

El invierno altiplánico...cuando llueve, diluvia!

+predicciones de precipitación en la zona central para este año



René D. Garreaud
DGF-UCh + CR2.0
Abril 2026

Imágenes de San Pedro de Atacama 2023
Gentileza Radio Biobío

Situación actual: **Cambio de mando en el Pacífico Tropical**

Summary

ENSO Alert System Status: **La Niña Advisory** / **El Niño Watch**

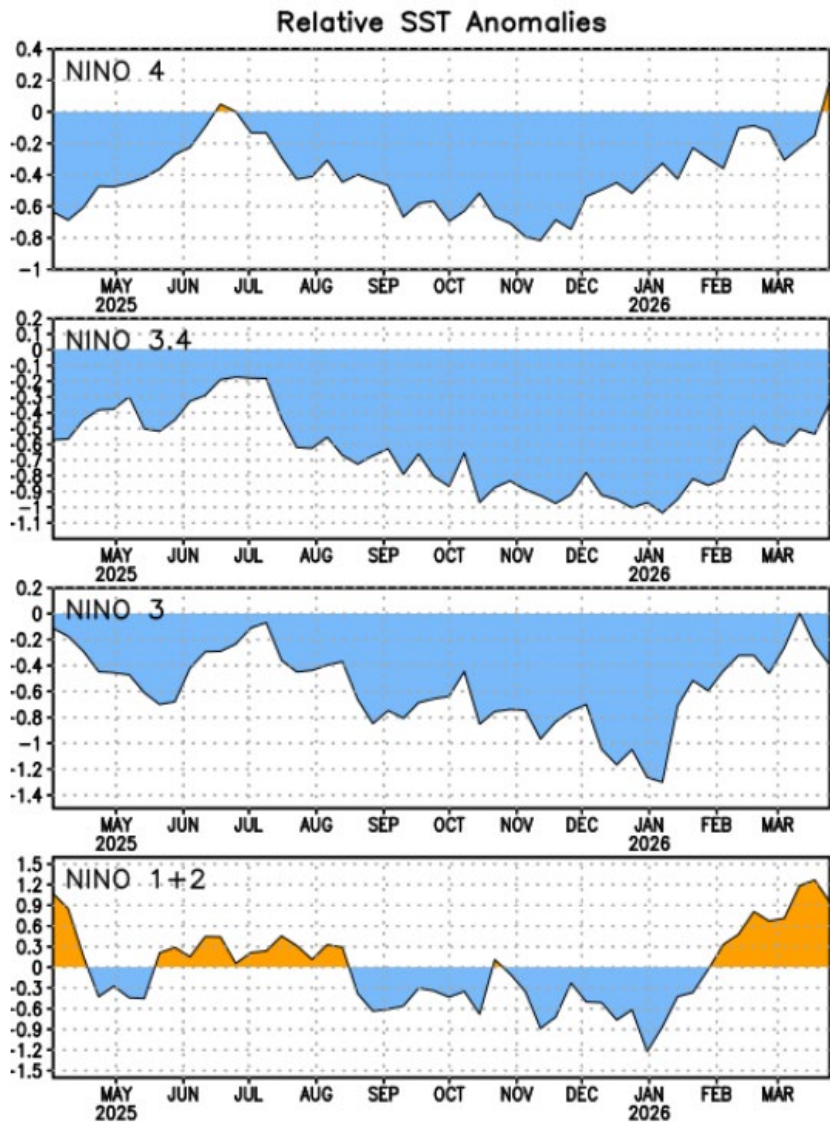
La Niña is present.*

Equatorial sea surface temperatures (SSTs) are near-to-below-average in the east-central Pacific Ocean.

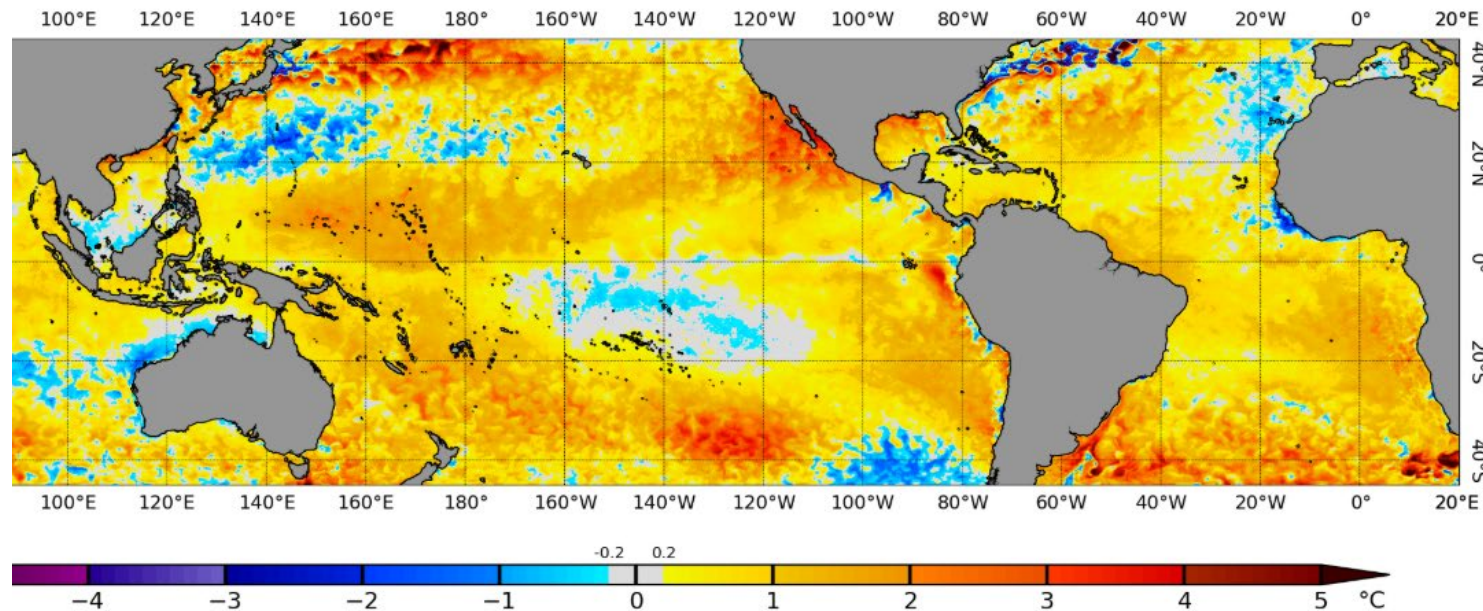
Atmospheric anomalies over the tropical Pacific Ocean are consistent with La Niña.

A transition from La Niña to ENSO-neutral is expected in the next month, with ENSO-neutral favored through May-July 2026 (55% chance). In June-August 2026, El Niño is likely to emerge (62% chance) and persist through at least the end of 2026.*

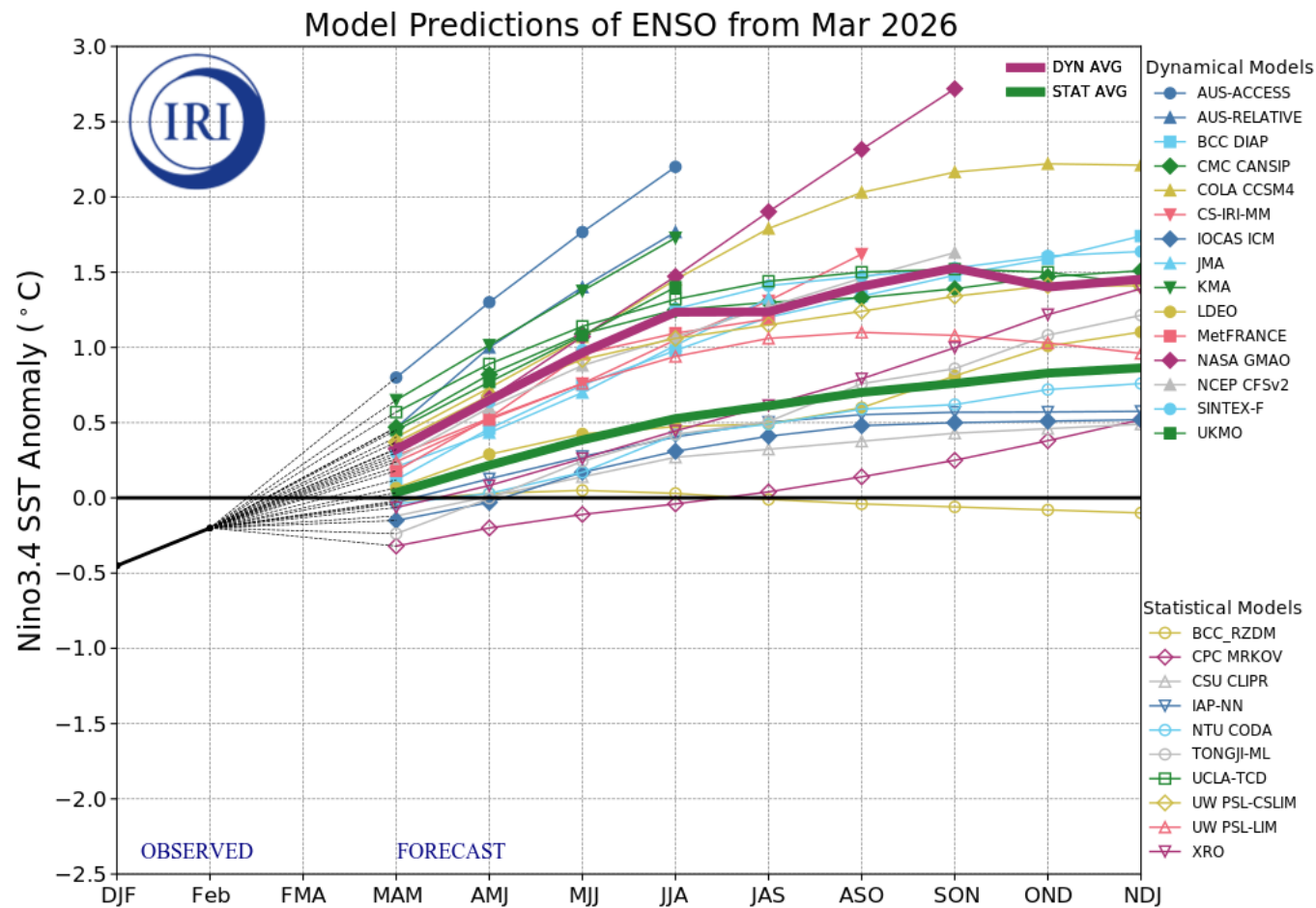
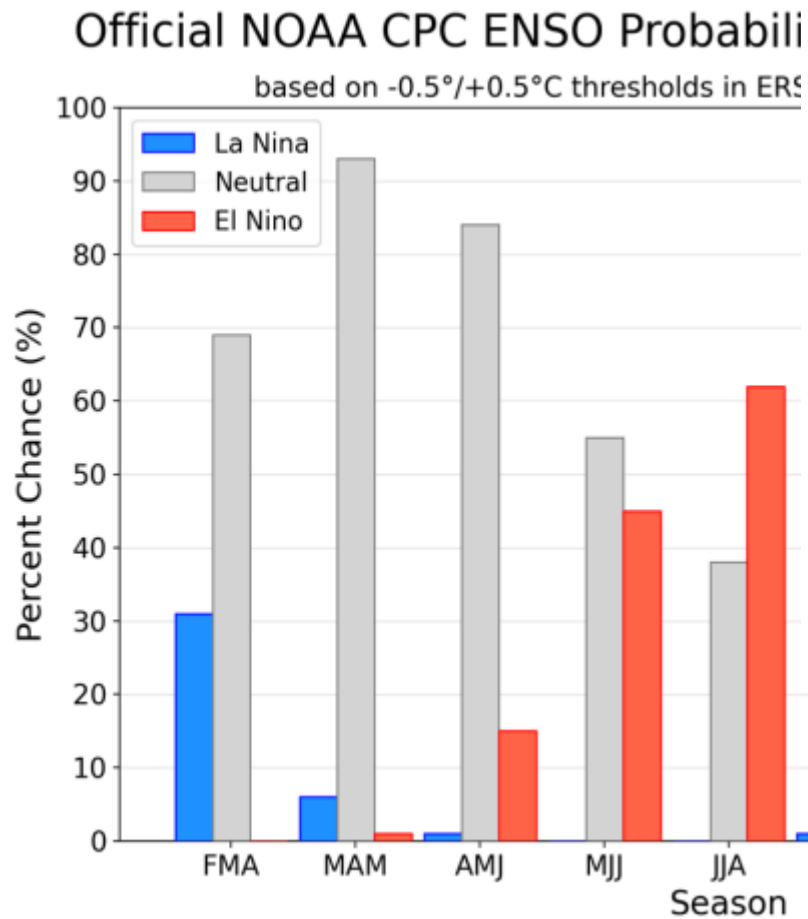
¡Aún en La Niña!



