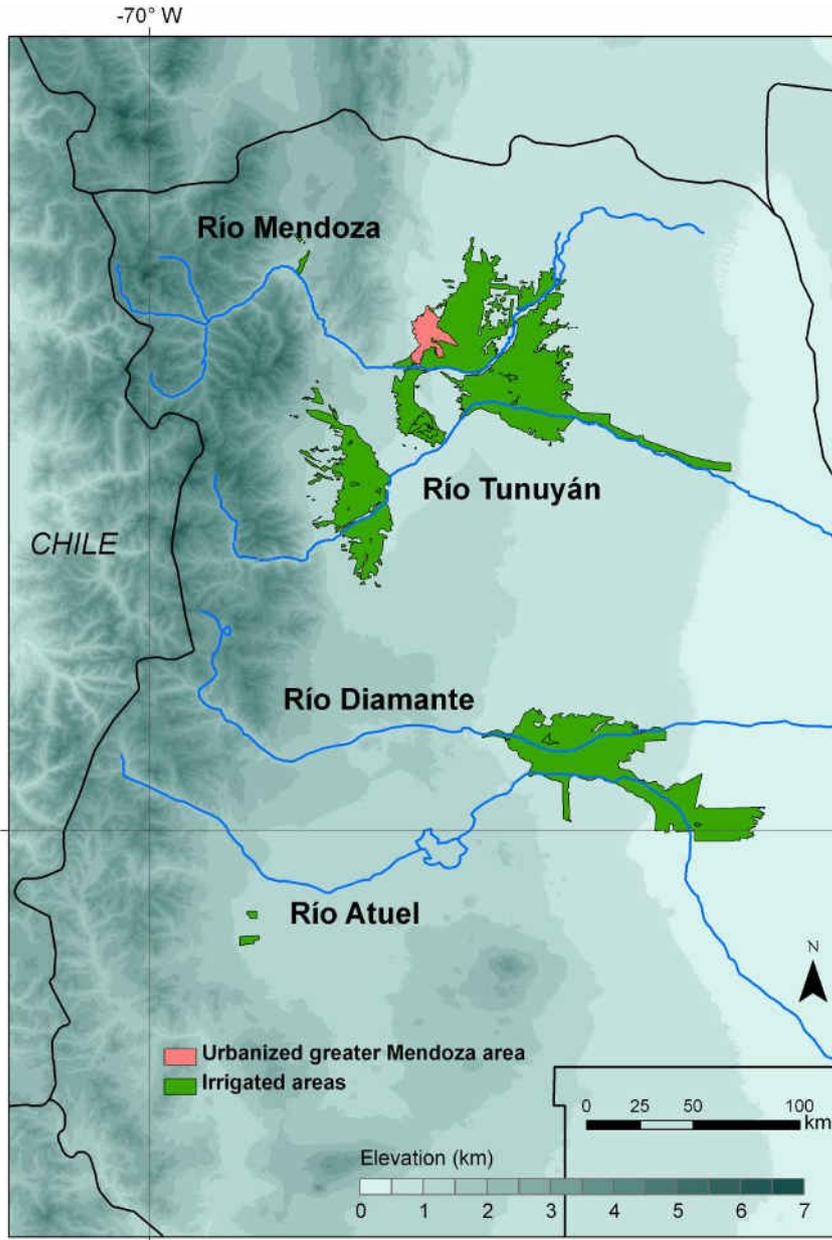


En la provincia de Mendoza, sólo el 3% de la superficie es utilizable para poblaciones, agricultura, industrias

~200 000 has. cultivadas

250 mm precip anual –
concentradas en verano

Fuerte dependencia del agua de
deshielo para subsistencia y
desarrollo



El Departamento General de Irrigación (DGI) es un organismo público descentralizado, que tiene autarquía institucional, presupuestaria y jerarquía constitucional.

Función principal: administrar el recurso hídrico en la provincia de Mendoza, reglamentando y fiscalizando su uso.

Un elemento importante en la gestión del agua en Mendoza es la participación de los usuarios, a través de las **Inspecciones de Cauce**.

Función específica: administrar la red secundaria de riego, con facultades de control y sanción.

Pueden elegir sus autoridades de cauce y administrar sus rentas, aunque sujetas al control del DGI



El nacimiento del DGI comienza con la sanción de la **Ley General de Aguas (1884)**, que establece que:

“La administración del agua y en general el cumplimiento de la presente ley, estará bajo la dirección del **Departamento General de Aguas**”.

Diez años después, en **1894**, la Constitución de la Provincia de Mendoza denomina al Departamento General de Aguas como **Departamento General de Irrigación**



Entre muchas otras cosas, la Ley General de Aguas establece que:

- **El derecho de agua es inherente a la tierra**
- No podrán otorgarse nuevas concesiones que de alguna manera perjudiquen los derechos ya existentes.
- **Se otorga al DGI el poder de policía sobre las aguas, cauces naturales y artificiales, riberas y servidumbres**
- En épocas de sequía o faltantes (situación actual), se establecerá un sistema de distribución por turnos que dependerán proporcionalmente del número de hectáreas que gocen del derecho de agua

Las escasas nevadas que se han registrado desde 2010 han hecho que los pronósticos de escurrimientos del DGI sean cada vez tenidos más en cuenta por la sociedad mendocina



Noticiero 9, Oct 2015



Resumen 2015 -2016

DERRAME ANUAL X RÍO		AÑO HIDROLÓGICO	PRONOSTICADO	MEDIA HISTÓRICA
MENDOZA		MEDIO	1400 HM³	1420 HM³
TUNUYÁN		MEDIO POBRE	800 HM³	886 HM³
DIAMANTE		POBRE	830 HM³	1054 HM³
ATUEL		MEDIO POBRE	970 HM³	1117 HM³
MALARGÜE		POBRE	260 HM³	316 HM³
GRANDE		POBRE	2890 HM³	3430 HM³

Fuente: Departamento General de Irrigación

Pronóstico de Escurrimiento 2015-2016



Departamento General de Irrigación



Emergencia Agropecuaria

Consulte aquí la lista de productores incluidos

INICIO INSTITUCIONAL USUARIOS LICITACIONES CONVOCATORIA JORNADA



[Inicio](#)

Boletín hidronivometeorológico

[pronostico_2015-16.pdf](#)

[boletin_de_informacion_hidronivometeorologica_16-11-15.pdf](#)



Agua hoy

CAUDAL METRO DIARIO m³/s
DIQUE POTRERILLOS

46%

EMERGENCIA HÍDRICA

[VER PRONÓSTICO](#)

VOLUMEN ACUMULADO m³

Embalse & Río	12 de Noviembre de 2015	Histórico desde el año 2000	Capac. MÁXIMA	%
POTRERILLOS Mendoza	207	272	450	46%
EL CARRIZAL Tunuyán	193	185	276	70%
AGUA DEL TORO Y REYUNOS Diamante	395	400	553	71%
NIHUIL Y VALLE GRANDE	189	177	373	51%

>> IMPRIMA SU BOLETO

>> PLAN CUENTAS CLARAS

>> VIDEOS

>> PROGRAMA INTEGRAL SISTEMA CACIQUE GUAYMALLEN

>> NUEVA TARIFA AGUA SUBTERRANEA

CONTACTO

Subdelegaciones

Cuadro de turnos

Los Andes

Mendoza, Argentina

MIKE AMIGORENA TAMBIÉN ESCRITOR
 EL ACTOR MENDOZINO LEVIÓ UNA OBRA EN LA QUE COMPARA LOS DOS AUTOSABORES CON PROFUNDIDAD Y SENSIBILIDAD. ¿ES UN LEVANTO O LA TLA DE UNO DE LOS...?



TOMADA TRISTE FALLECIÓ EL SANRAFAELINO MARIANO CACACE

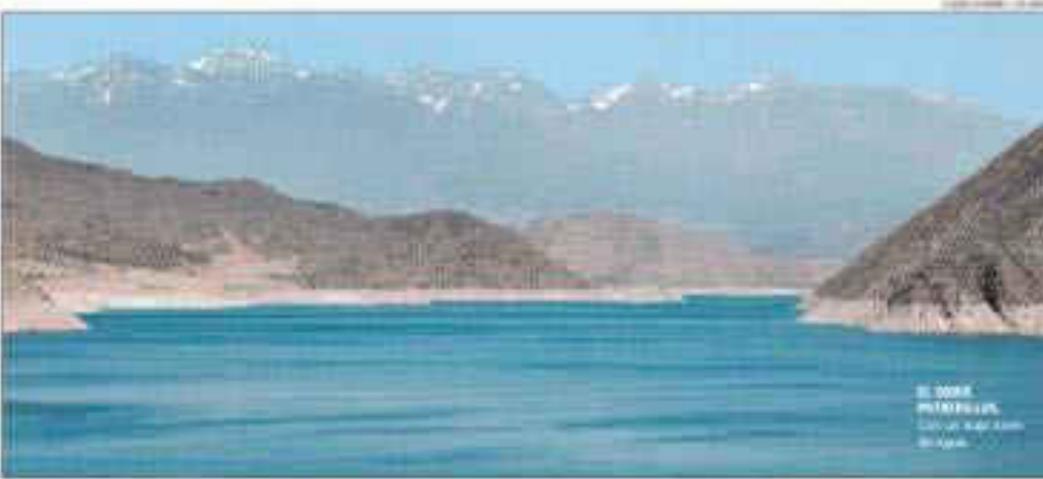
GANÓ GIMNASIA 2-1 A SAN JUAN Y SE ACERCA A LA B NACIONAL

Domingo 14
 De mañana de 20°C
 De tarde de 10°C
 Tendencia: variable

PREVISIÓN
 CERO Y UNOS 20
 CANTIDAD DE CUMULACIÓN

10°
34°

Multiplicidad de opciones para el verano de la provincia de Mendoza



La cordillera sufre el ciclo de nieve más bajo en 60 años

LA CRISIS HÍDRICA Según un estudio de expertos del Inigla e Irrigación, el ciclo que va de 2010 a 2014 es el más seco en la provincia desde que se miden las nevadas. Mendoza será sede desde mañana de un encuentro internacional sobre el cambio climático.

El estudio de la cordillera fue realizado por el Inigla e Irrigación, el organismo que se encarga de la gestión del agua en la provincia de Mendoza. Según el estudio, el ciclo de 2010 a 2014 es el más seco en la provincia desde que se miden las nevadas. Mendoza será sede desde mañana de un encuentro internacional sobre el cambio climático.



Informe a la Nación
**La megasequía 2010-2015:
 Una lección para el futuro**

Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)²
 Noviembre 2015

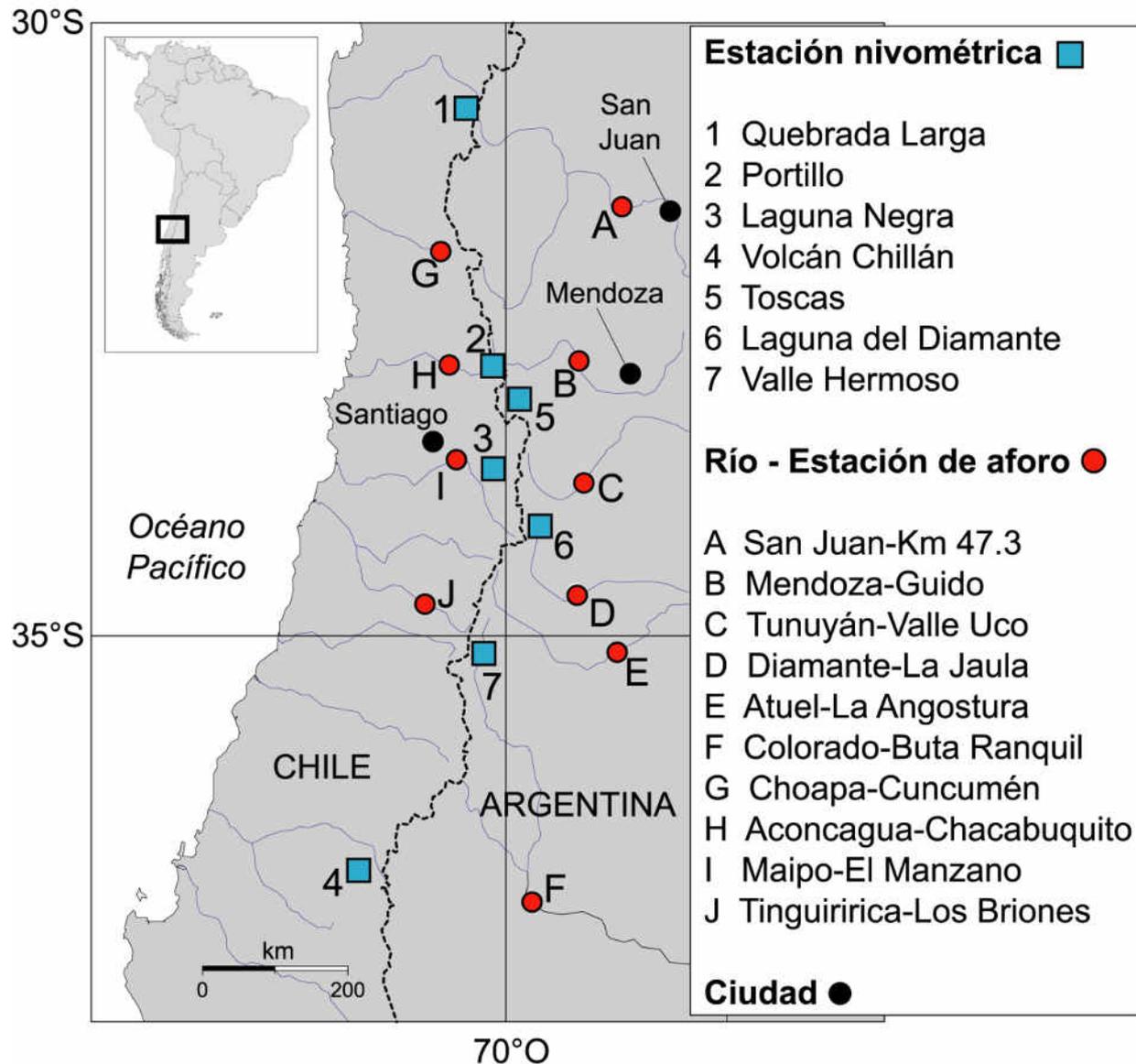


(CR)² Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia Research www.cri2.cl

Diario Los Andes, Mendoza (Dic 2014)

Informe del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)², Santiago, Chile (Nov 2015)

Ante este escenario de escasez hídrica, hemos utilizado series regionales de nieve y caudales para evaluar la magnitud de la sequía en el contexto del último siglo



Inicialmente se seleccionaron los registros más largos y completos

Se usaron 2 variables:

- Máximo valor invernal de acumulación de nieve
- Caudales anuales Julio-Junio

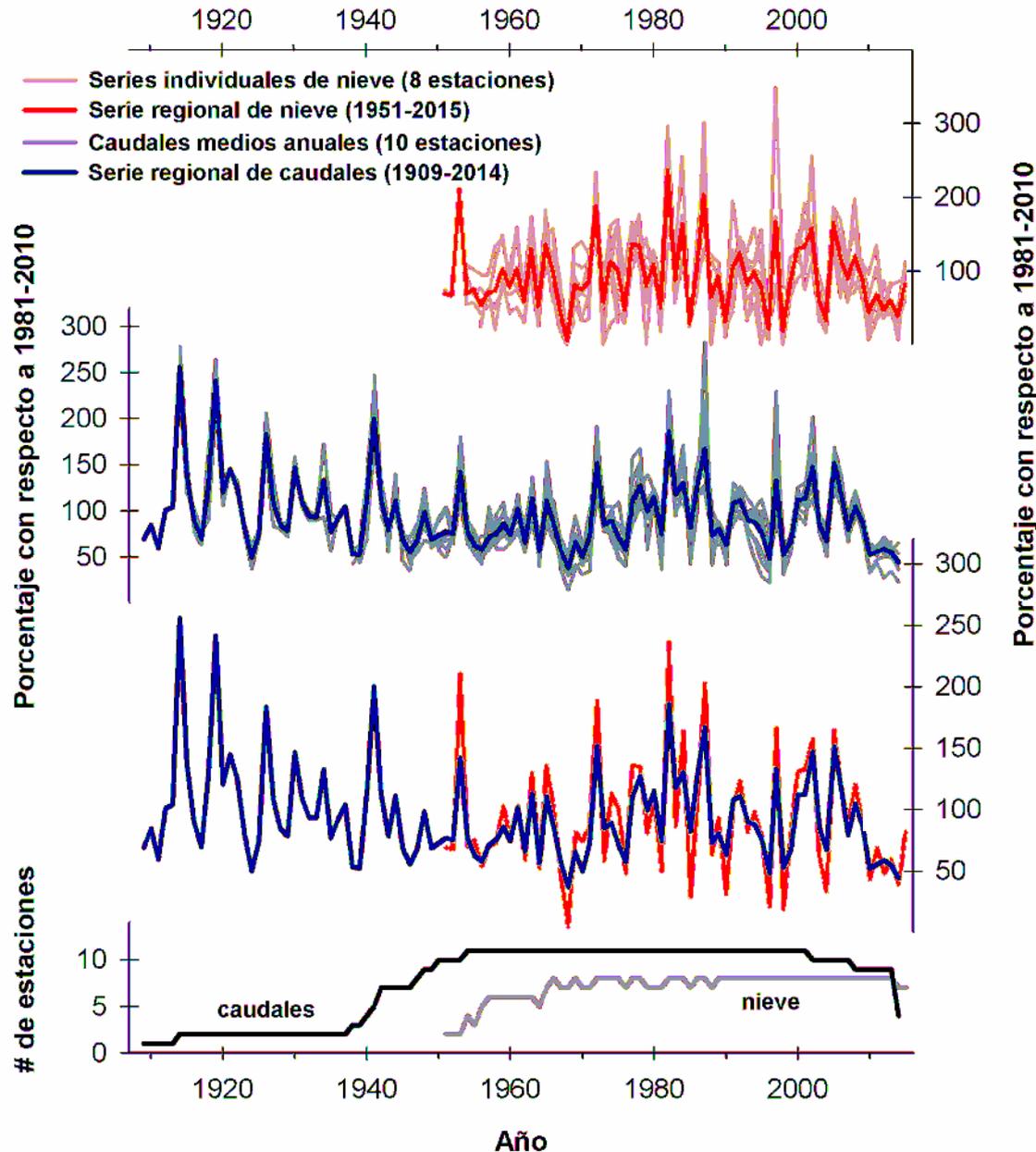
Series individuales expresadas como % del periodo 1981-2010

Posteriormente promediadas para formar series regionales de nieve y caudales

Series individuales y regionales

Nieve: mayor dispersión y variabilidad inter-annual

Caudales: fuertes similitudes a ambos lados de la Cordillera



Promedio regional de Máxima Acumulación Invernal de Nieve (eq. agua nieve) **1951-2015**
8 estaciones

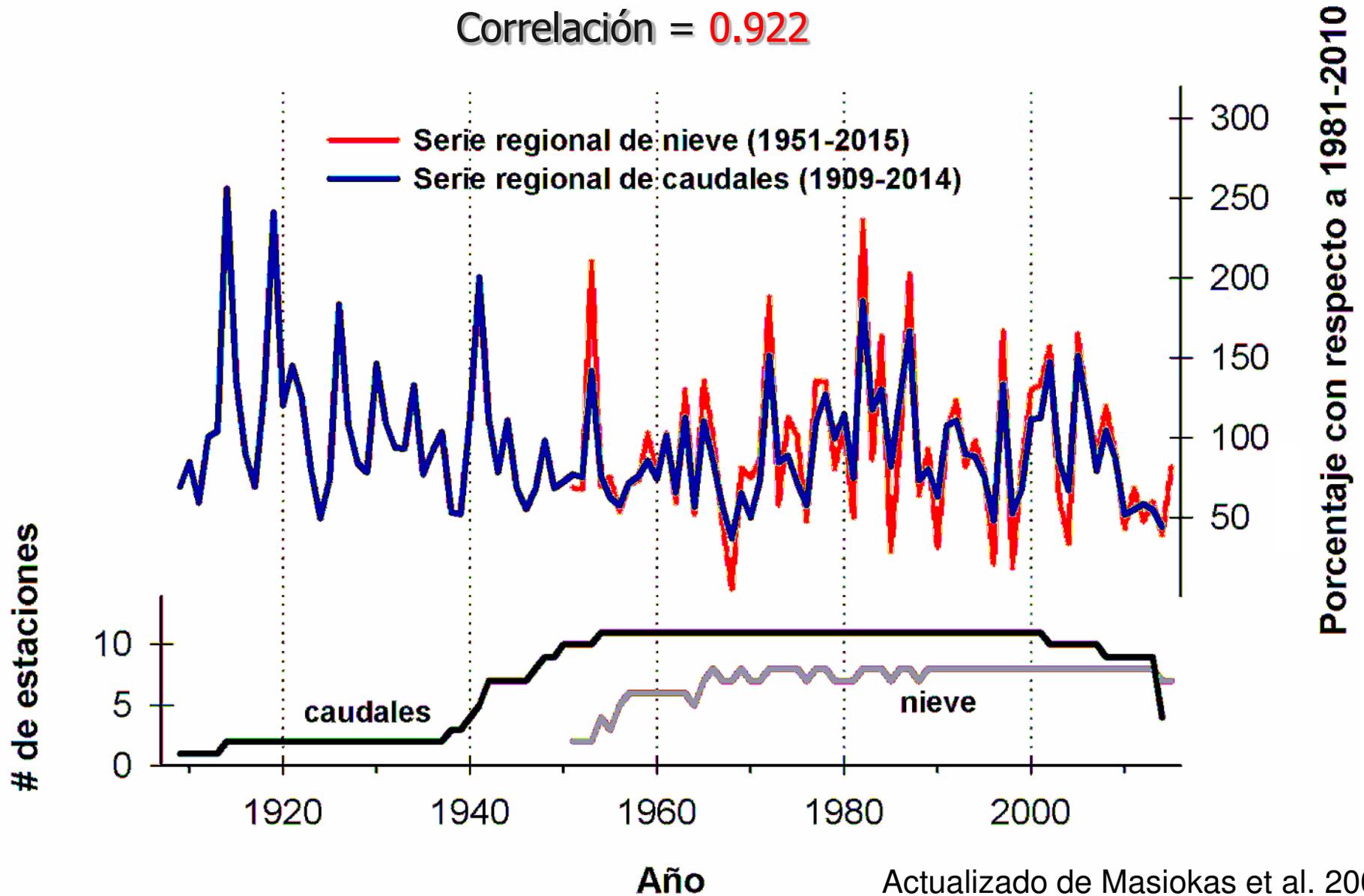
Promedio de caudales anuales Julio-Junio **1909-2014**
11 estaciones

Promedios Regionales
Máximo de nieve invernal
Caudales anuales Jul-Jun

Comparación nieve - caudales

Las series regionales de nieve y caudales muestran fuertes similitudes que se mantienen a lo largo de todo el periodo común (1951-2014)

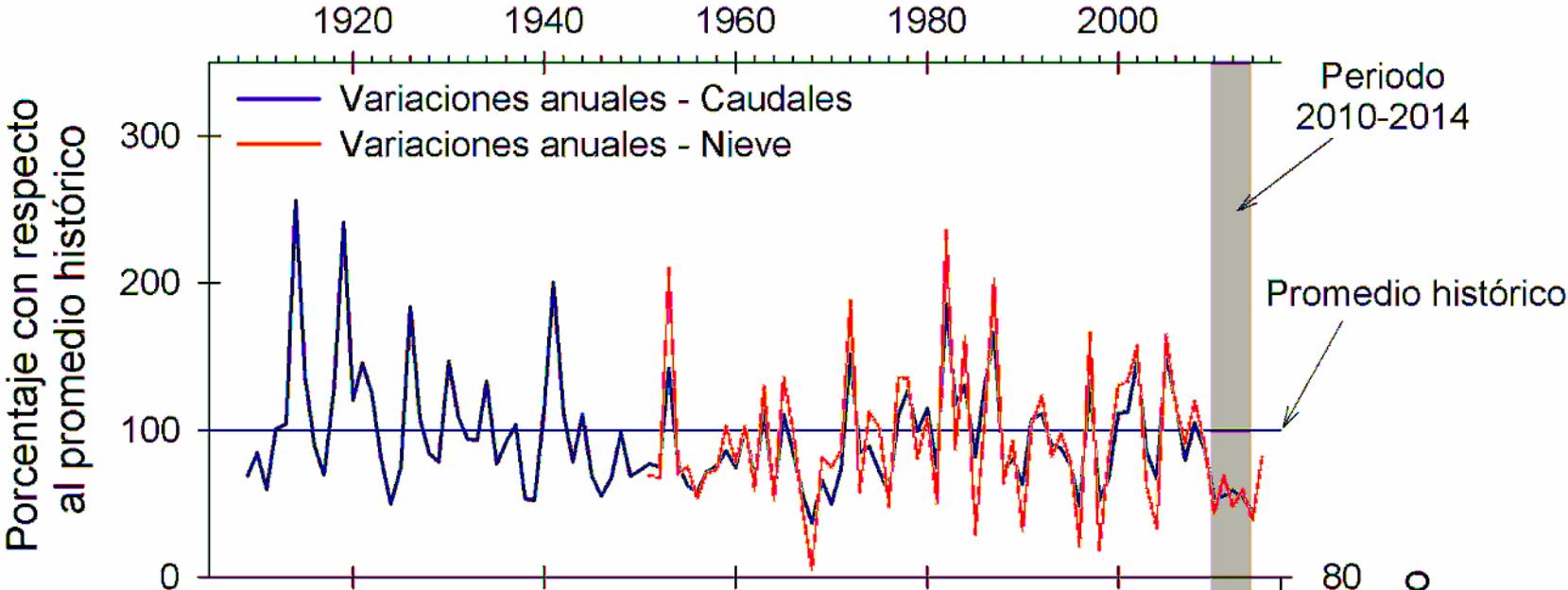
Correlación = 0.922



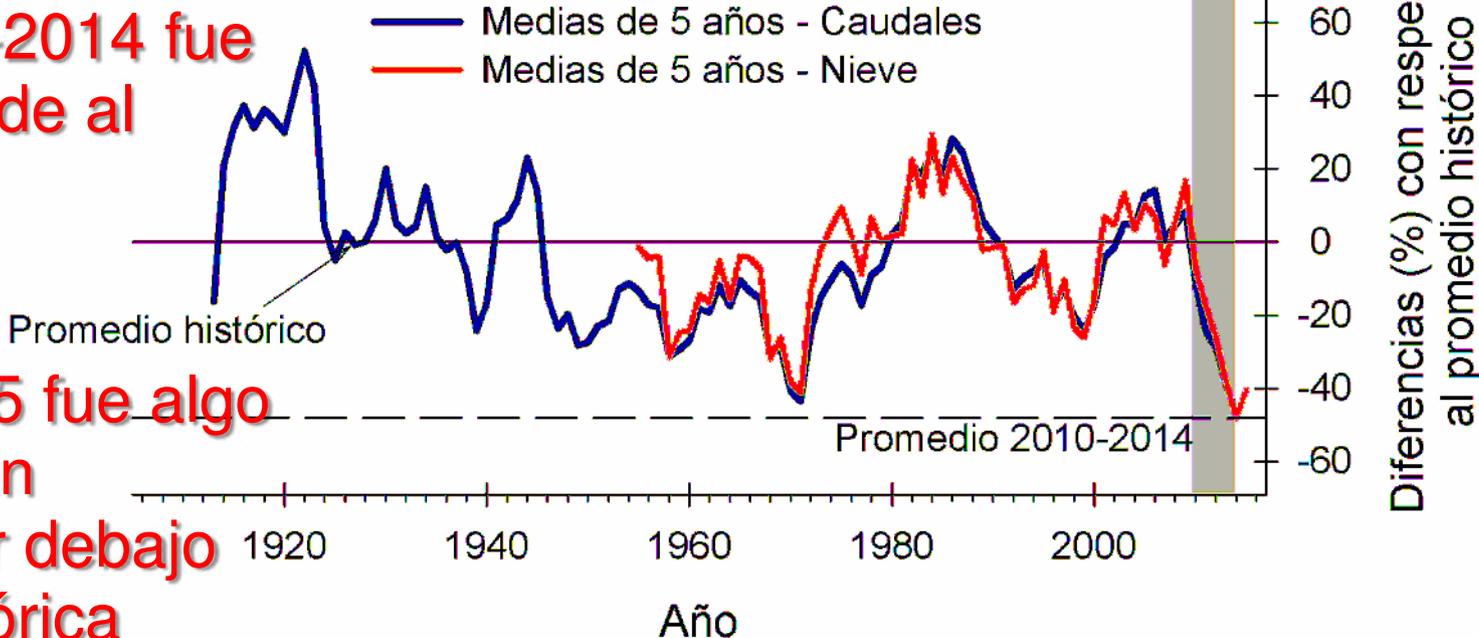
Lista de años extremos (10 años más secos y más nevadores) en los Andes Centrales, 1951-2015

Ranking	Más secos		Más nevadores	
1	1968	5.3%	1982	236.3%
2	1998	19.0%	1953	210.6%
3	1996	21.4%	1987	202.5%
4	1985	28.9%	1972	188.1%
5	1990	31.7%	1997	166.7%
6	2004	33.8%	2005	164.9%
7	2014	39.2%	1984	163.8%
8	2010	43.5%	2002	157.2%
9	1967	46.6%	1977	135.9%
10	2012	47.8%	1965	135.8%