NOAA Coral Reef Watch Daily 5km SST Anomalies (v3.1) 31 Mar 2026

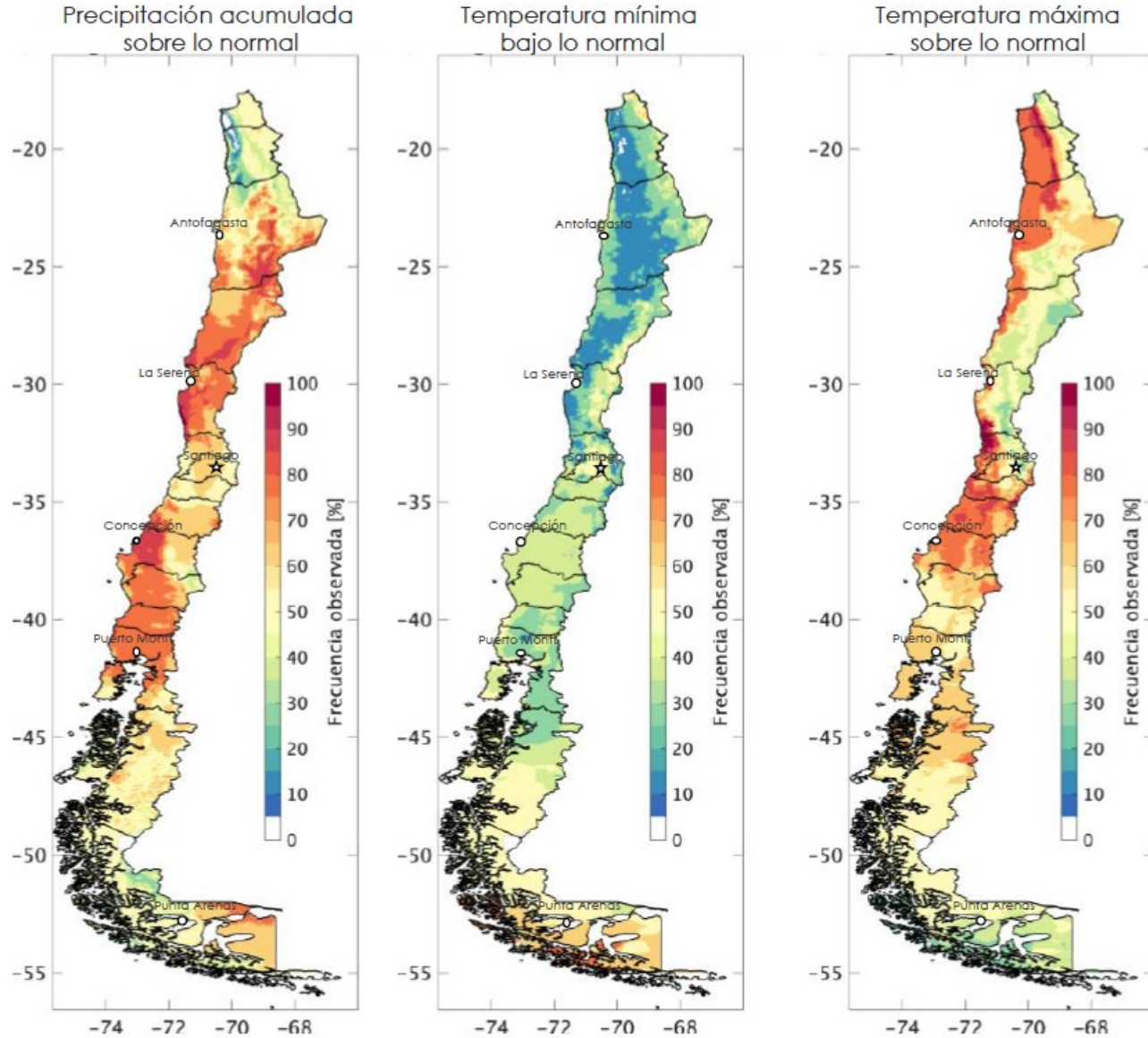


..pero el Niño parece inminente (ojo con el 2014)



Históricamente Hablando...

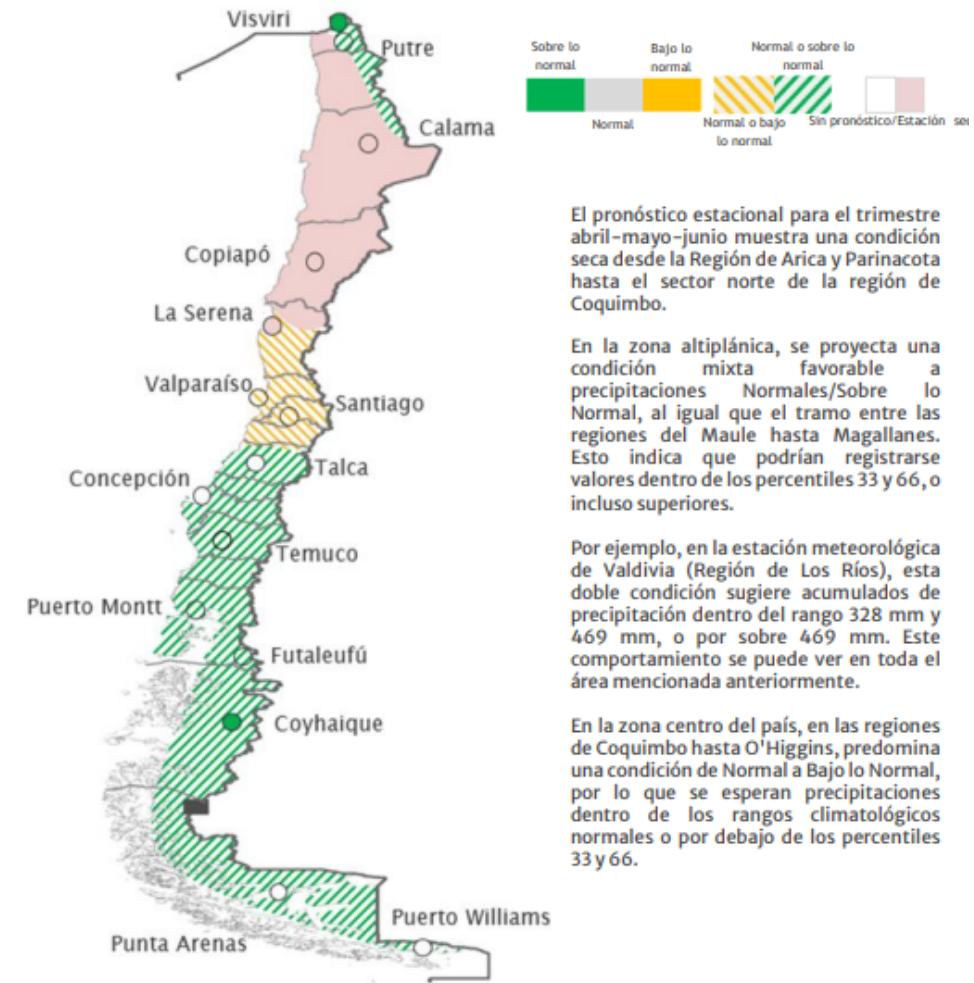
Bajo la influencia de El Niño, qué tan frecuente es tener un invierno con:



Pronóstico actual (AMJ-2026)

Pronóstico trimestral de precipitación:

UNA ZONA CENTRAL CON UNA CONDICIÓN NORMAL/BAJO LO NORMAL Y UN SUR CON MAYOR PRECIPITACIÓN



El pronóstico estacional para el trimestre abril-mayo-junio muestra una condición seca desde la Región de Arica y Parinacota hasta el sector norte de la región de Coquimbo.


En la zona altiplánica, se proyecta una condición mixta favorable a precipitaciones Normales/Sobre lo Normal, al igual que el tramo entre las regiones del Maule hasta Magallanes. Esto indica que podrían registrarse valores dentro de los percentiles 33 y 66, o incluso superiores.

Por ejemplo, en la estación meteorológica de Valdivia (Región de Los Ríos), esta doble condición sugiere acumulados de precipitación dentro del rango 328 mm y 469 mm, o por sobre 469 mm. Este comportamiento se puede ver en toda el área mencionada anteriormente.

En la zona centro del país, en las regiones de Coquimbo hasta O'Higgins, predomina una condición de Normal a Bajo lo Normal, por lo que se esperan precipitaciones dentro de los rangos climatológicos normales o por debajo de los percentiles 33 y 66.

Figura 2. Pronóstico Estacional de Precipitación acumulada para el trimestre AMJ 2026, inicializado en Marzo 2026. Se muestra el rango de precipitación más probable del trimestre.

Fuente: DMC (vía Diego Campos)