Las series regionales nos han permitido evaluar la magnitud de eventos o periodos extremos en una perspectiva de largo plazo

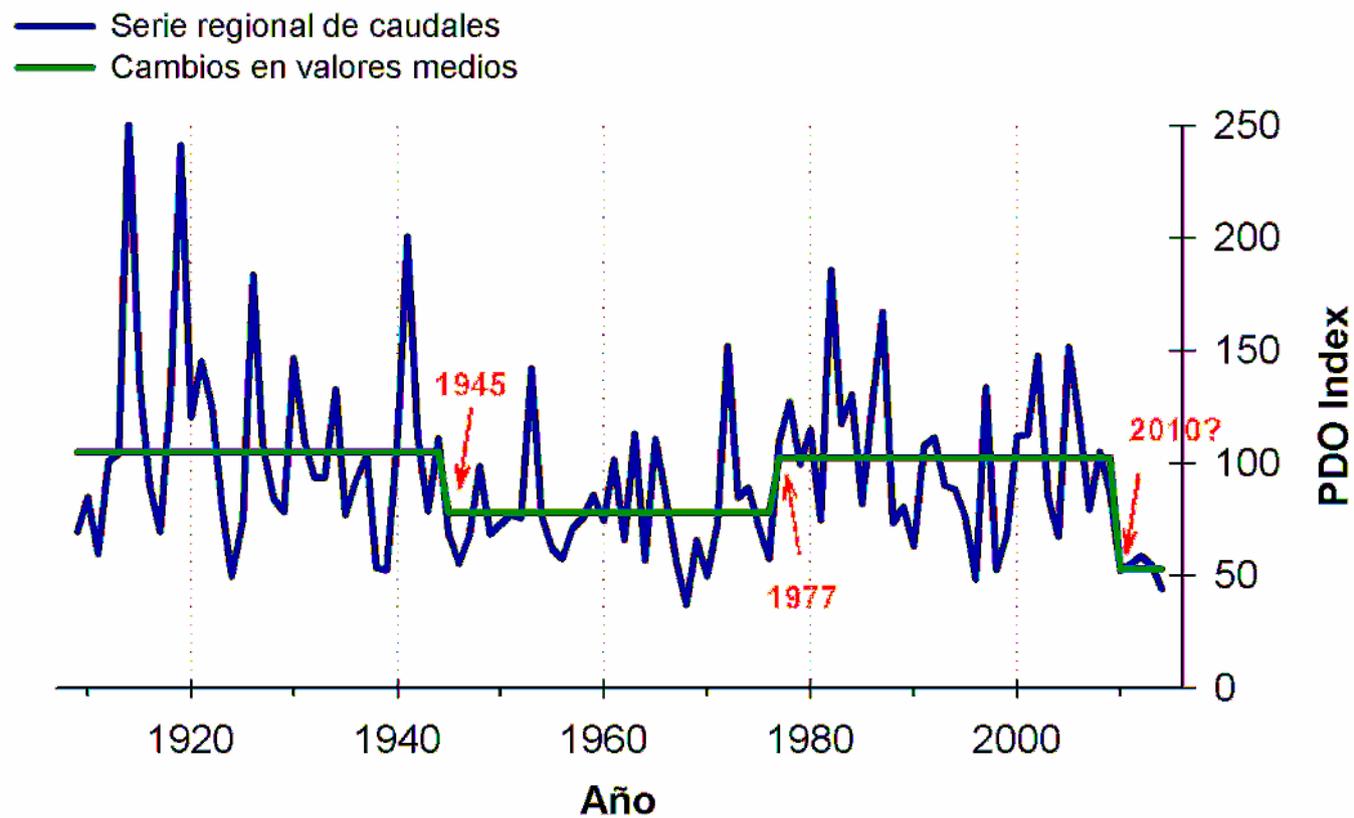


El periodo 2010-2014 fue el más seco desde al menos 1909



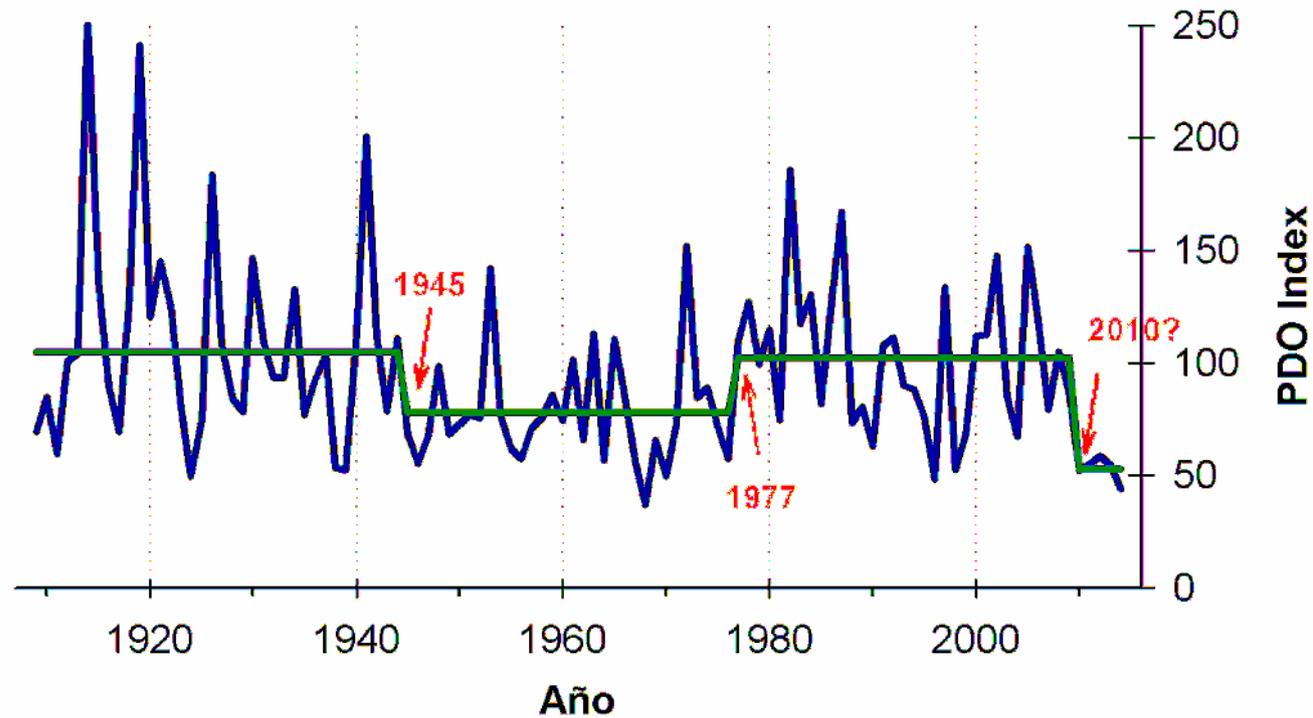
La nieve en 2015 fue algo superior pero aún continuamos por debajo de la media histórica

Cambios en regímenes medios y significancia estadística de ventanas móviles de 5-20 años en la serie regional de caudales anuales

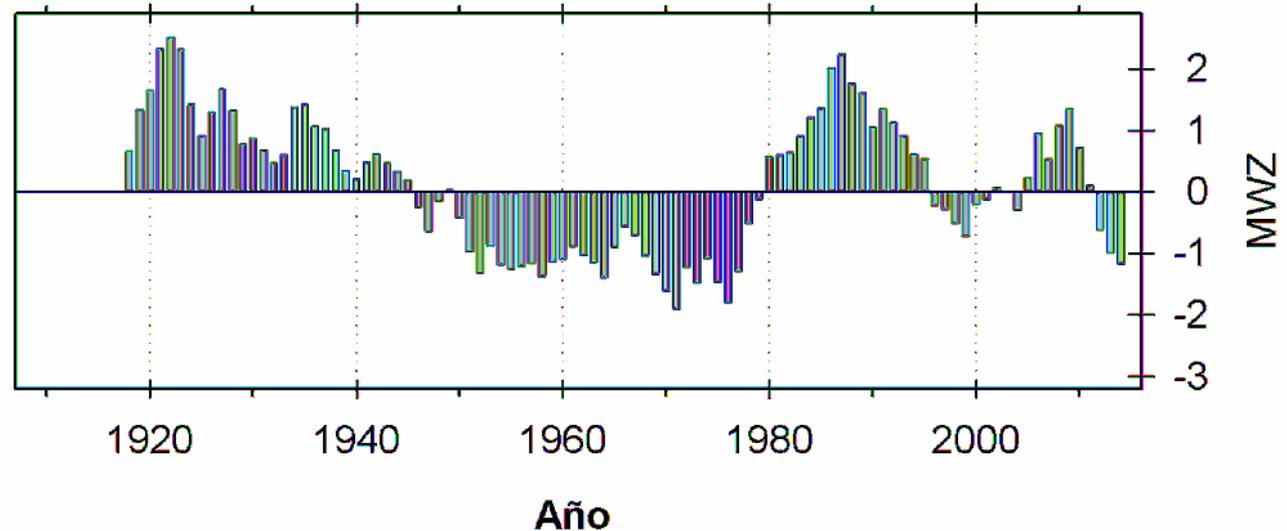


Cambios en regímenes medios y significancia estadística de ventanas móviles de 5-20 años en la serie regional de caudales anuales

— Serie regional de caudales
— Cambios en valores medios

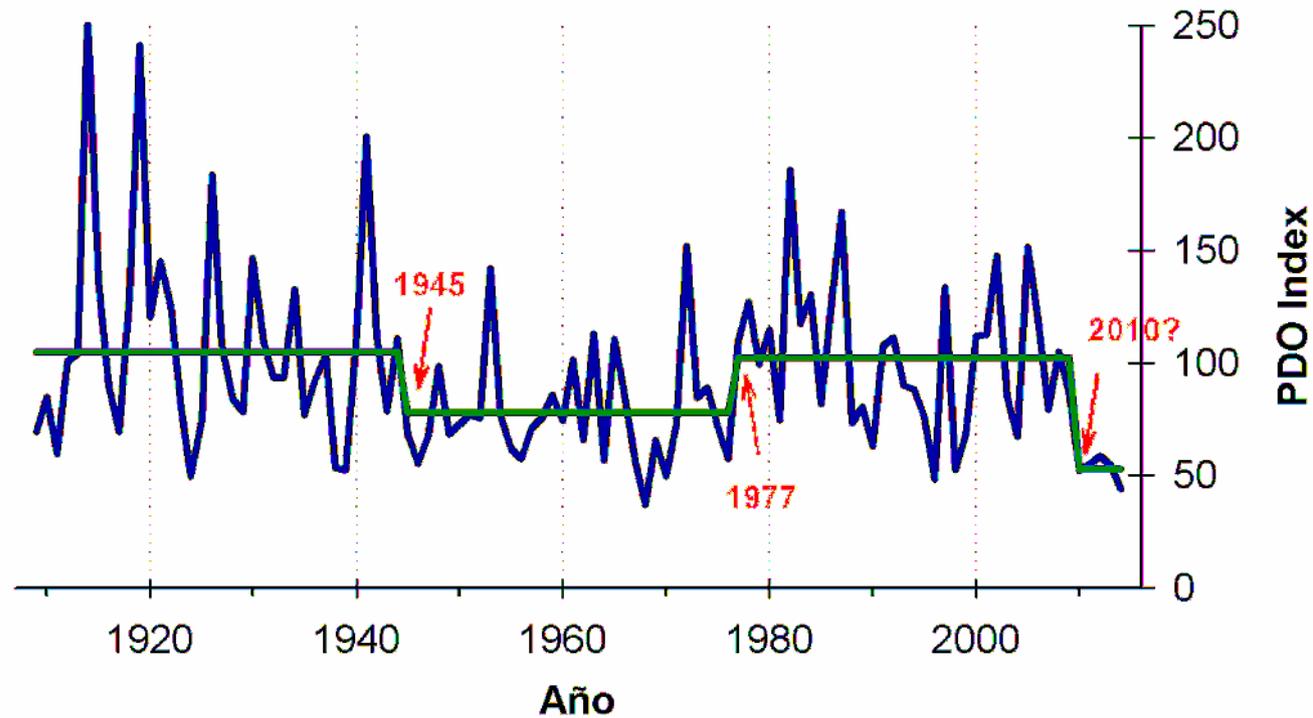


Ventanas de 10 años

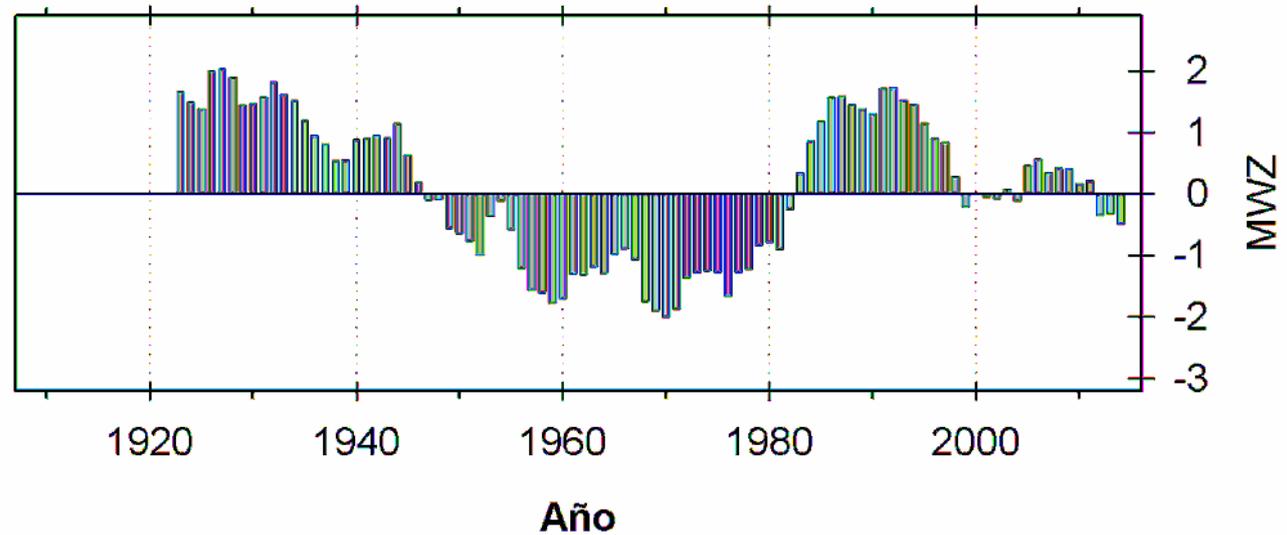


Cambios en regímenes medios y significancia estadística de ventanas móviles de 5-20 años en la serie regional de caudales anuales

— Serie regional de caudales
— Cambios en valores medios

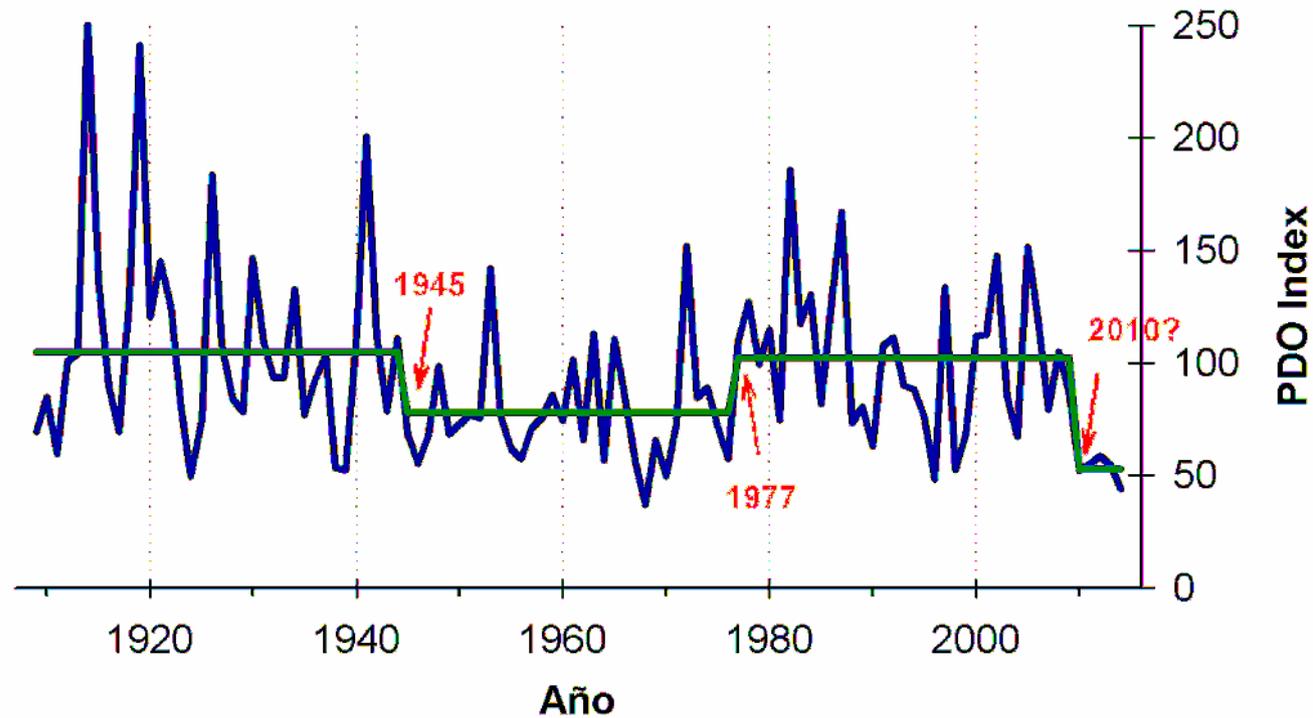


Ventanas de 15 años

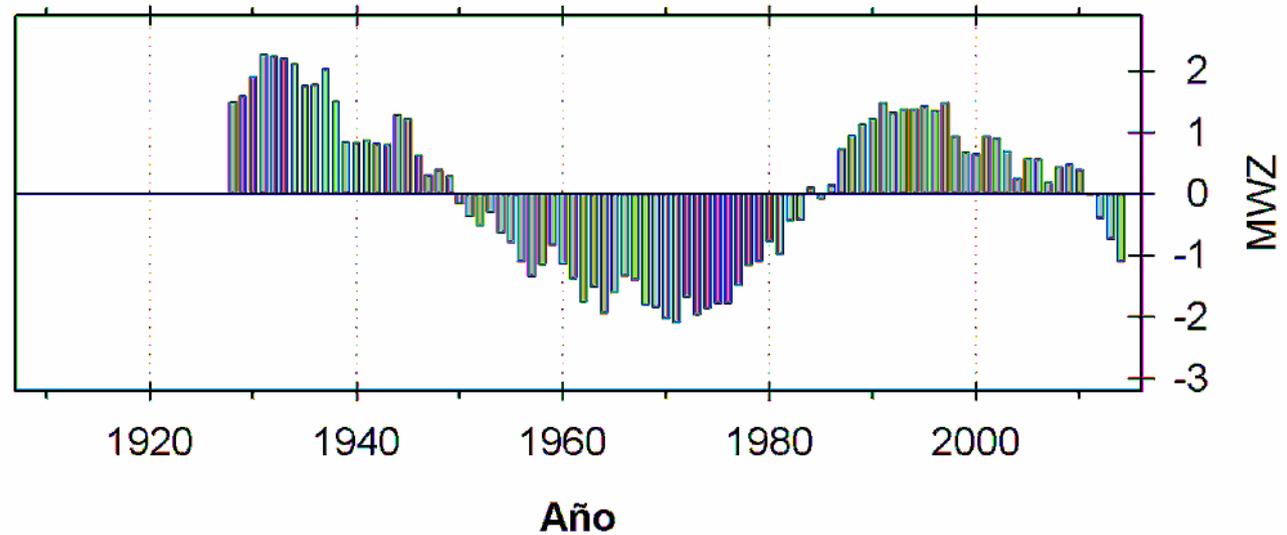


Cambios en regímenes medios y significancia estadística de ventanas móviles de 5-20 años en la serie regional de caudales anuales

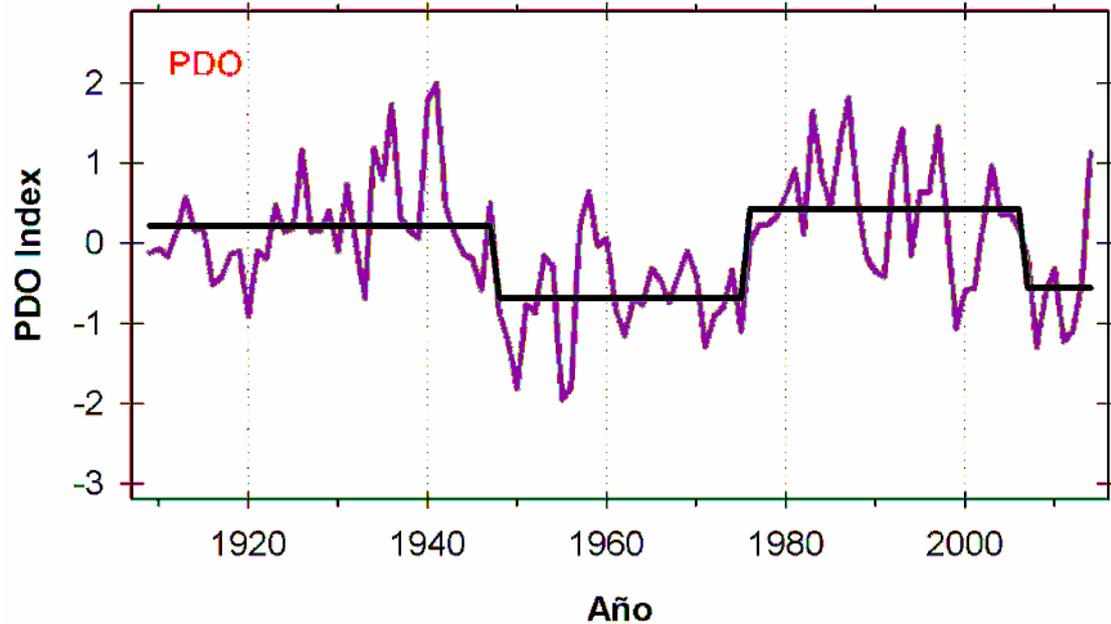
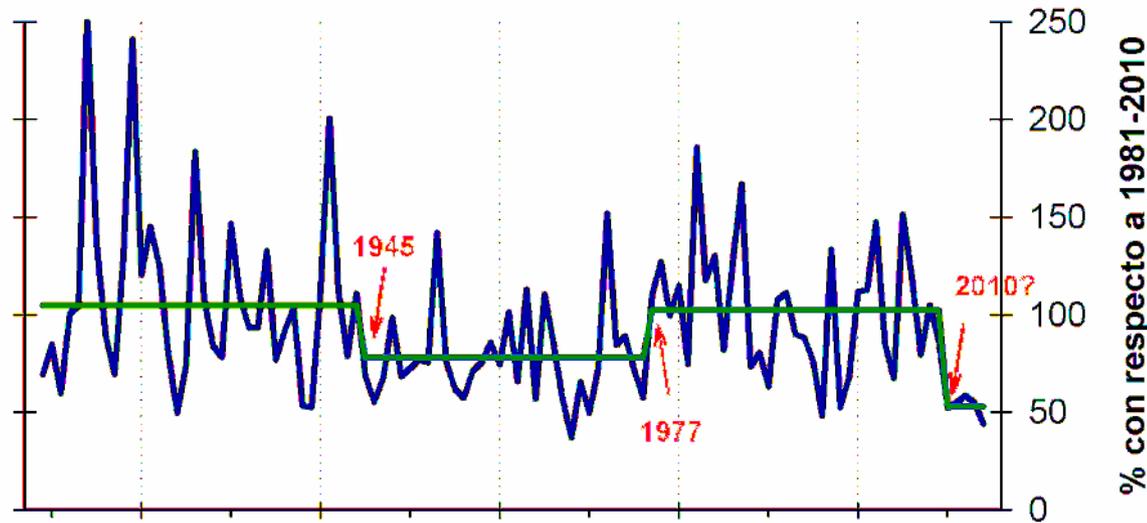
— Serie regional de caudales
— Cambios en valores medios