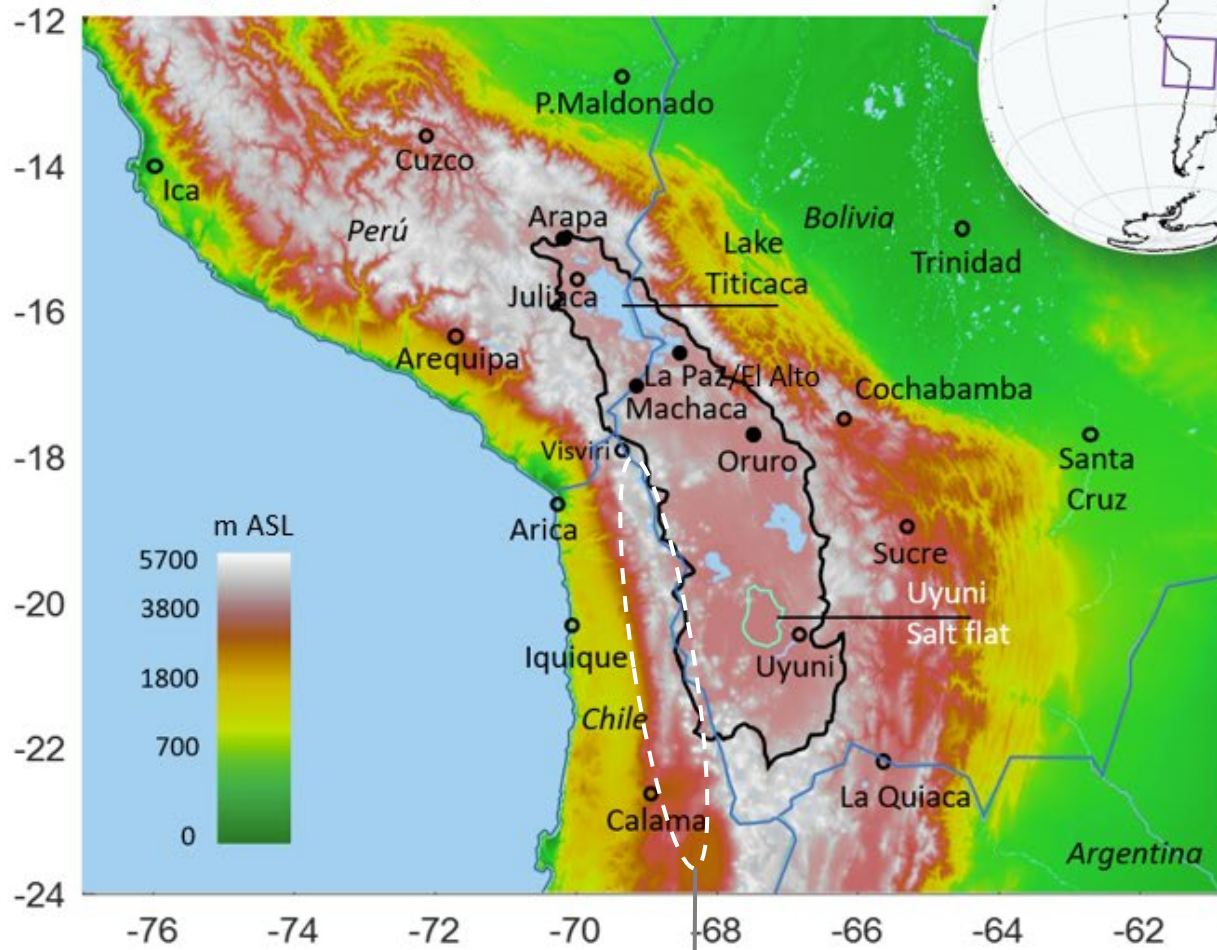
El hidroclima del Altiplano

Antes lo conocíamos...ahora no 😊

René D. Garreaud
DGF-UCh + CR2.0
Abril 2026

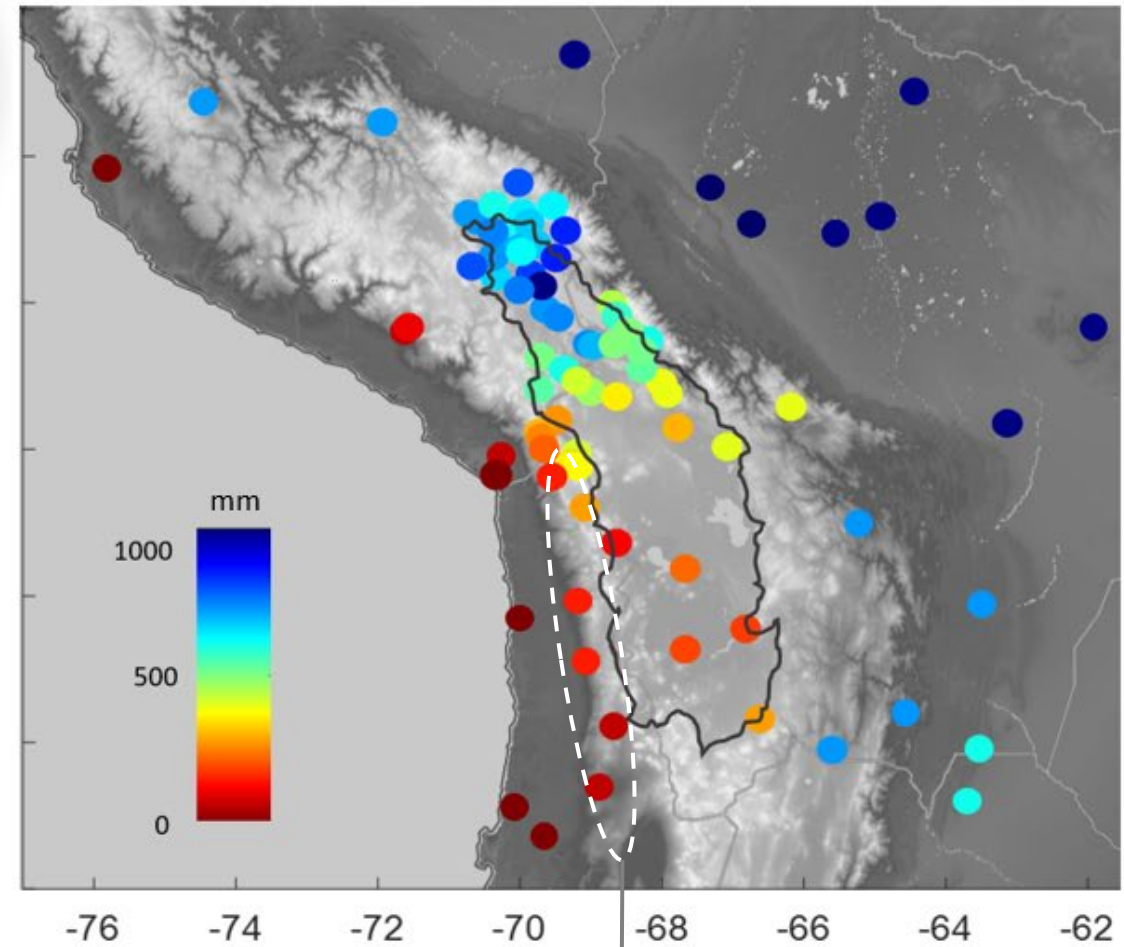
Altiplano 101

(a) Topographic map



Pre Altiplano

(b) Annual mean precipitation



Pre Altiplano

Altiplano 101

1 SEPTEMBER 2004

VUILLE AND KEIMIG

3335

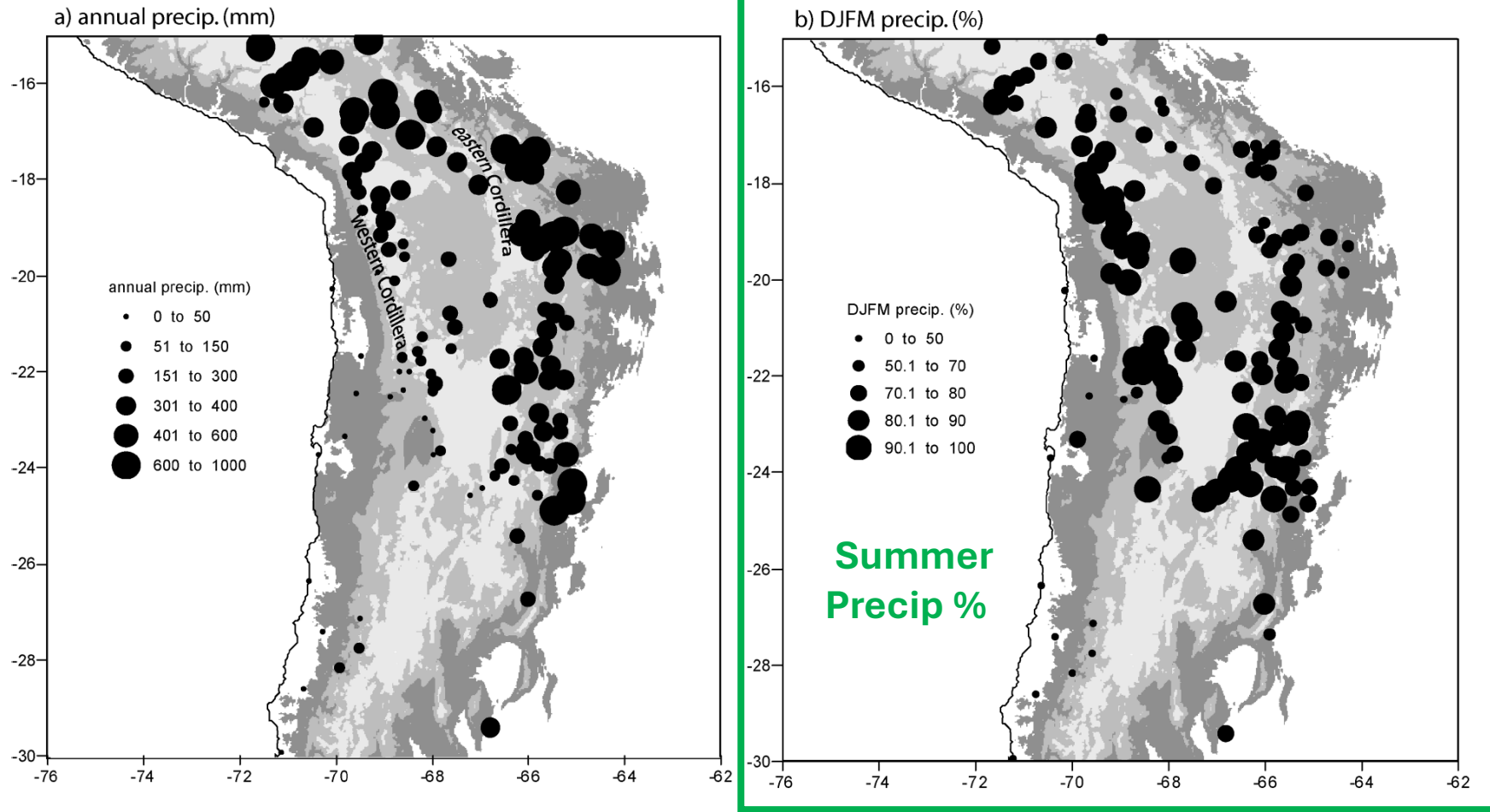
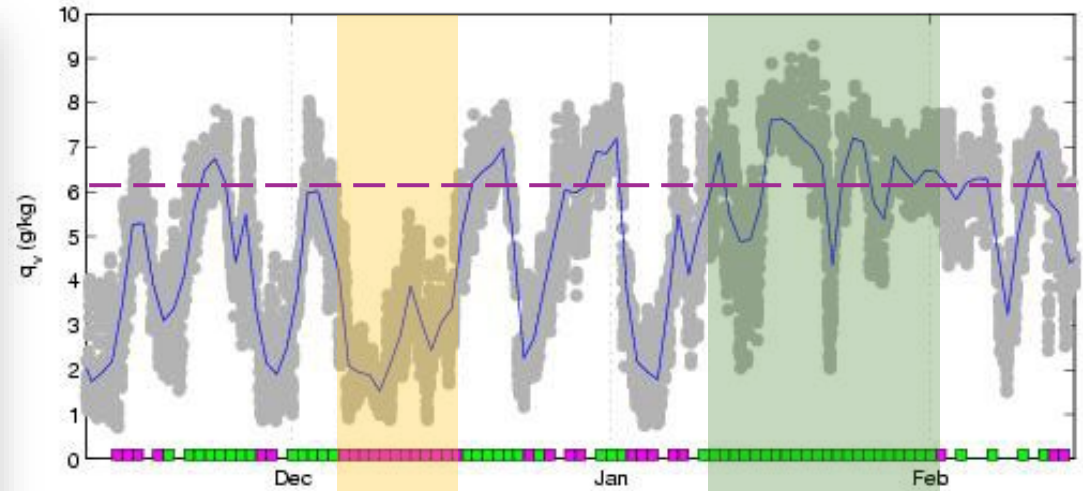


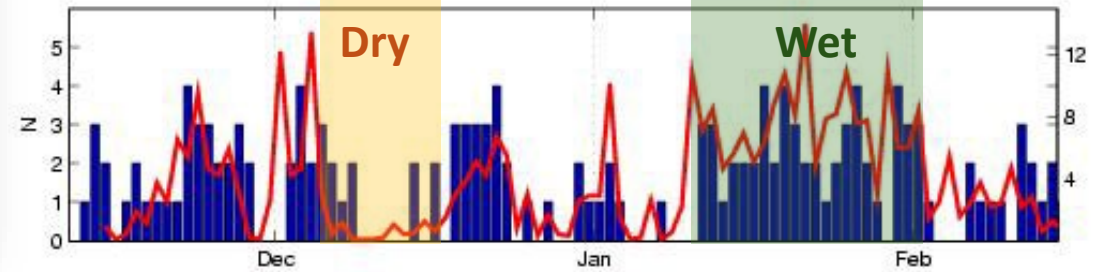
FIG. 1. (a) Long-term annual mean precipitation amount (mm) and (b) percent precipitation in DJFM of the annual total in the central Andes. To the east of the Andes only rain gauge data >1500 m are shown. Shading indicates elevation zones above 1000 m (dark gray), 2500 m (medium gray), and 4000 m (light gray). Record lengths of individual stations vary.



(A) Mixing ratio



(B) Daily precipitation



$$P - E = -\nabla \cdot \left(\int_{psfc}^0 q \vec{V} dp \right) \rightarrow P \propto w_{MT} \cdot q_{ML}$$

Vertical velocity in the mid troposphere

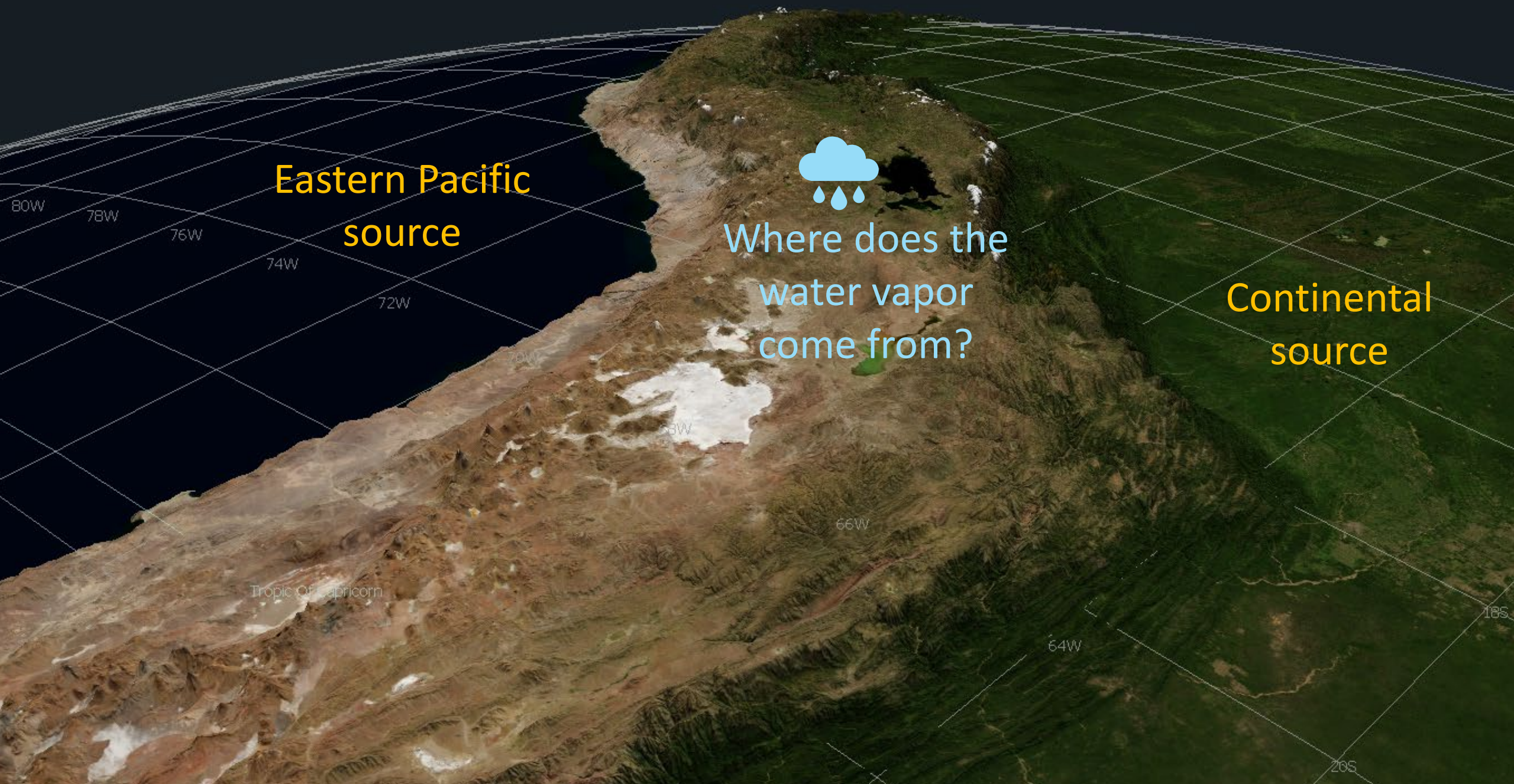
Specific humidity in the boundary layer

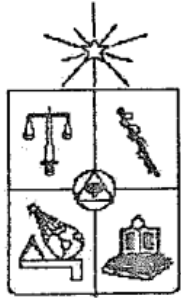
**Eastern Pacific
source**



Where does the
water vapor
come from?

**Continental
source**





Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Geología y Geofísica
División de Geofísica



Ministerio de Obras Públicas
Dirección General de Aguas
Departamento de Hidrología
Sub Dep. Estudios Hidrológicos

Estudio sobre el origen del vapor de agua
que precipita en el invierno altiplánico.

(Convenio de Cooperación
Dirección General de Aguas- Universidad de Chile)

Informe Final

Humberto Fuenzalida P.
José Rutllant C.

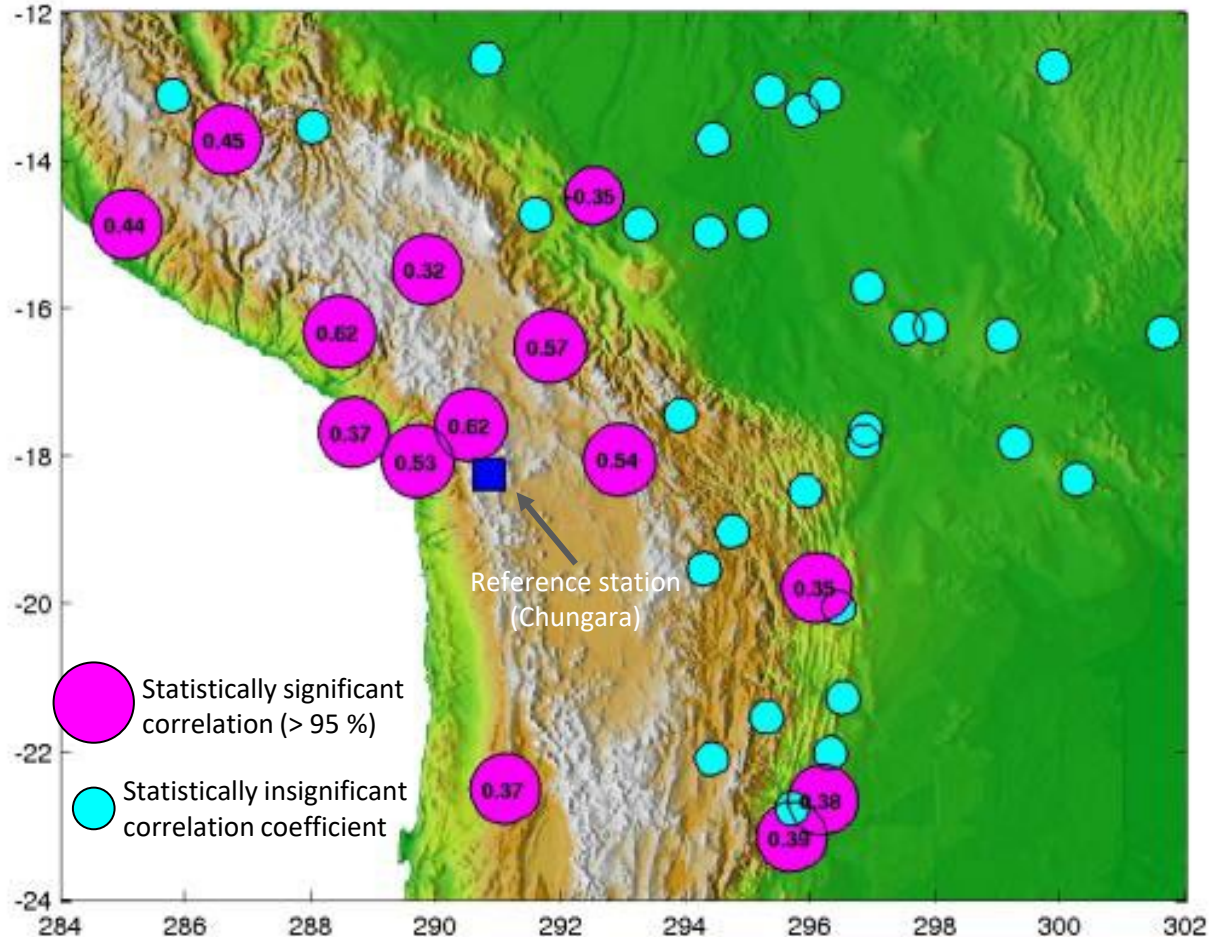
Agosto de 1986.

In situ interviews, field campaigns, and synoptic analysis lead to the conclusion that **most of the precipitation over the Altiplano is sourced east of the Andes (continental origin)**

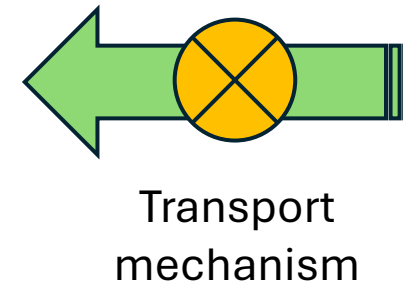
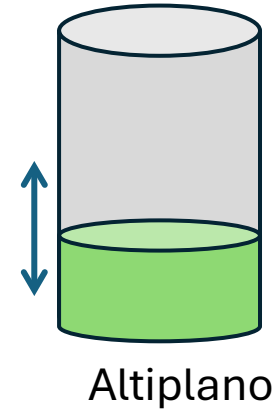


Correlation Map of Specific Humidity

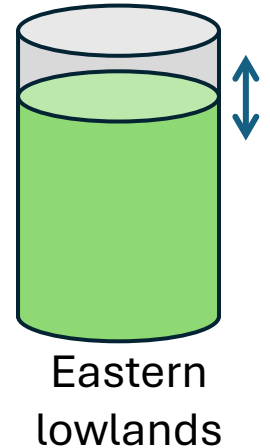
The intra-seasonal variations (**day-to-day changes**) of specific humidity are (weakly, but significantly) correlated with those at other sites along the Altiplano and its western slopes but are not significantly correlated with variations at sites in the Bolivian lowlands.