Ventanas de 20 años

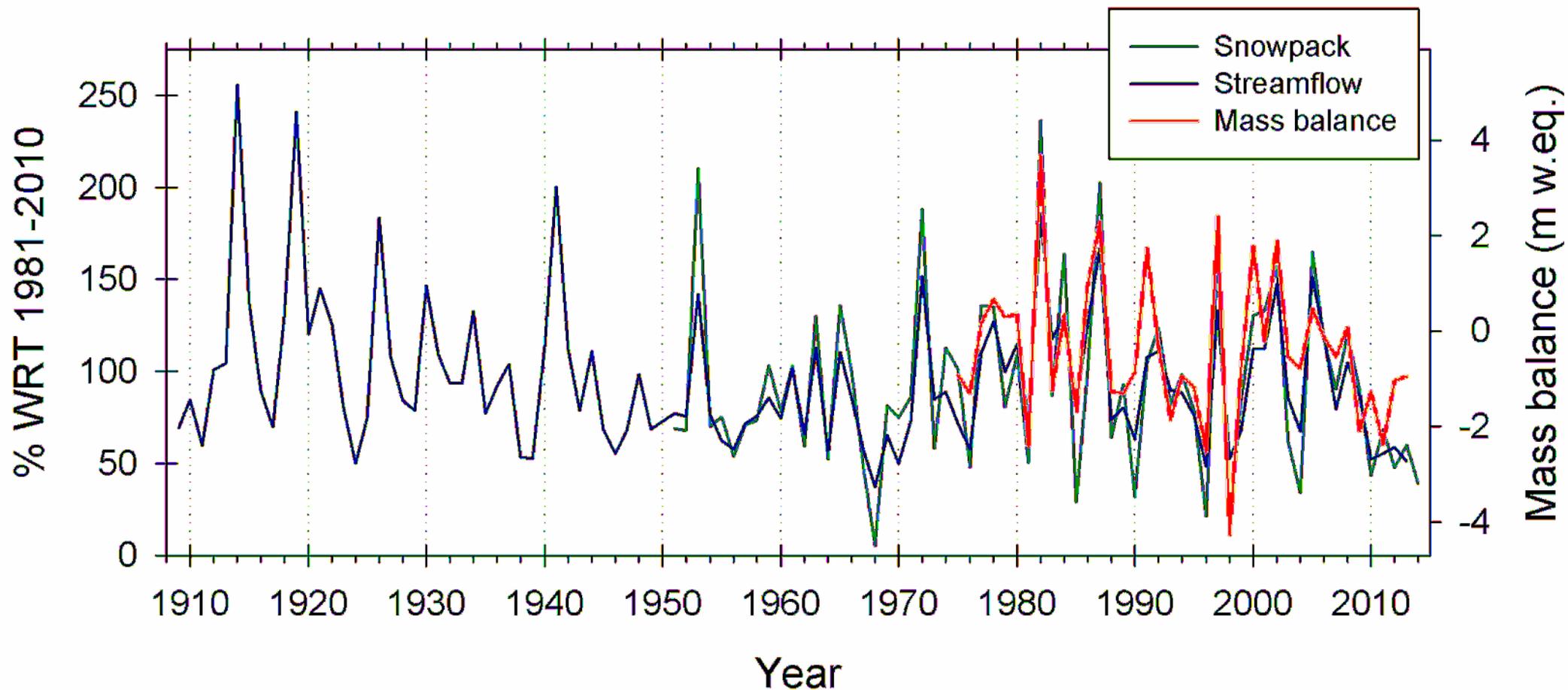


— Serie regional de caudales
— Cambios en valores medios

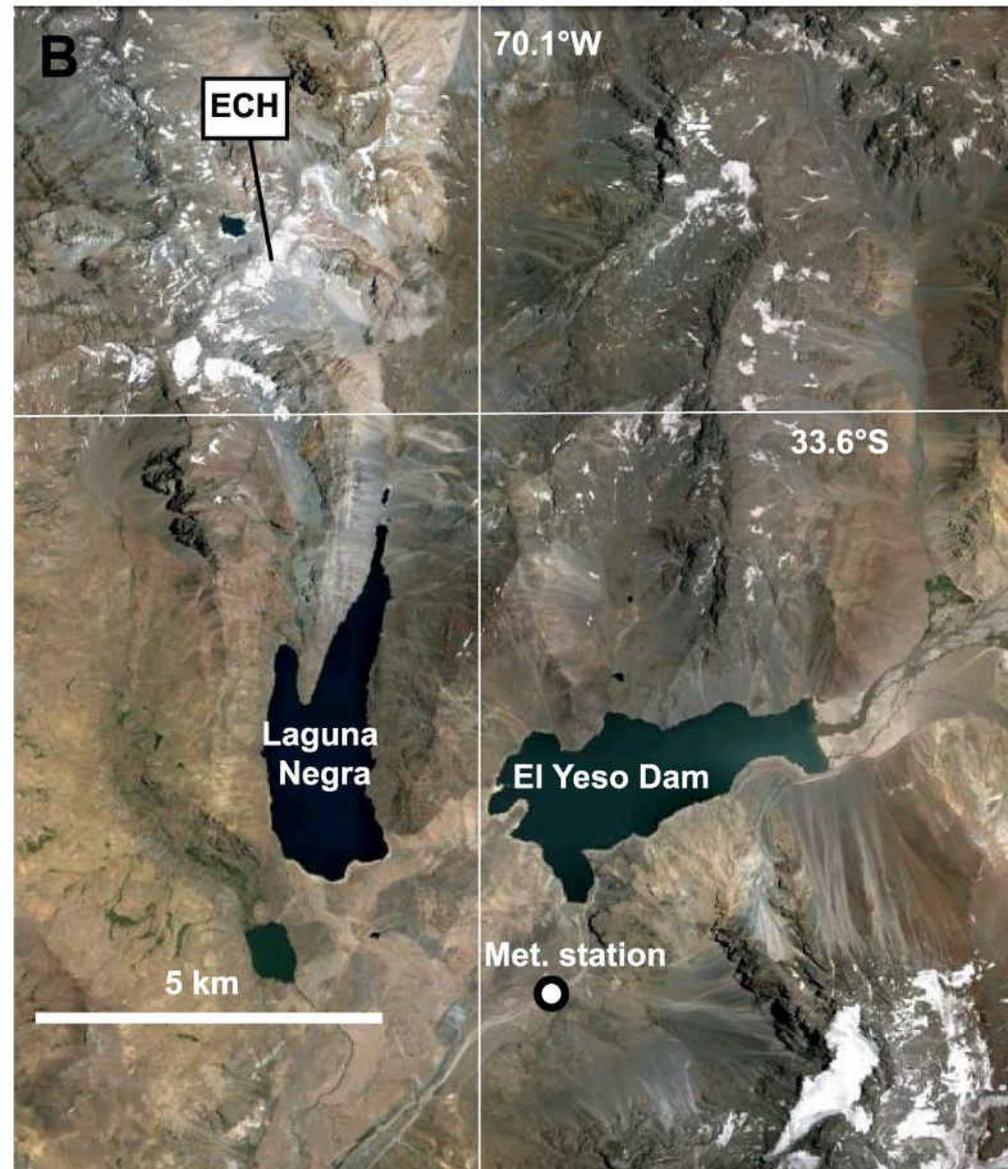
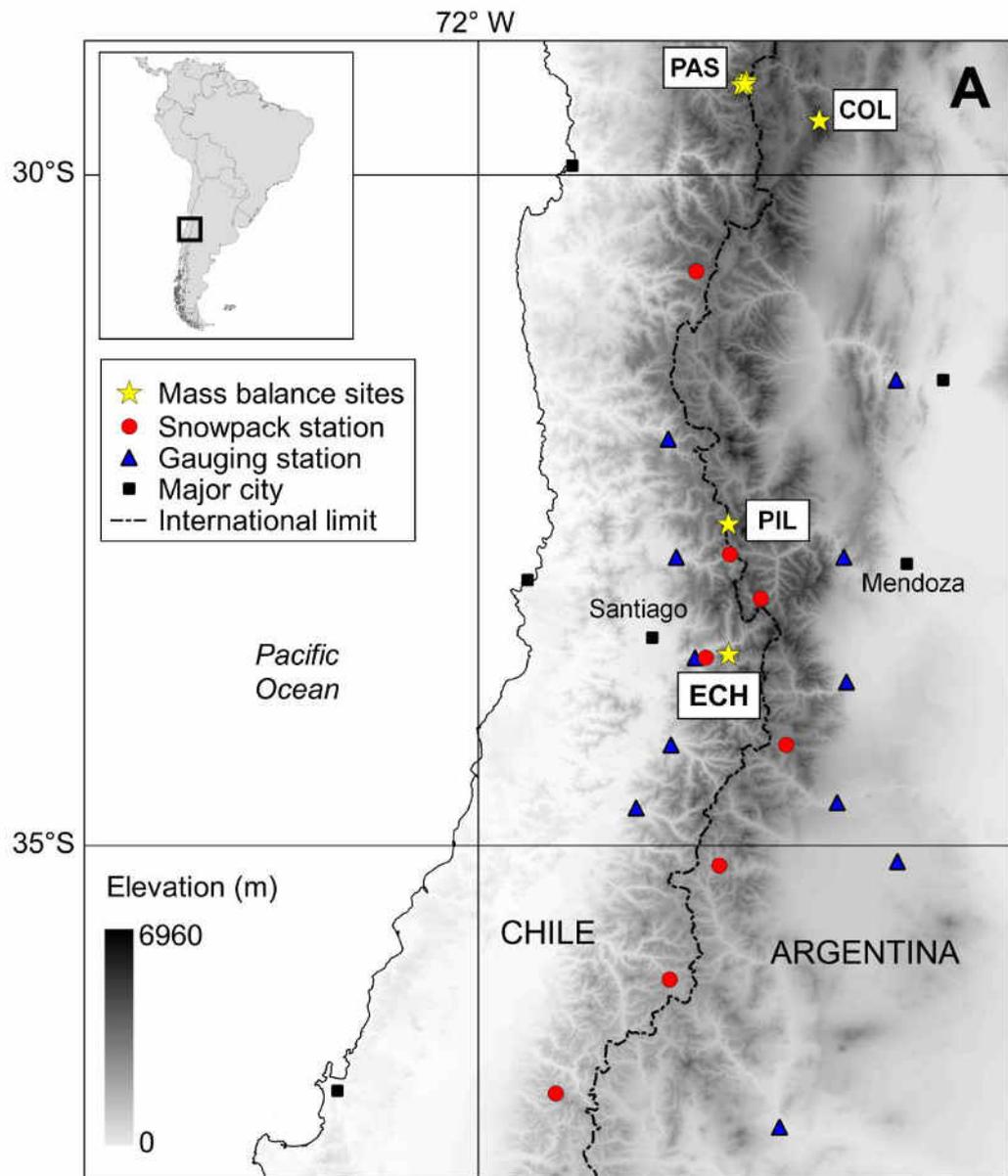


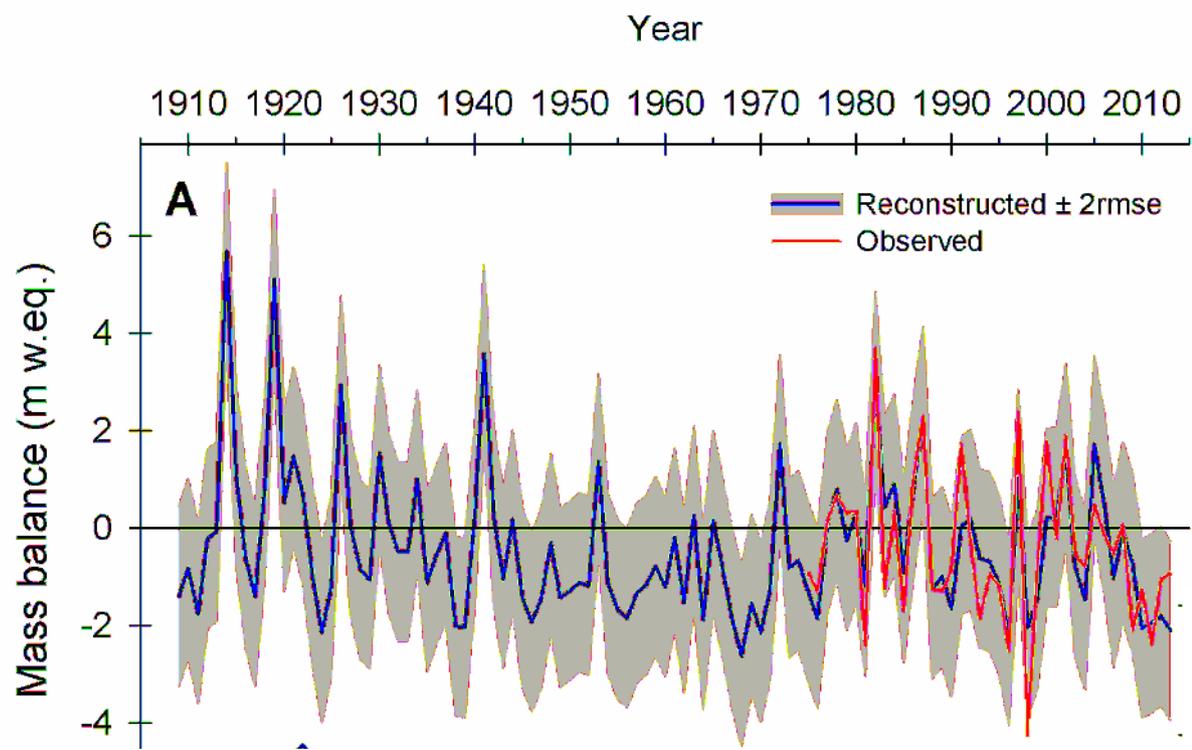
Estos cambios multi-decadales en la hidrología regional muestran similitud con las variaciones en el PDO y podrían estar asociadas a este forzante de gran escala

También observamos que en los Andes Centrales existe una alta correlación entre las series de **nieve**, **caudales** y **balance de masa** de los glaciares



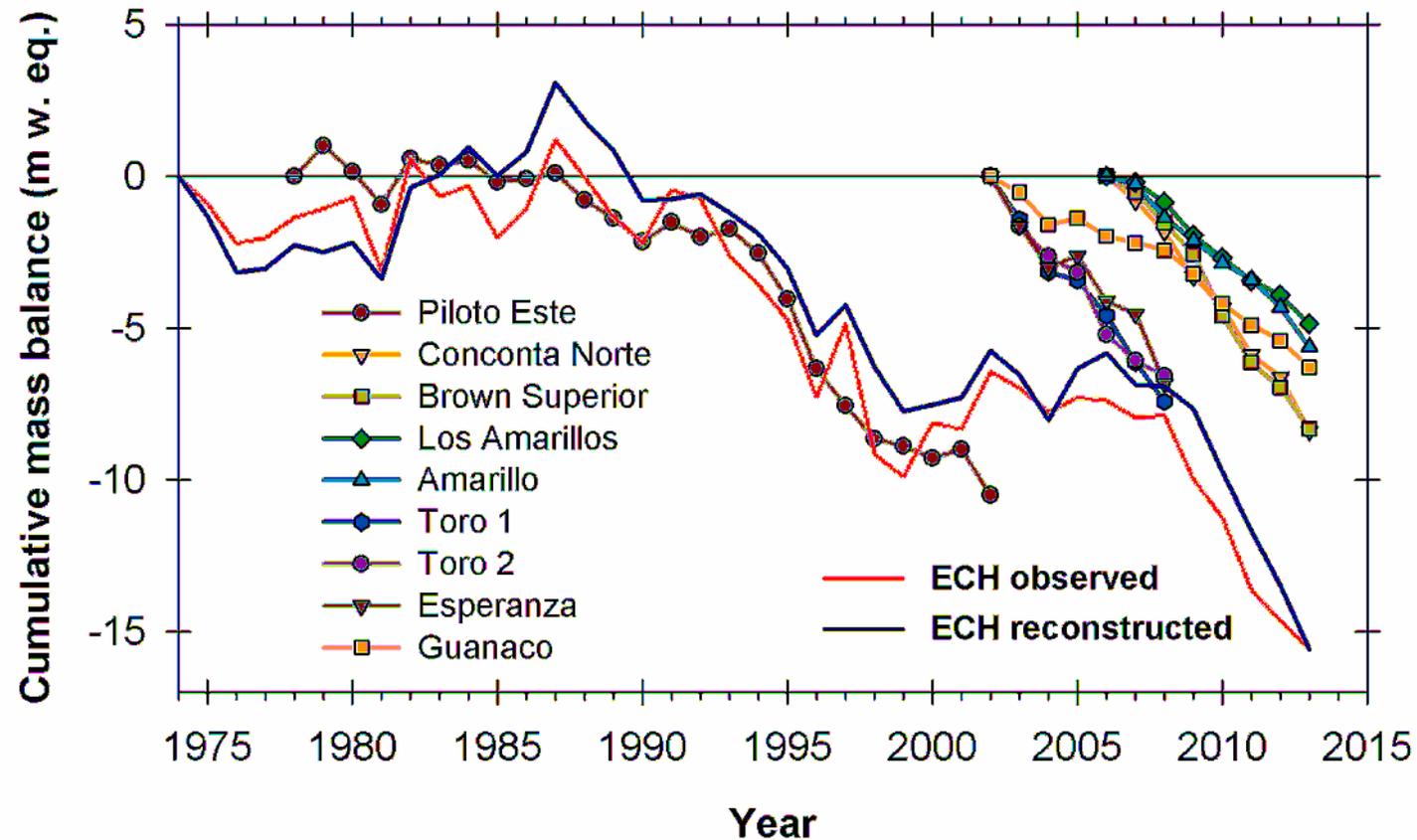
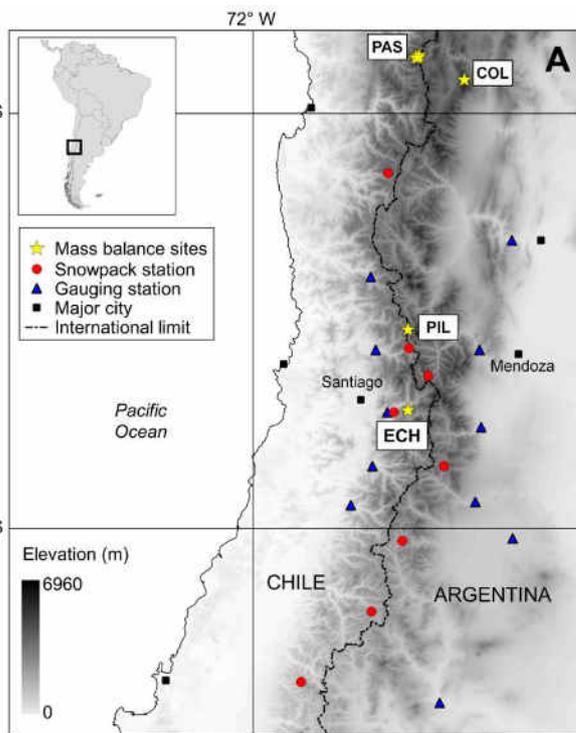
Estas similitudes nos han permitido reconstruir y extender la serie de balance de masa del glaciar Echaurren Norte (ECH, 1975-2013) durante los últimos 105 años