Generally dry conditions
punctuated by moist events
($q \sim 3-6 \dots 9 \text{ gr/Kg}$)



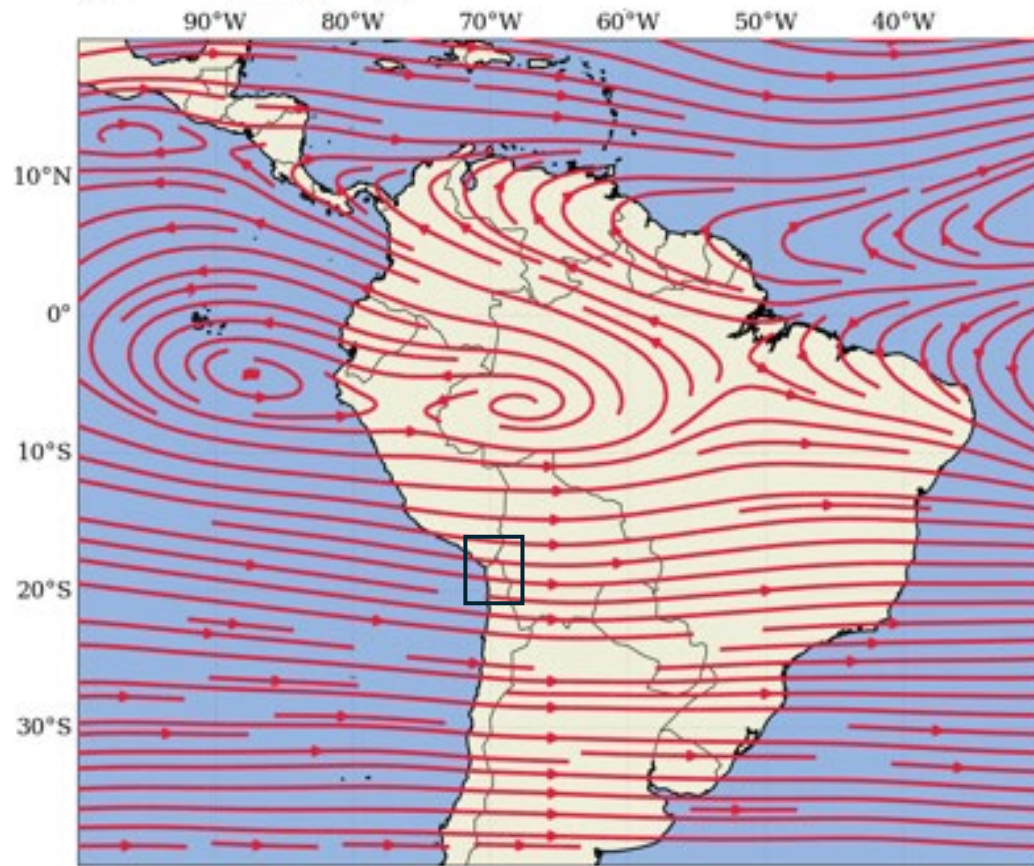
Uniformly moist conditions
($q \sim 13-15 \text{ gr/Kg}$)



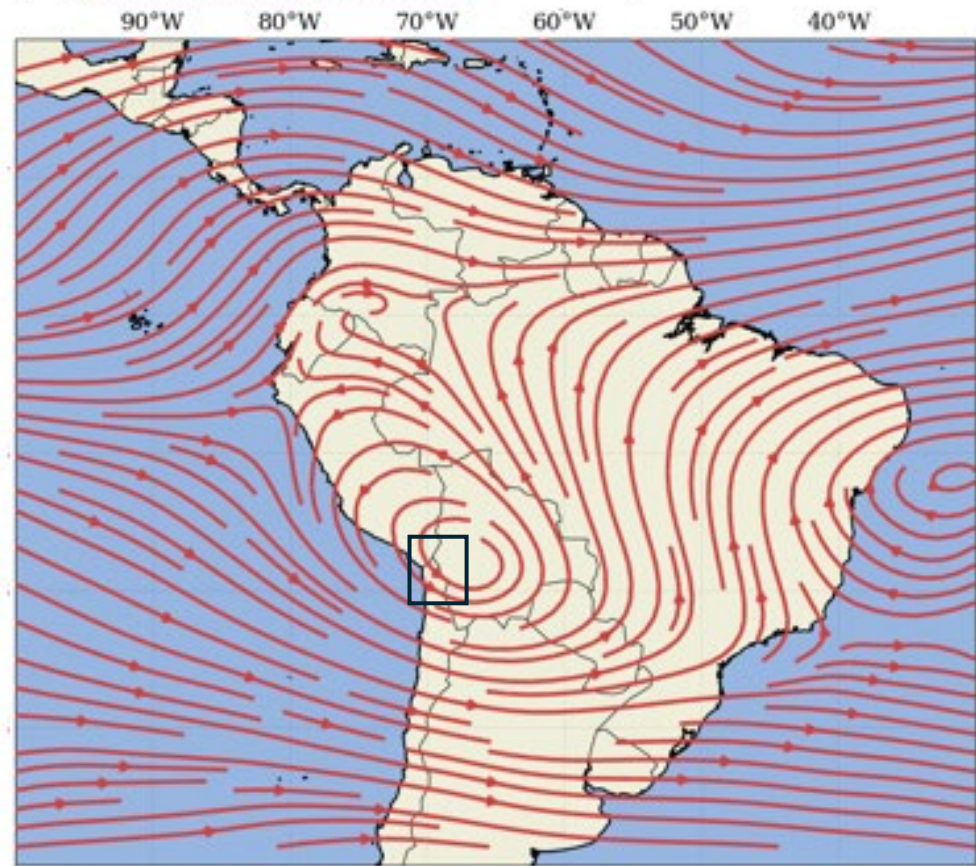
Intraseasonal variations in the moisture content are coherent across the plateau and seemingly controlled by the transport of air masses sourced over the eastern lowlands, where moist conditions prevail almost constantly

Speaking about transport, let's consider upper-level mean circulation...

(a) June-July-August

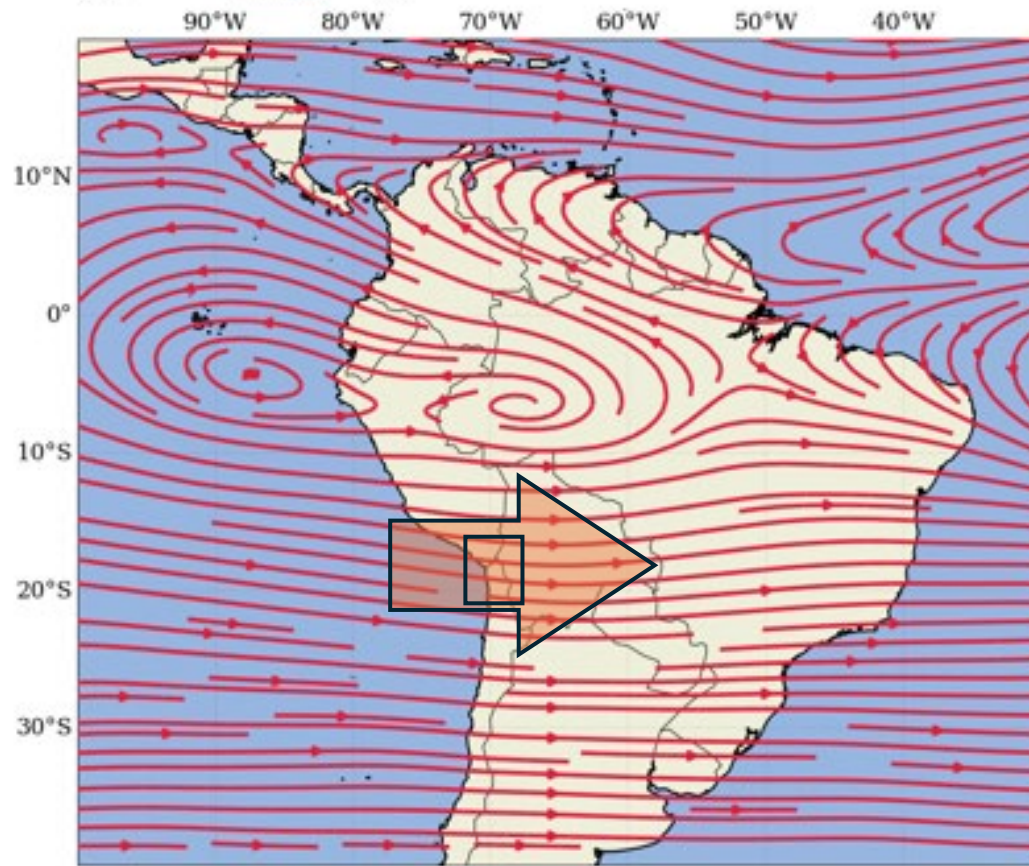


(b) December-January-February

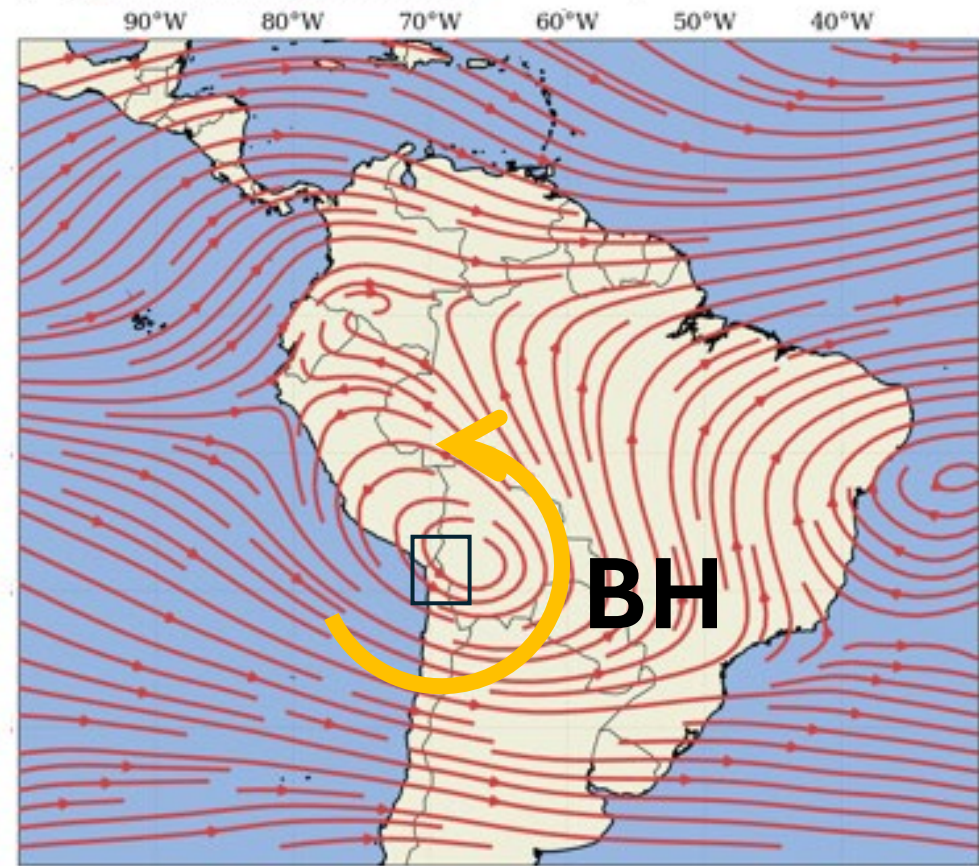


Seasonal mean 200 hPa (12 km) streamlines

(a) June-July-August

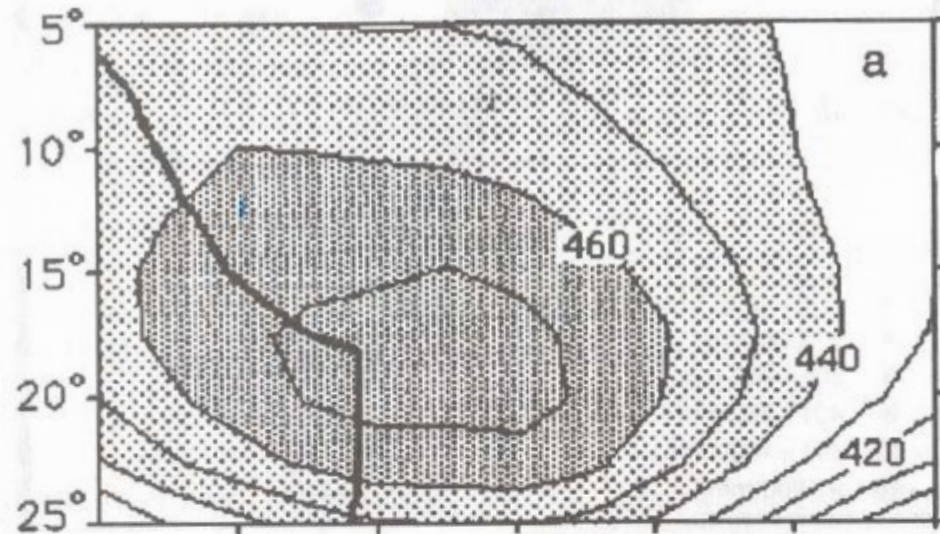


(b) December-January-February



Seasonal mean 200 hPa (12 km) streamlines
BH: Bolivian High (upper-level anticyclone)

Wet days



Dry days

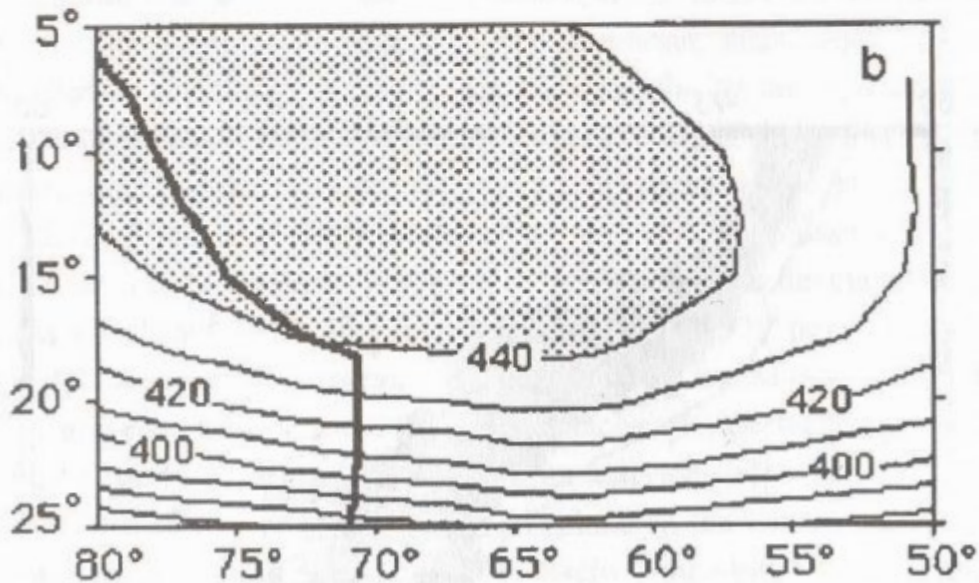
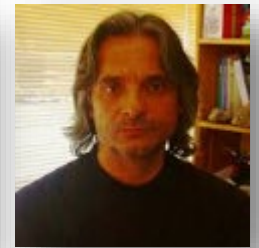


Figura 10. Altura geopotencial de 200 hPa durante periodos con precipitación (a) y durante periodos secos (b) en el sector norte del Altiplano chileno. Las alturas están expresadas en metros geopotenciales sobre 12,000 m (adaptado de Aceituno y Montecinos 1993).

In average, the center of the BH is very close to the central Andes, causing weak upper-level winds over the Altiplano.

When the BH intensifies and displace southwards, upper-level easterlies prevail, causing wet events



Aceituno & Montecinos were right!

Wet days when BH is more intense and located south of its normal position

MONTHLY WEATHER REVIEW

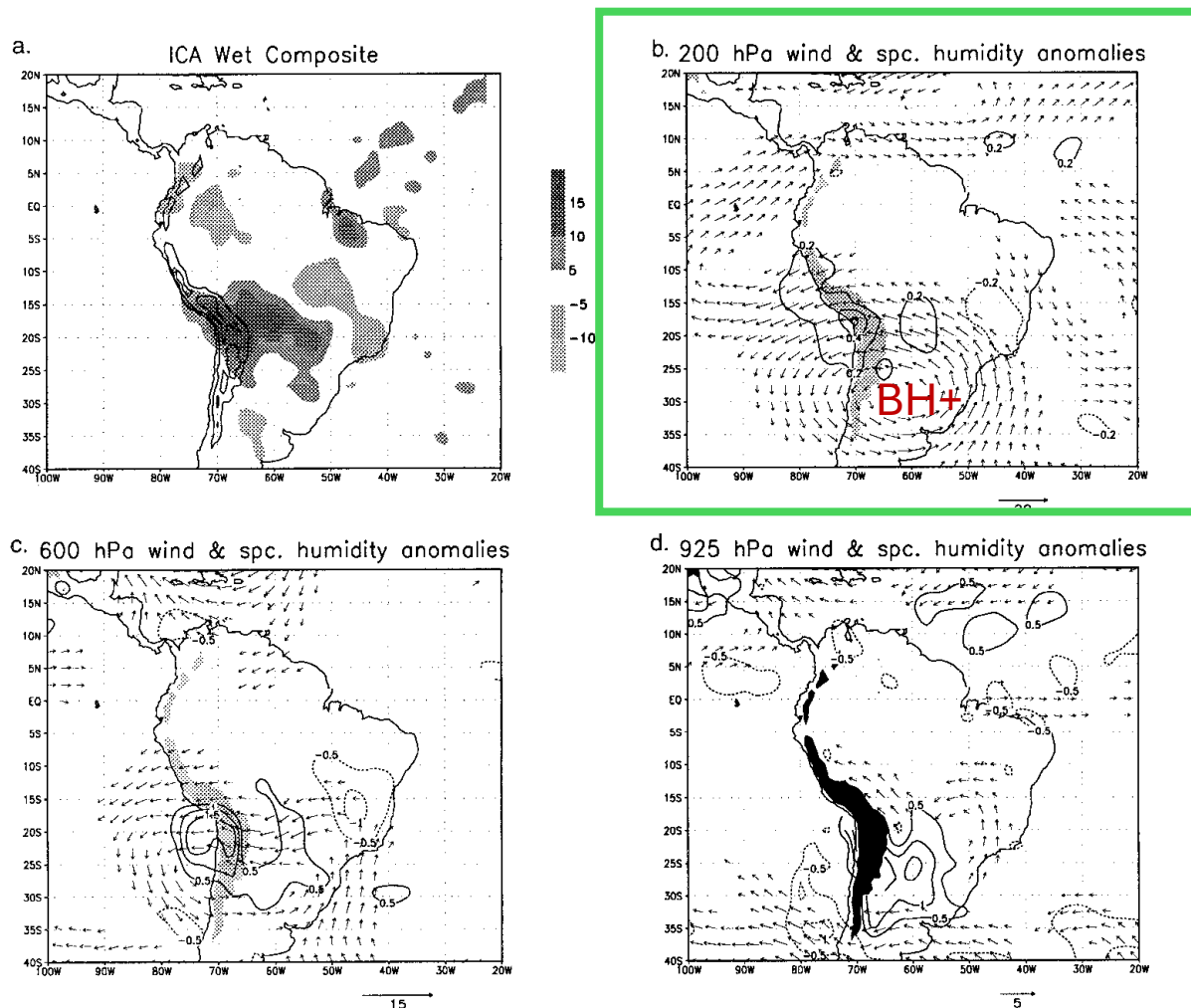


FIG. 5. (a) Convective index anomalies for the wet composite ($W m^{-2}$). The 2000- and 4000-m topographic

Wet days composite

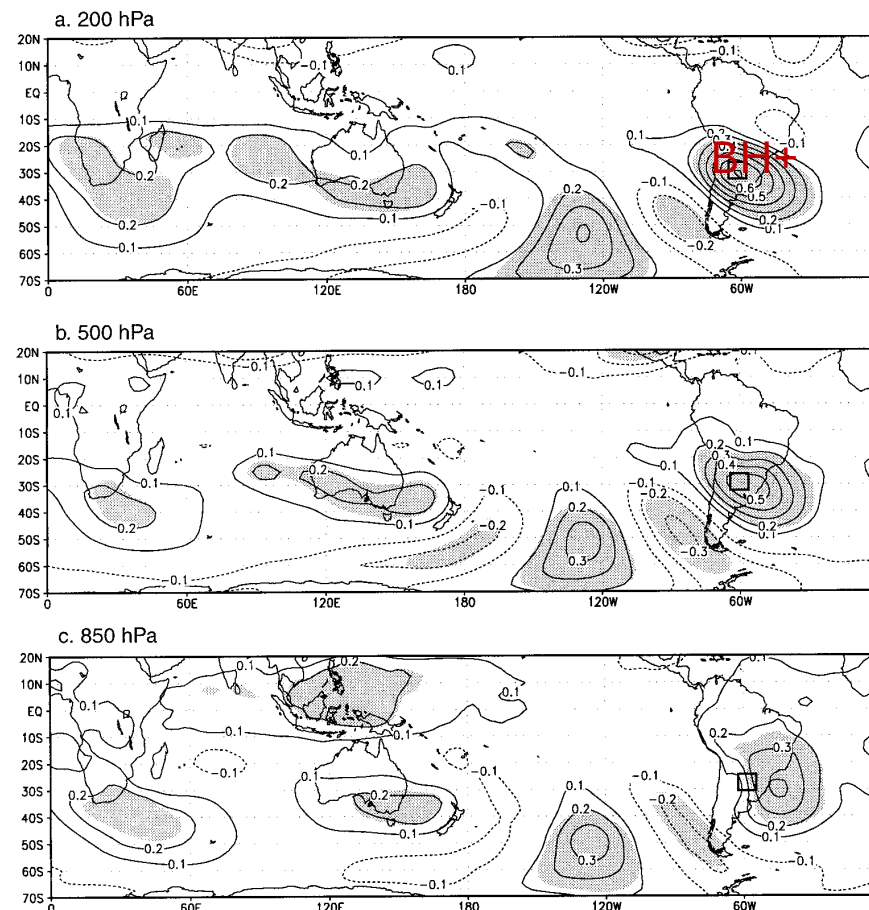
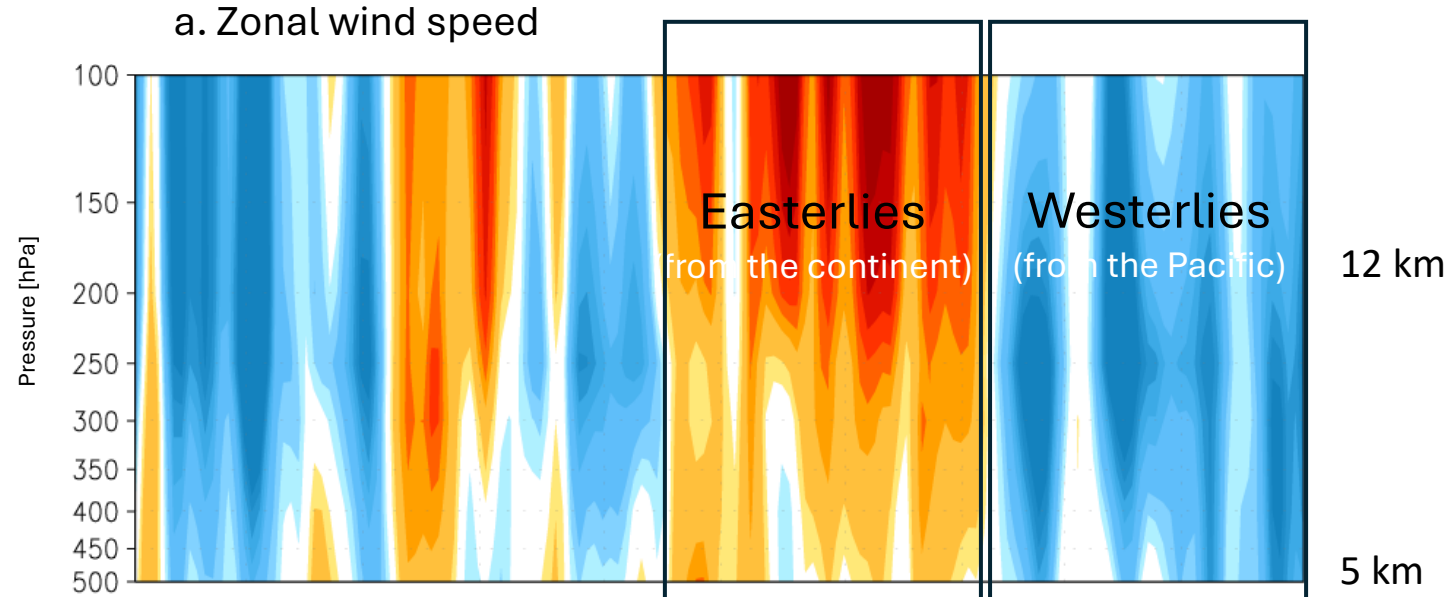