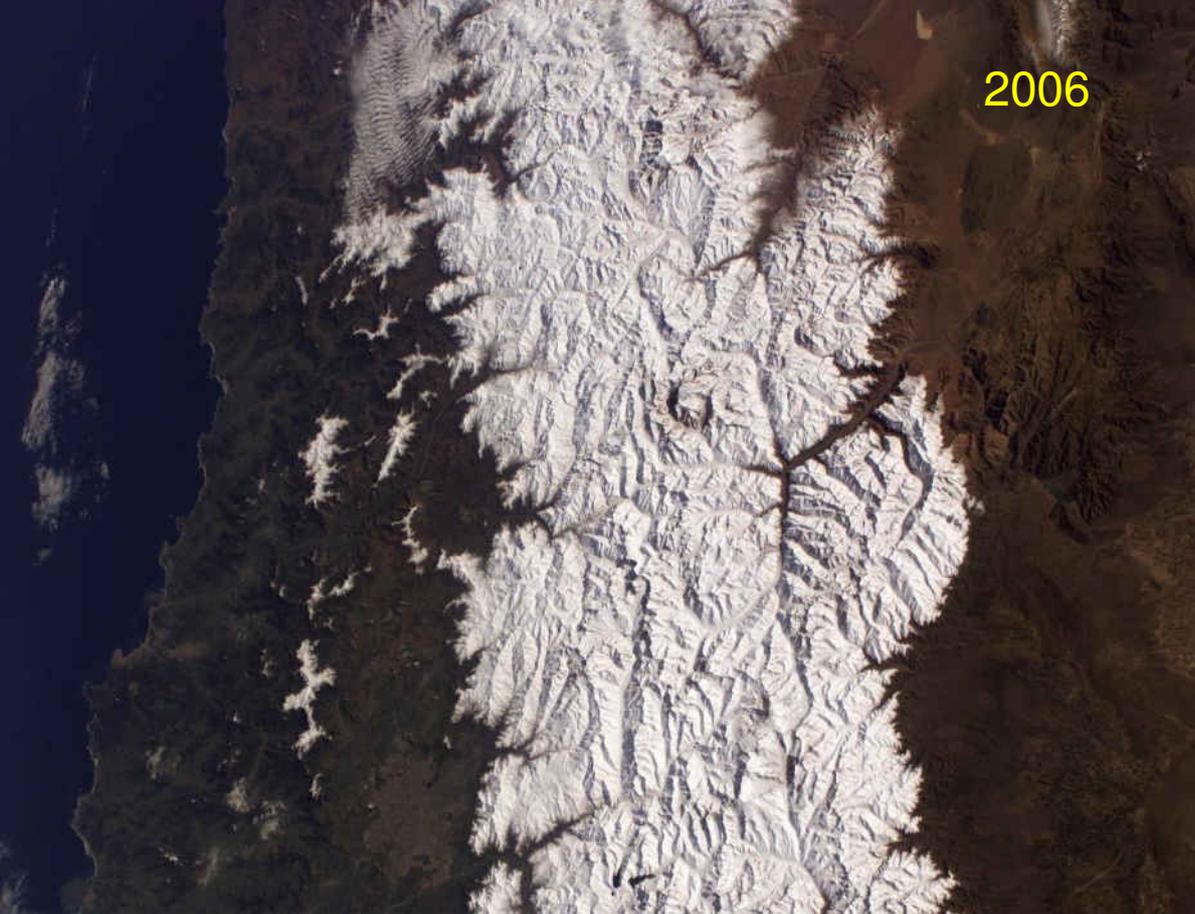


Reconstrucción de las variaciones anuales del balance de masa del glaciar Echaurren Norte (1909-2013)

La retracción del Echaurren coincide con el patrón de retroceso de glaciares observado a lo largo de los Andes



Comparación de todas las series de balance de masa existentes en los Andes entre los 29° y 34°S



2006

La información provista por sensores remotos permite analizar en mayor detalle los patrones temporales y espaciales de la nieve en cordillera

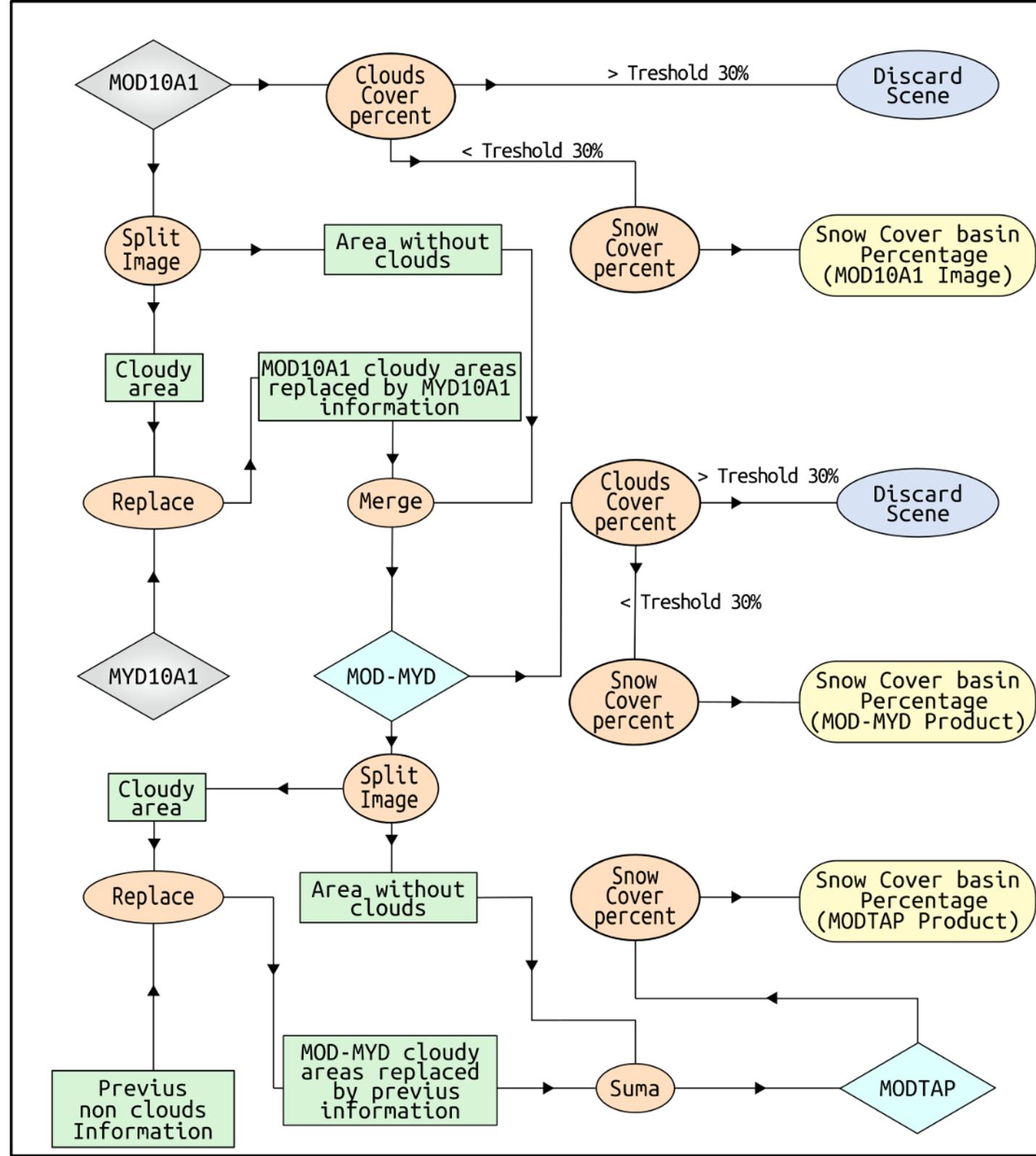
Los sensores MODIS a bordo de los satélites Aqua y Terra cuentan con información diaria de cobertura de nieve y nubes para los últimos 15 años.



2014

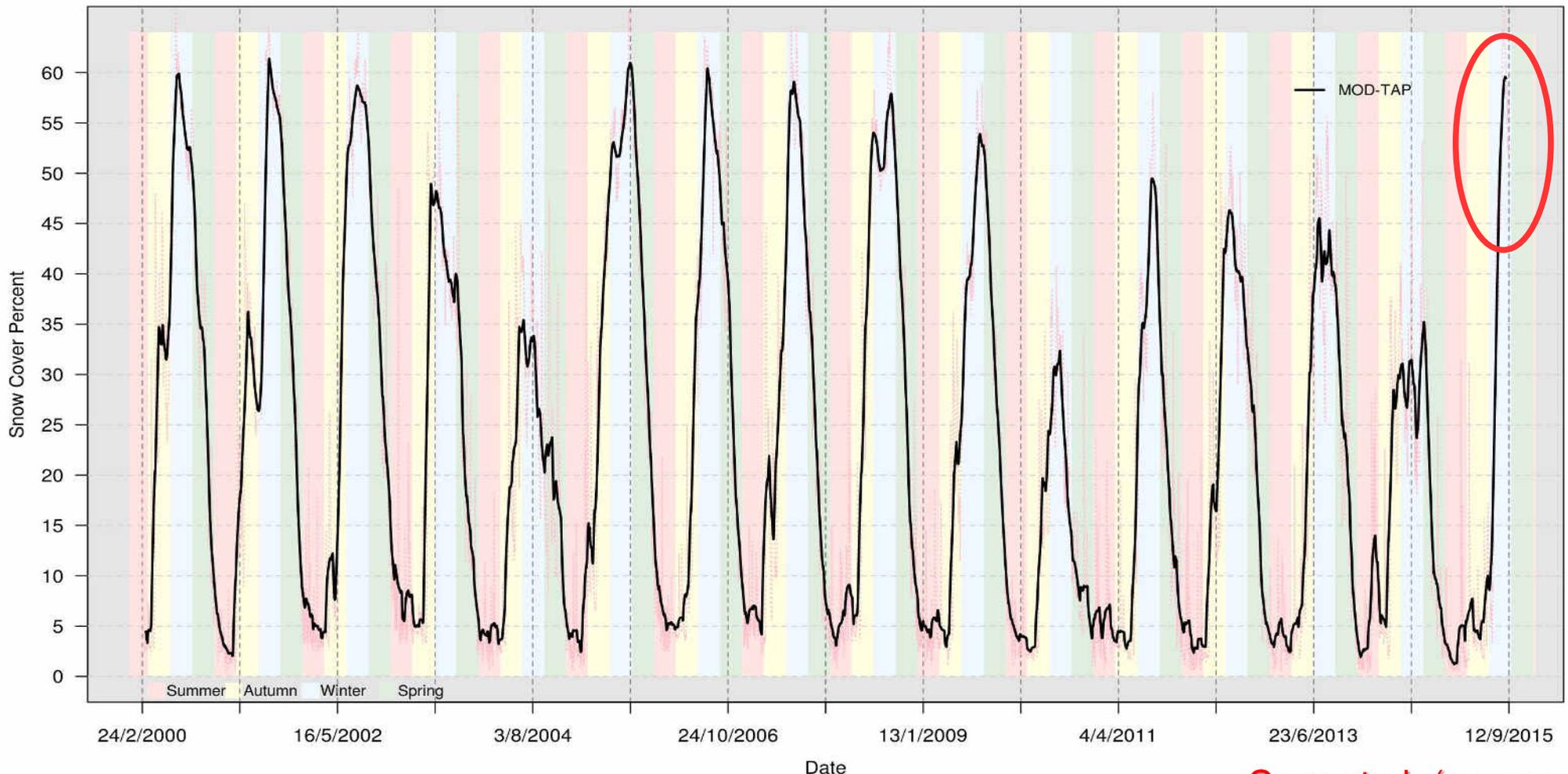
Modelo de procesamiento de imágenes MODIS para obtener series completas de cobertura de nieve

- El procesamiento comienza a partir de las imágenes MOD10A1.
- En color gris se encuentran las imágenes utilizadas como información de entrada
- En color naranja se encuentran los procesos o funciones generados
- En color celeste se muestran los nuevos productos generados
- Las viñetas de color amarillo representan las Series Temporales de cobertura nival obtenidas de las imágenes MOD10A1 y los dos productos generados (MODMYD & MODTAP)
- Las viñetas de color verde corresponden a subproductos o pasos intermedios.

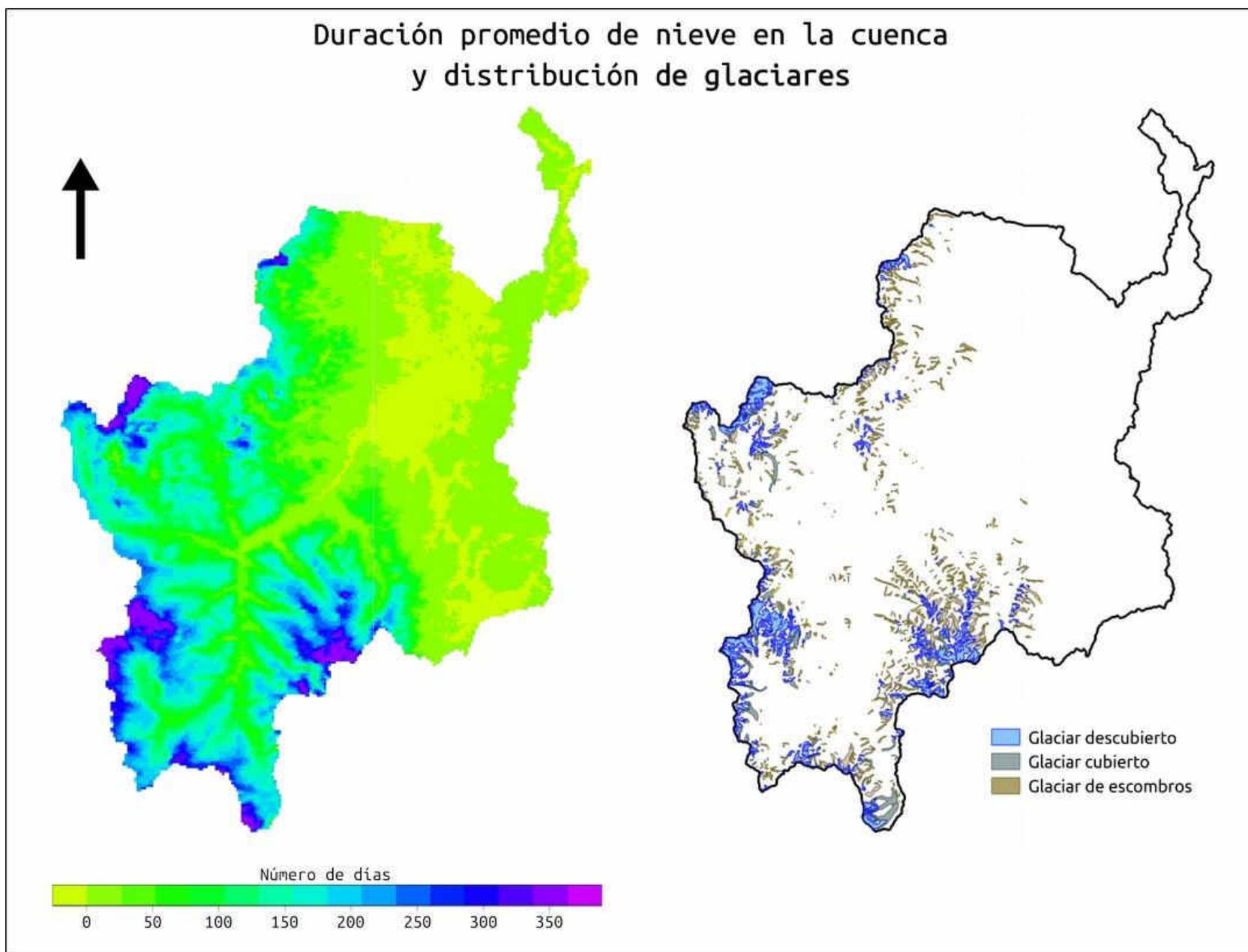


Porcentaje de cobertura nival diario (2000-2015) en la cuenca del río Mendoza

- Se observa claramente el ciclo anual
- Existe una gran diferencia de cobertura nival entre años secos y años nevadores
- Se observa un decaimiento de la cobertura nival entre 2010 y 2014
- La cobertura en el invierno 2015 casi alcanzó los valores máximos del periodo