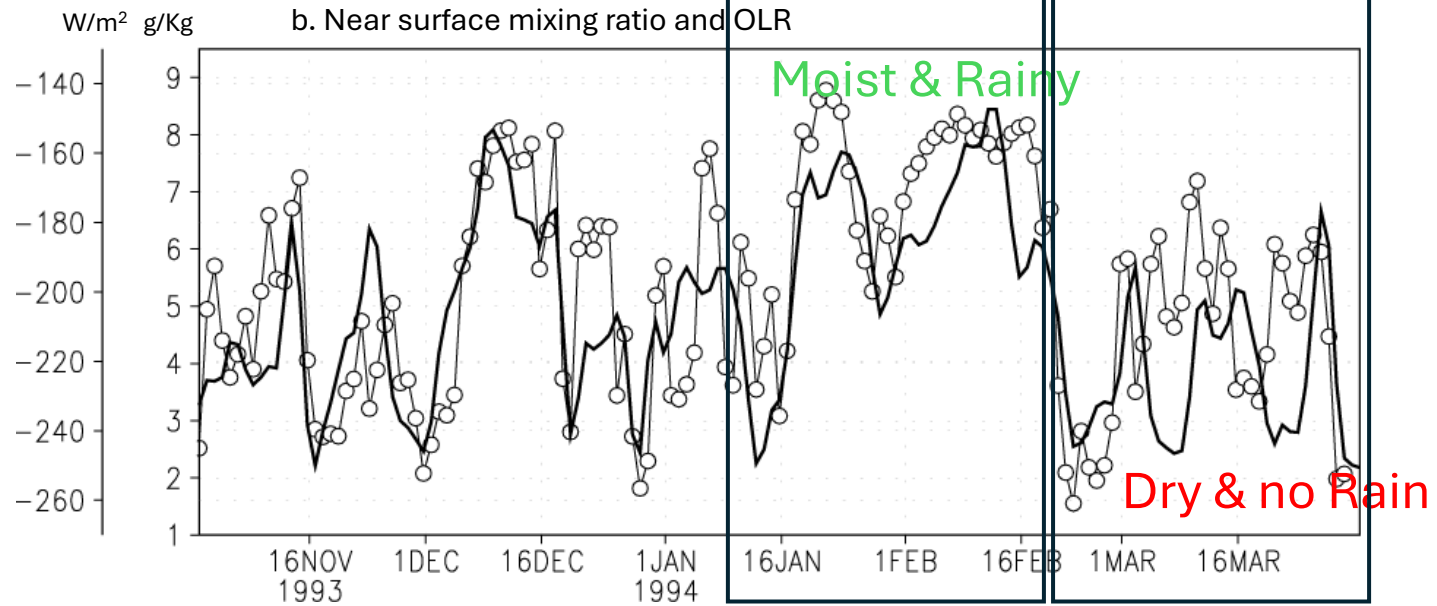
FIG. 8. Correlation coefficient between low-pass filtered 200-hPa geopotential height over a grid box centered at $25^{\circ}S, 57.5^{\circ}W$ (indicated by an open square over subtropical South America) and (a) low-pass filtered 200-hPa geopotential height at every grid point, (b) low-pass filtered 500-hPa geopotential height at every grid point, and (c) low-pass filtered 850-hPa geopotential height at every grid point. Contour interval is 0.1, negative values are indicated by dashed lines, and the zero contour is omitted. Light shading indicates the 95% significance level (based on a two-sided Student's t test, assuming a decorrelation time of 5 days for estimating number of degrees of freedom).

Everything fits...Easterly wind brings moisture to the central Andes and causes precipitation over the Altiplano

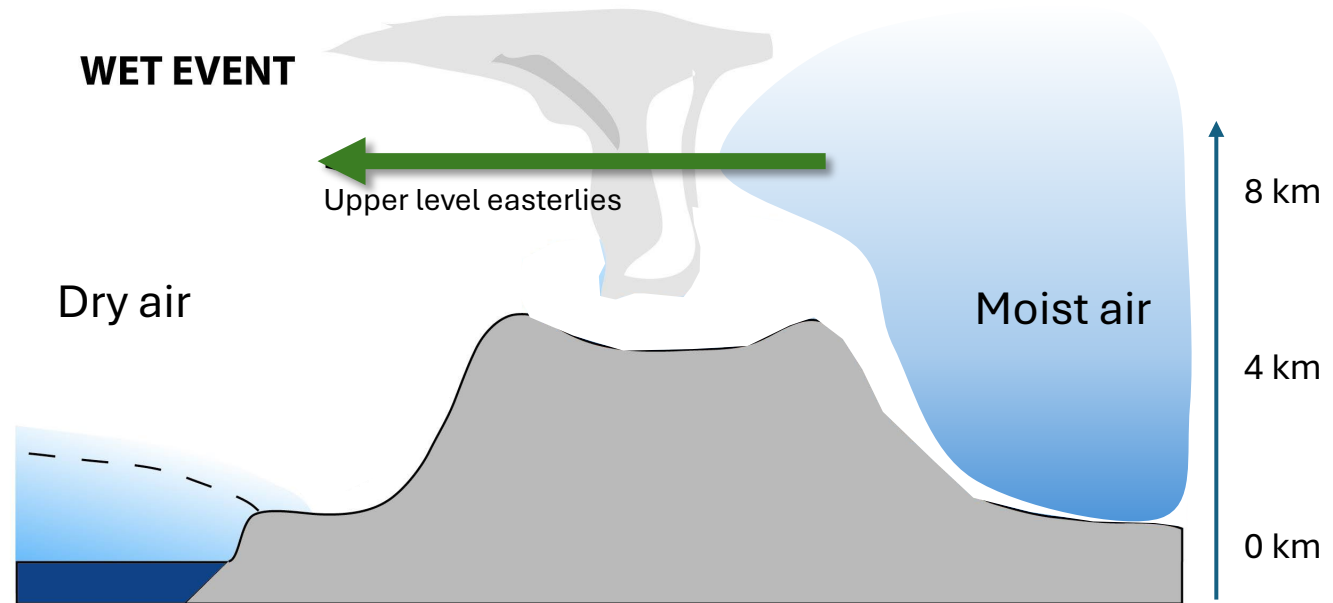
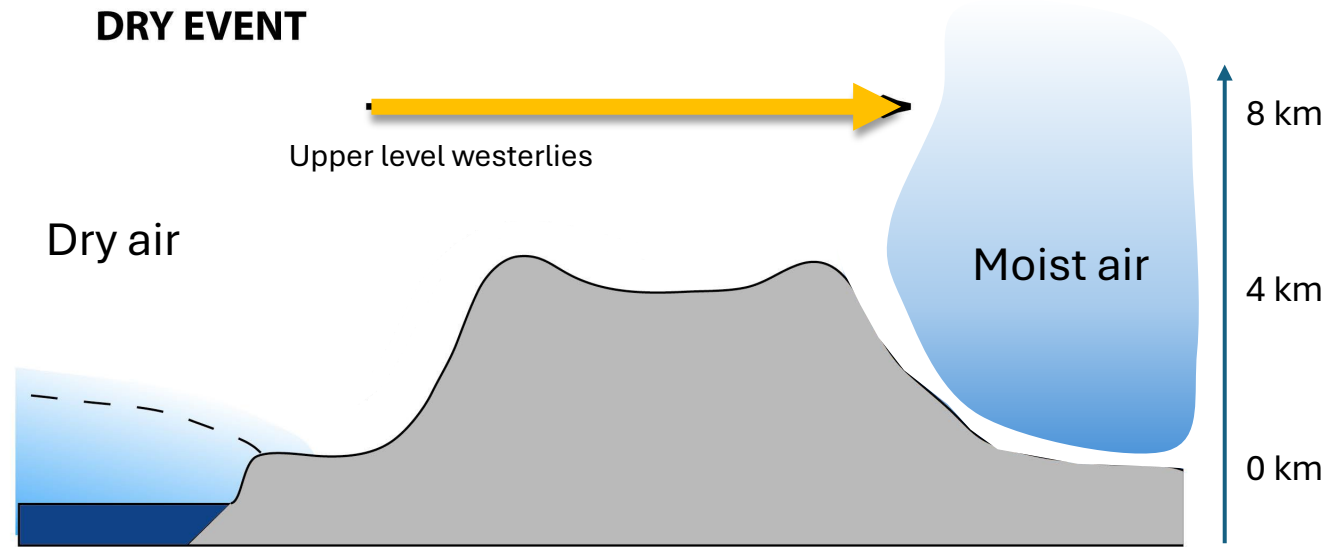
Time-height cross-section of zonal wind over the Altiplano