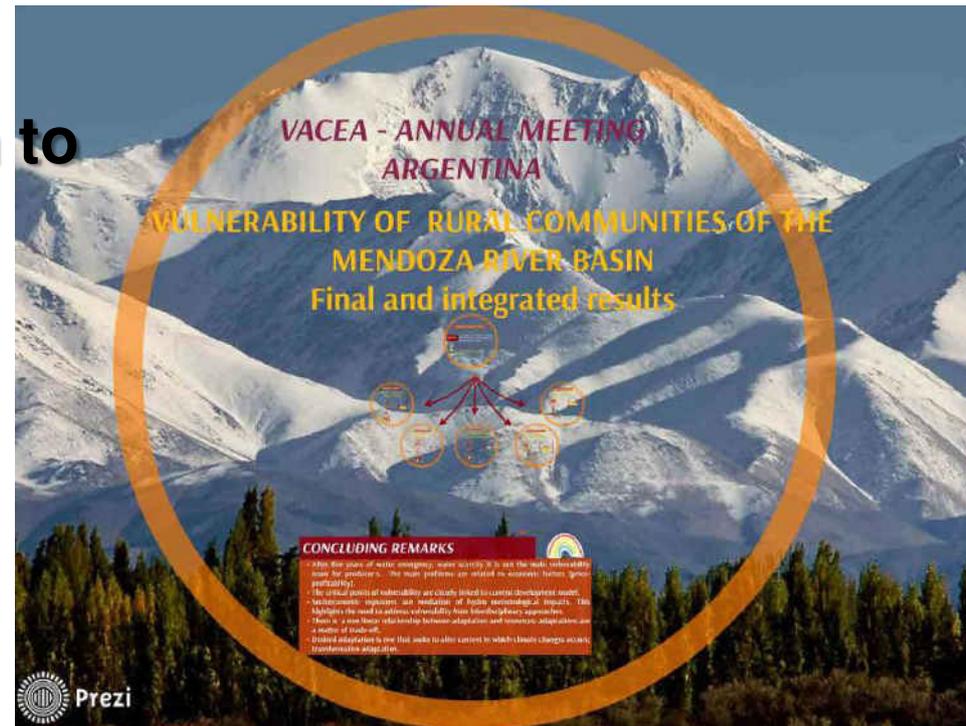


Los sectores con mayor frecuencia de nieve coinciden muy bien con la ubicación de los glaciares en la cuenca



Distribución espacial de glaciares provista por el Inventario Nacional de Glaciares (IANIGLA-ING 2012)

VACEA Project: “Vulnerability and Adaptation to Climate Extremes in the Americas”



Última reflexión

Después de 5 años de crisis hídrica, la falta de agua aún no es el principal problema con respecto a la vulnerabilidad de los productores agrícolas de la cuenca del río Mendoza

Otros factores, principalmente asociados a variables económicas, son considerados más relevantes y urgentes en esta región

¡Muchas gracias!



Resumen I

La gestión del agua en Mendoza está a cargo del DGI

Se rige en base a una Ley de Aguas de 1884 pionera a nivel nacional

El derecho de riego de una propiedad es inherente a la tierra



Resumen II

La integración de datos de estaciones de Chile y Argentina ha permitido obtener series regionales confiables y representativas de nieve y caudales para los Andes Centrales

Las series muestran fuertes similitudes que resaltan una clara señal regional y la excelente calidad de los datos originales

La información provista por sensores remotos puede resultar un excelente complemento para profundizar análisis espaciales y temporales de las variaciones recientes de la nieve en los Andes

Conclusiones II

Los resultados proveen información detallada y actualizada que puede ser de utilidad para:

- contribuir al conocimiento integral del ciclo hidrológico andino
- modelos hidrológicos y climáticos
- reconstrucciones paleo-climáticas
- manejo sustentable de los recursos hídricos en los Andes semiáridos de Chile y Argentina

Conclusiones II

Los resultados proveen información detallada y actualizada que puede ser de utilidad para:

- contribuir al conocimiento integral del ciclo hidrológico andino
- modelos hidrológicos y climáticos
- reconstrucciones paleo-climáticas
- manejo sustentable de los recursos hídricos en los Andes semiáridos de Chile y Argentina

Lista de años extremos (10 años más secos y más caudalosos) en los Andes Centrales, 1909-2014

Ranking	Más secos		Más caudalosos	
1	1968	37.2%	1914	255.8%
2	2014	44.3%	1919	241.0%
3	1996	48.4%	1941	200.4%
4	1924	49.8%	1982	185.8%
5	1970	49.9%	1926	183.6%
6	2010	52.2%	1987	166.8%
7	1939	52.6%	1972	151.7%
8	1998	52.8%	2005	151.4%
9	1938	53.3%	2002	147.4%
10	2013	54.9%	1930	146.6%

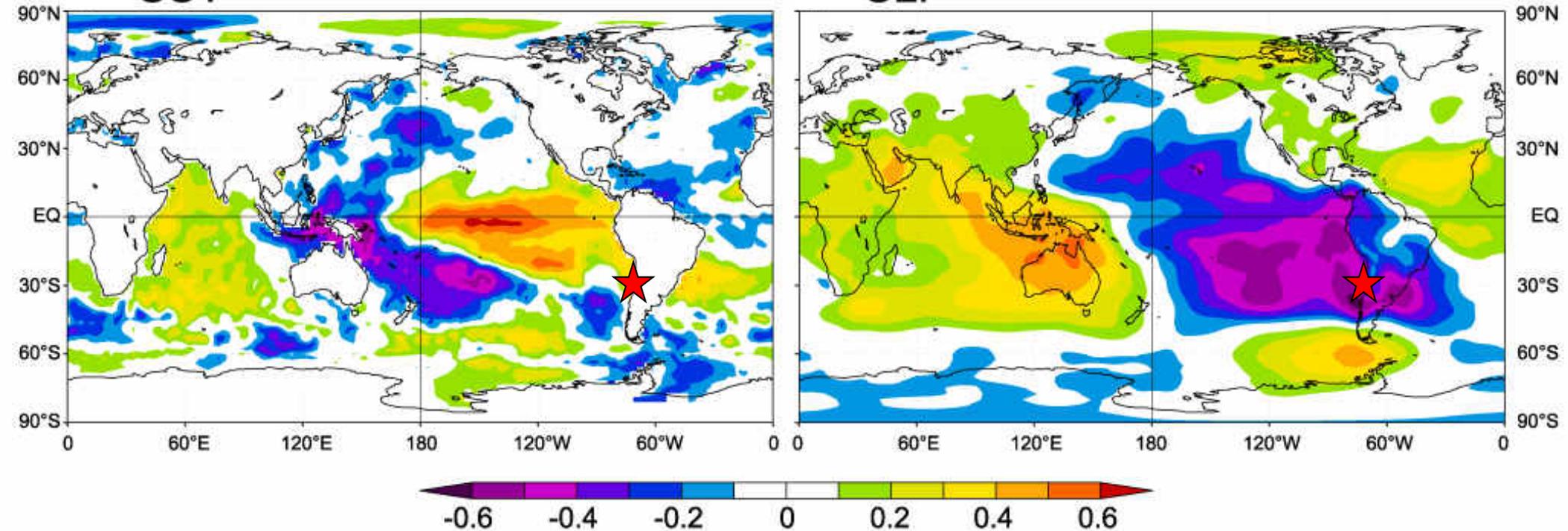
Comparison with large-scale atmospheric variables show a strong ENSO-related component in the inter-annual hydrologic variability of this region

Correlations between regional snowpack record and mid-winter (Jun-Sep) SSTs and SLPs

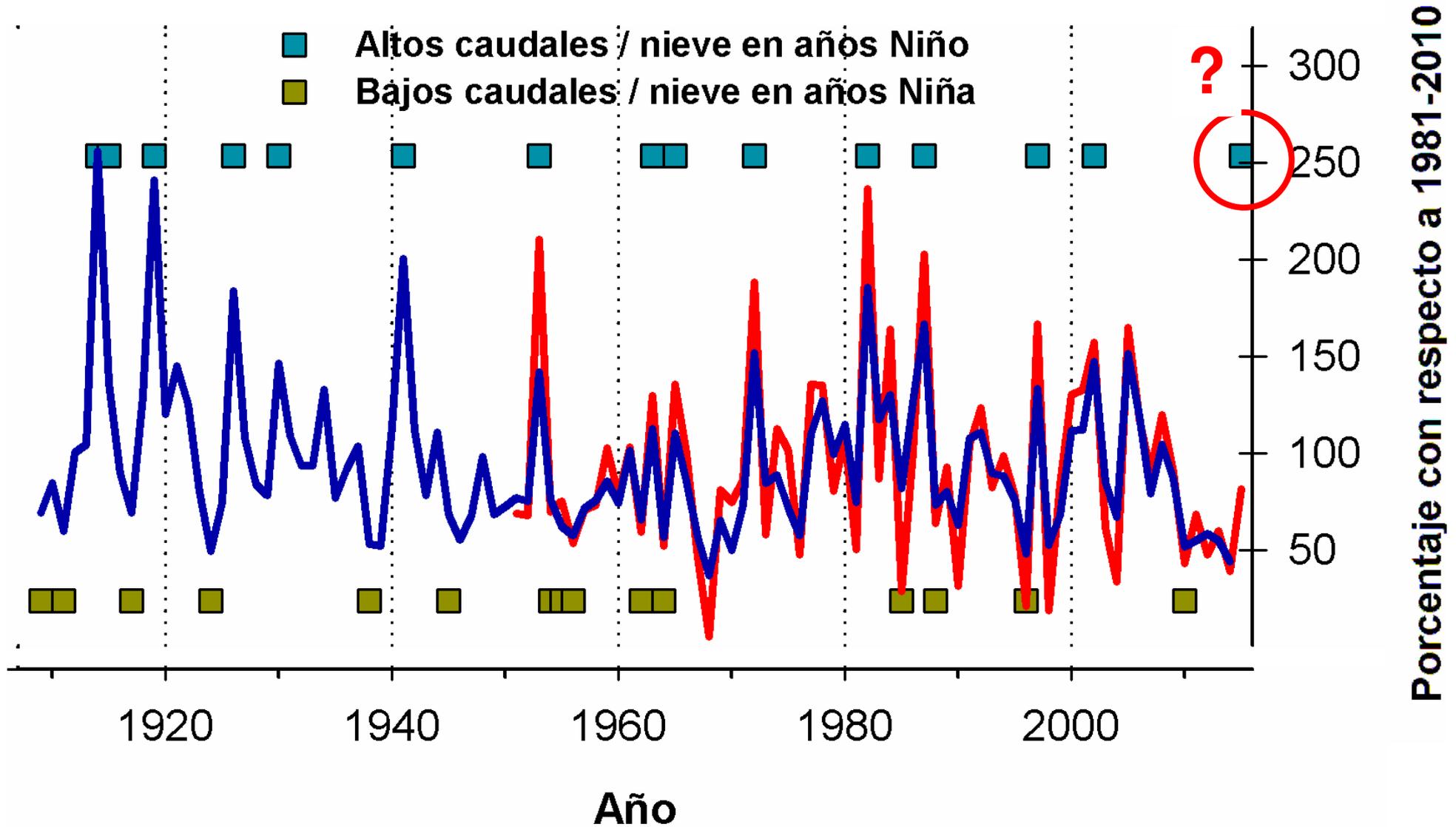
Current June - September (mid winter)

SST

SLP

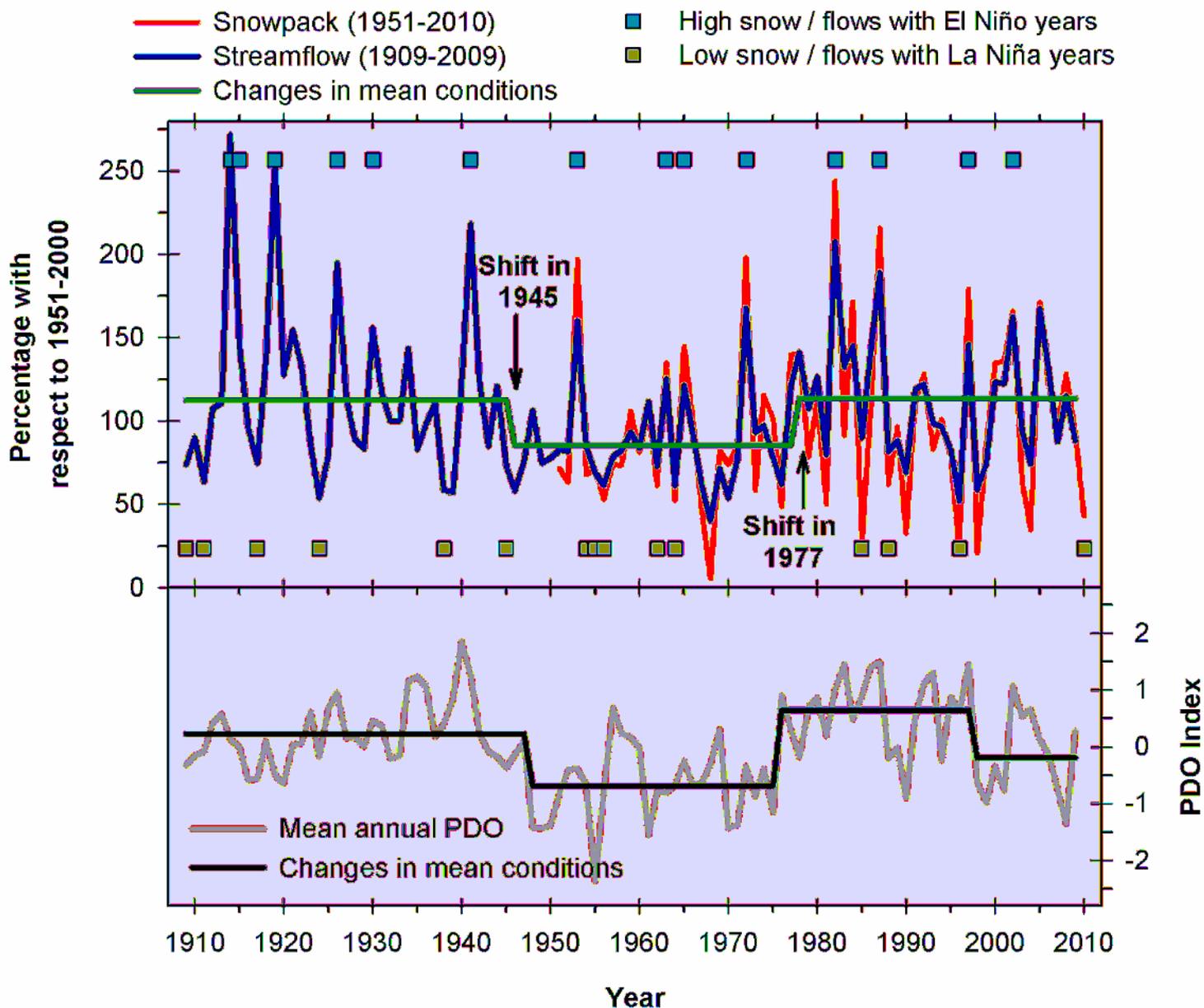


Relación nieve – caudales y ENSO



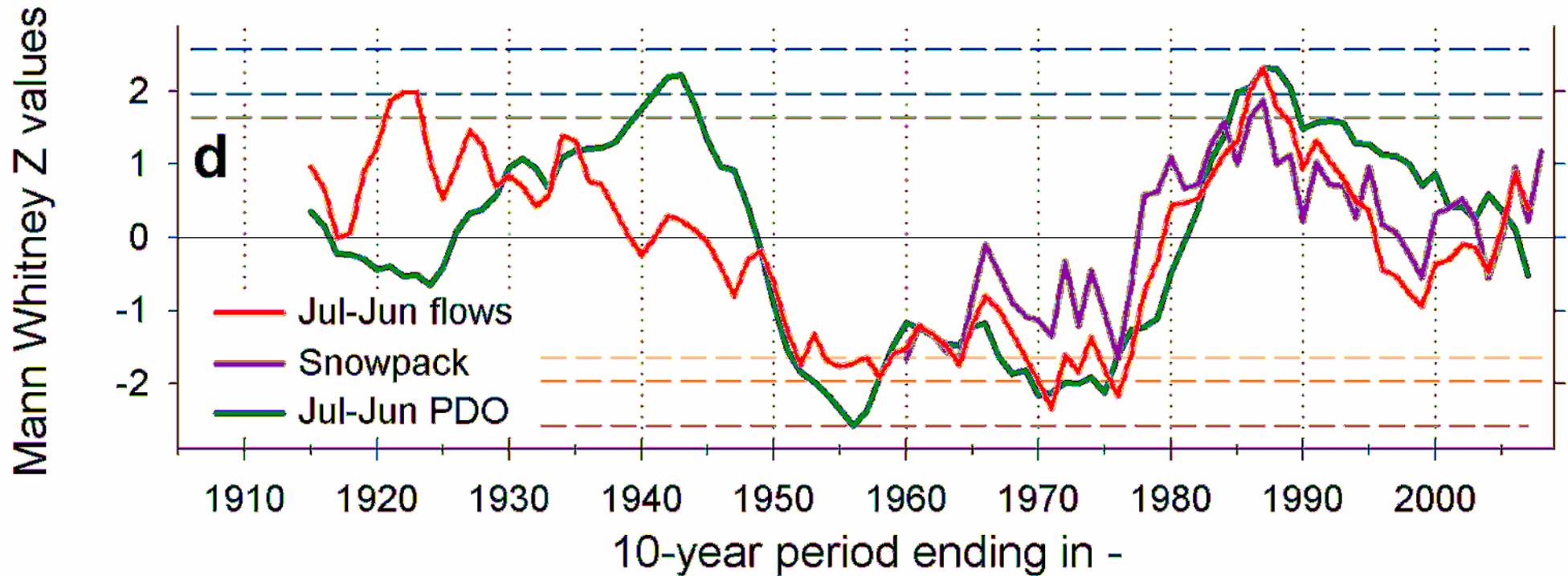
Nieve en Cordillera, El Niño, y el PDO

Generalmente los años nevadores (secos) coinciden con eventos El Niño (La Niña) en los Andes



Y las variaciones multidecadales parecerían estar moduladas por el PDO (Pacific Decadal Oscillation)

Regime shift events in 1945 and 1977 coincide almost exactly with well-known shifts in the Pacific Decadal Oscillation (PDO)



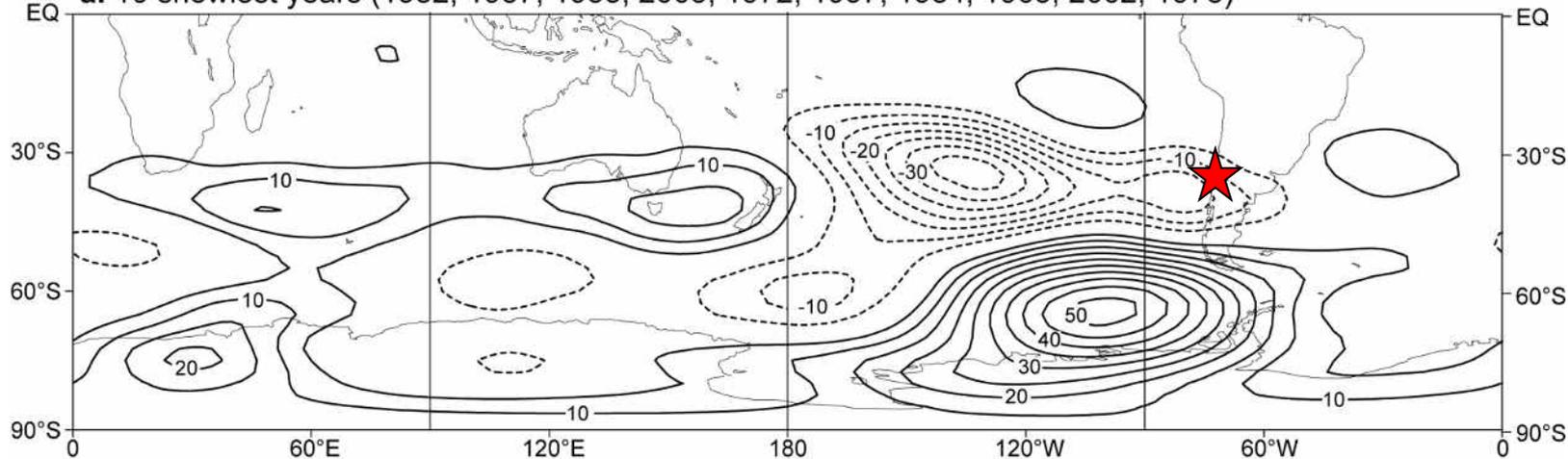
PDO appears to be influencing the low frequency modes of hydroclimatic variability in the study area

Snowpack variations are also influenced by conditions in the Amundsen-Bellingshausen Seas

Average 500-hPa geopotential height anomalies for the **10 snowiest and driest years** (1951-2005)

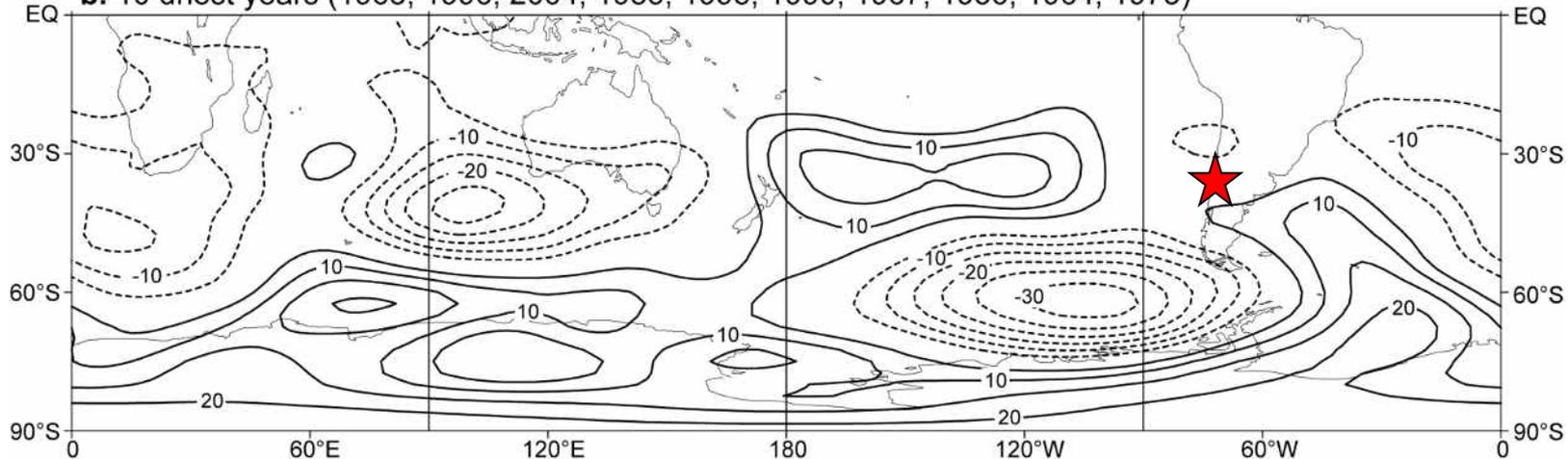
June-September 500-hPa geopotential height composite anomalies (m)

a. 10 snowiest years (1982, 1987, 1953, 2005, 1972, 1997, 1984, 1965, 2002, 1978)



**10 snowiest
years**

b. 10 driest years (1968, 1996, 2004, 1985, 1998, 1990, 1967, 1956, 1964, 1973)



**10 driest
years**

El “balance de masa” es el cambio de masa de un glaciar a lo largo de un periodo de tiempo

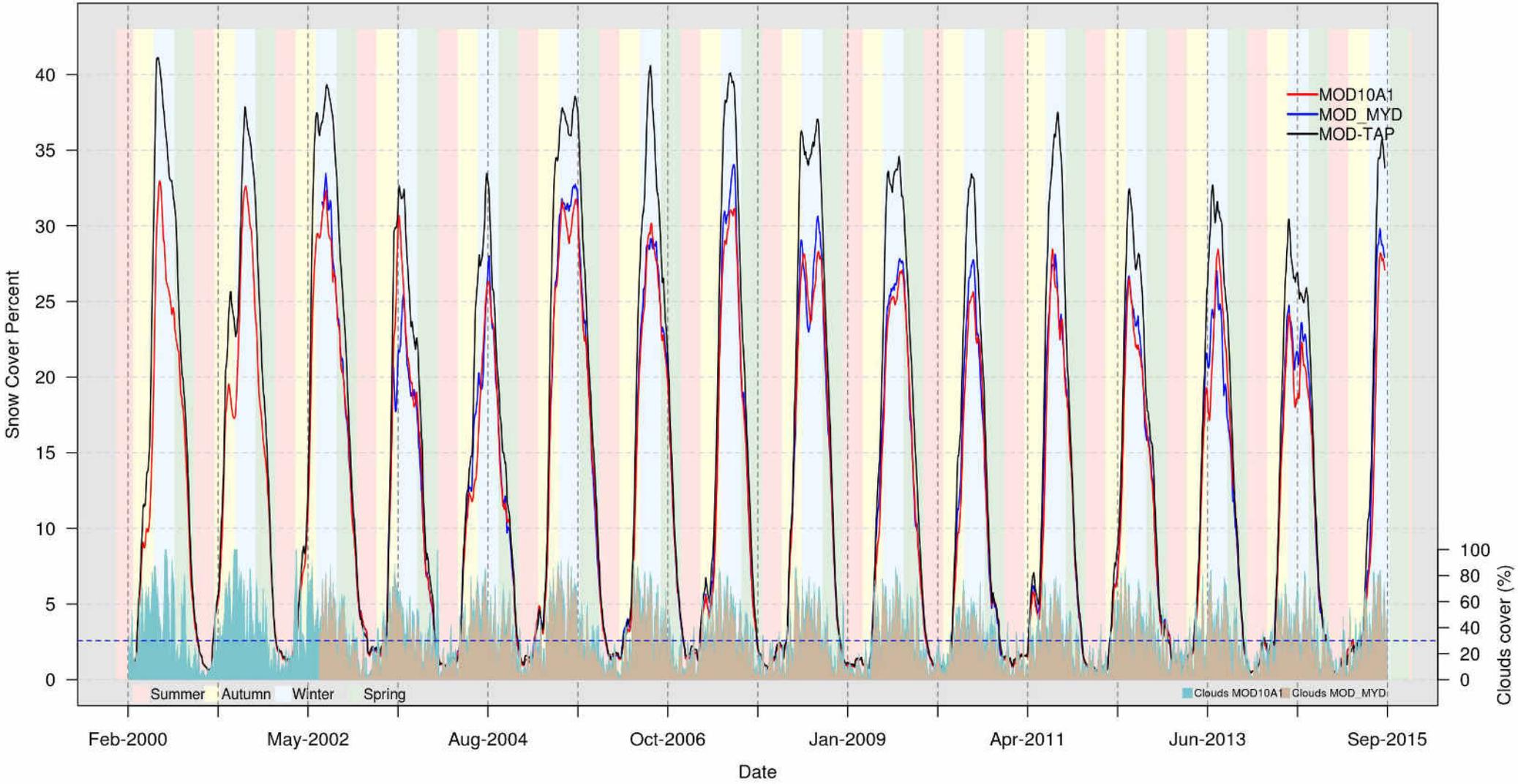
Diferencia entre *Acumulación* y *Ablación* a lo largo de un año

Acumulación: Todos los procesos que suman masa a un glaciar (nieve, avalanchas, etc)

Ablación: Todos los procesos que reducen la masa de un glaciar (derretimiento, sublimación, desprendimiento de témpanos, etc)

Importancia

- Mediciones directas de balance de masa proveen información crucial para entender los procesos climáticos que controlan los avances y retrocesos del glaciar
- Esta información es también muy importante para definir la significancia hidrológica de los glaciares en una cuenca o región determinada
- Datos de glaciares de referencia pueden usarse para estimar el comportamiento de otros glaciares en la misma región



Conclusions II

- Two significant regime shifts in 1945 (-) and 1977 (+) were identified that mark the transition between three well defined low frequency modes of variability
- The highest concentration of extreme dry (wet) conditions occurred between 1954 and 1971 (1977 and 1987)
- In addition to ENSO, PDO may be influencing decadal hydrological patterns in this region
- The last five winters (2010-2014) constitute the driest period since regular snowpack measurements started in the central Andes in 1951.