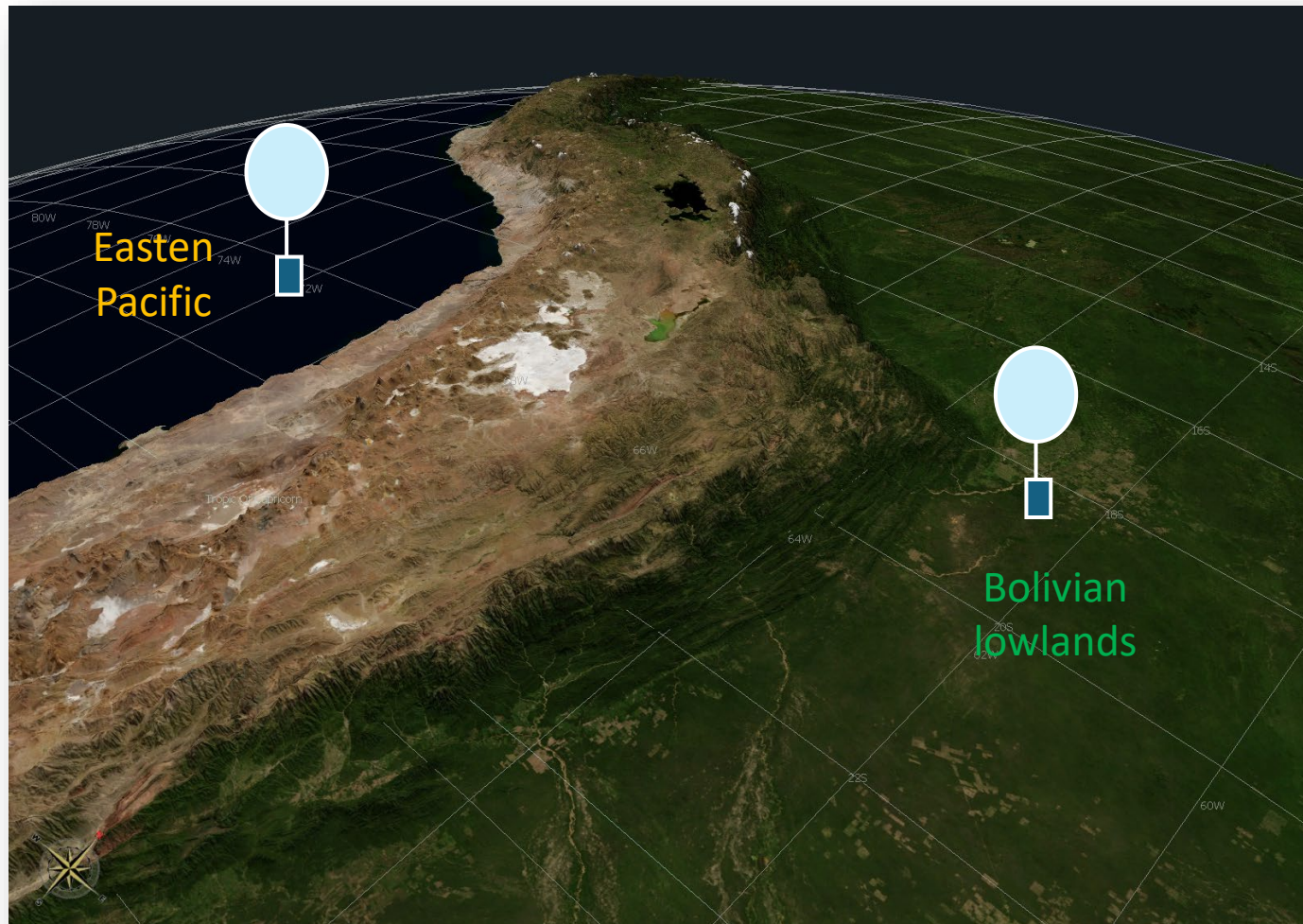
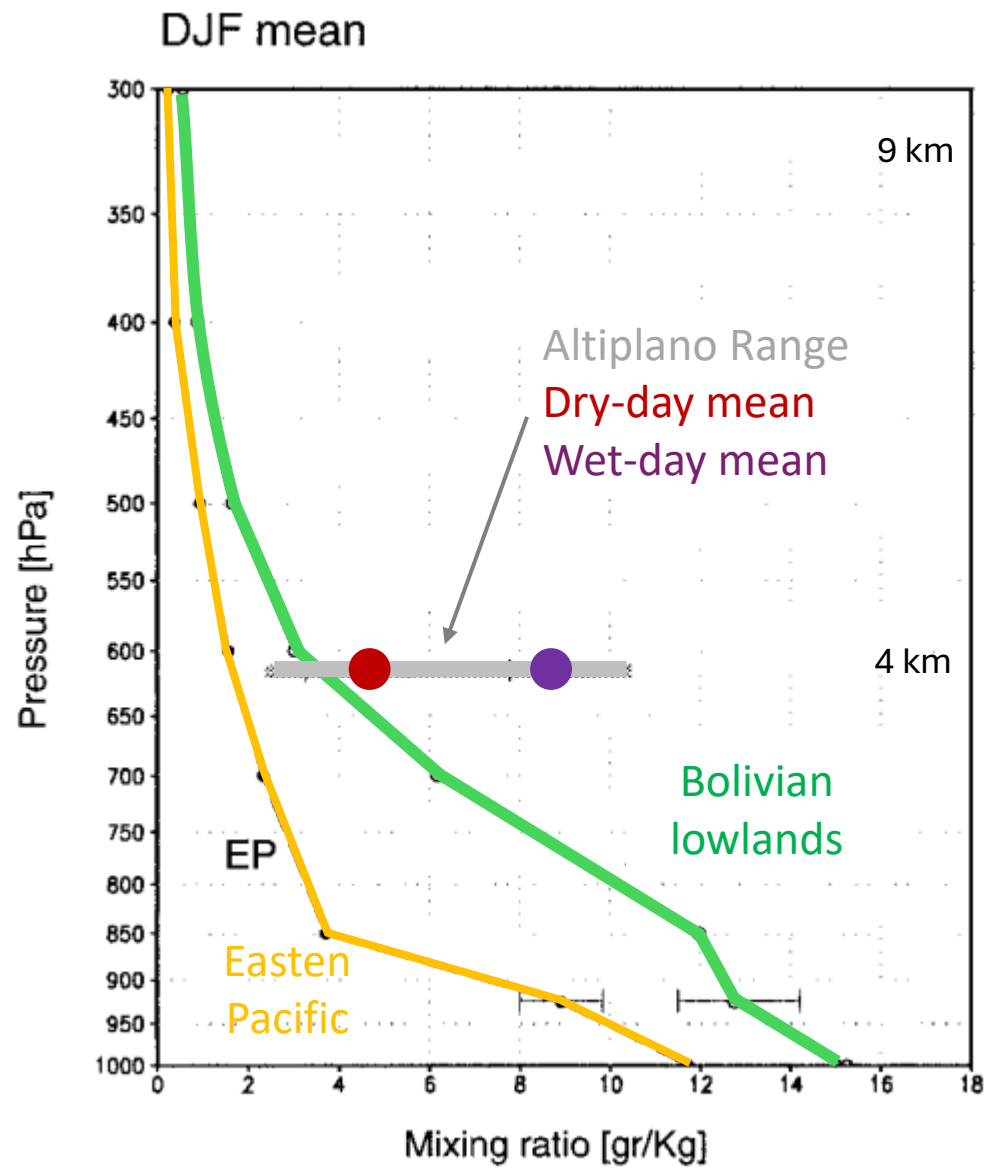


Time series of convection and moisture over the Altiplano



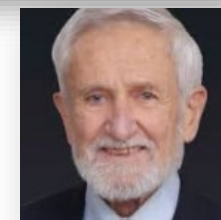
Simple conceptual model





At, and above, the Altiplano level the free troposphere is too dry regardless of which side of the Andes you look

←
Mike Wallace, UW
ca 1998

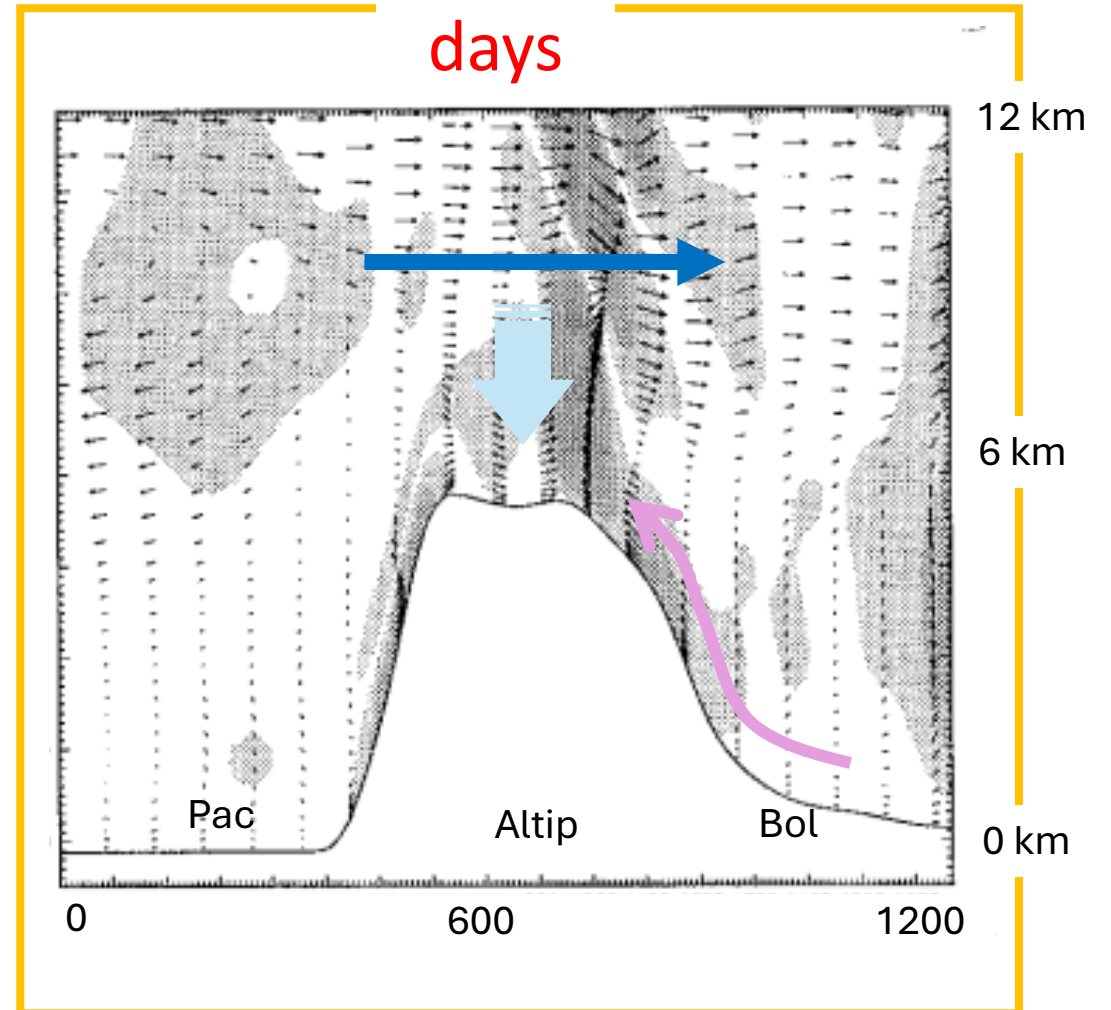
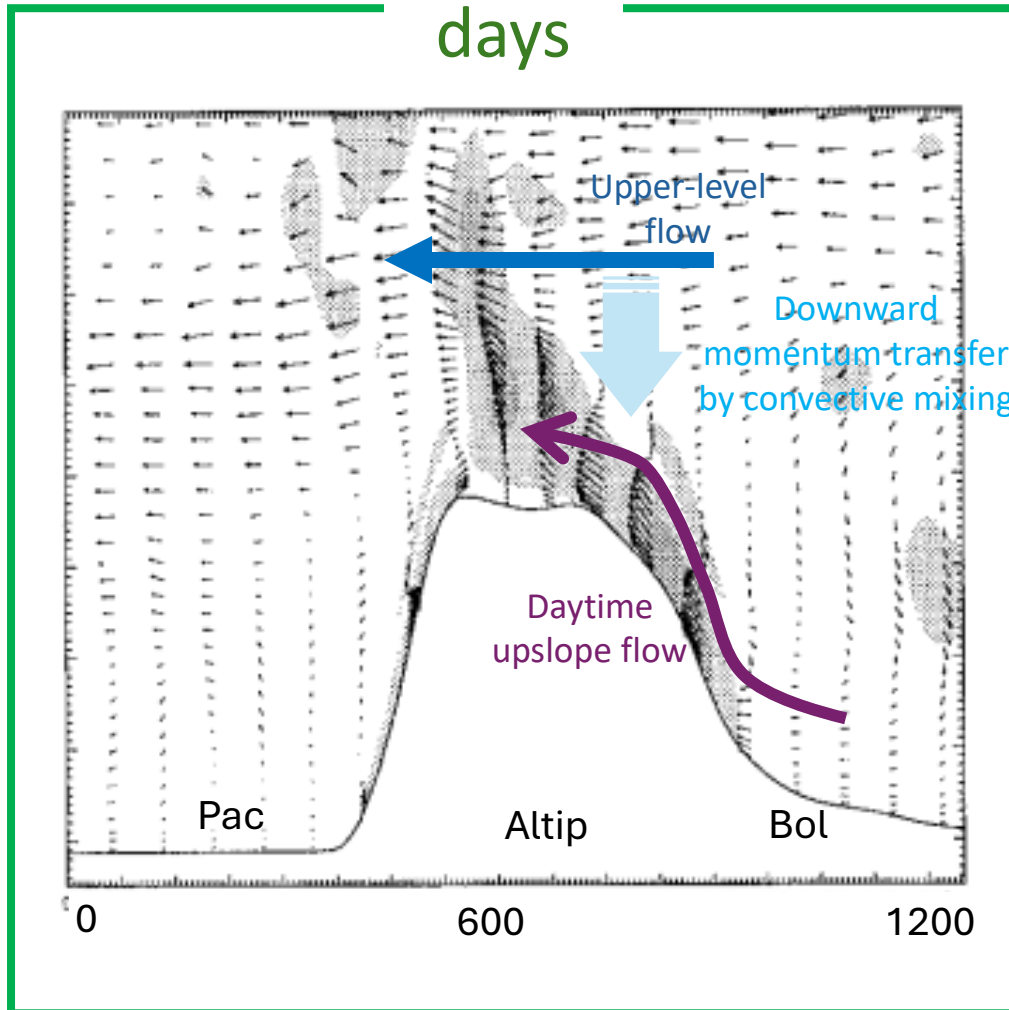


MM5 simulated West-east cross section at 17°S of winds (u,w)

Wet days

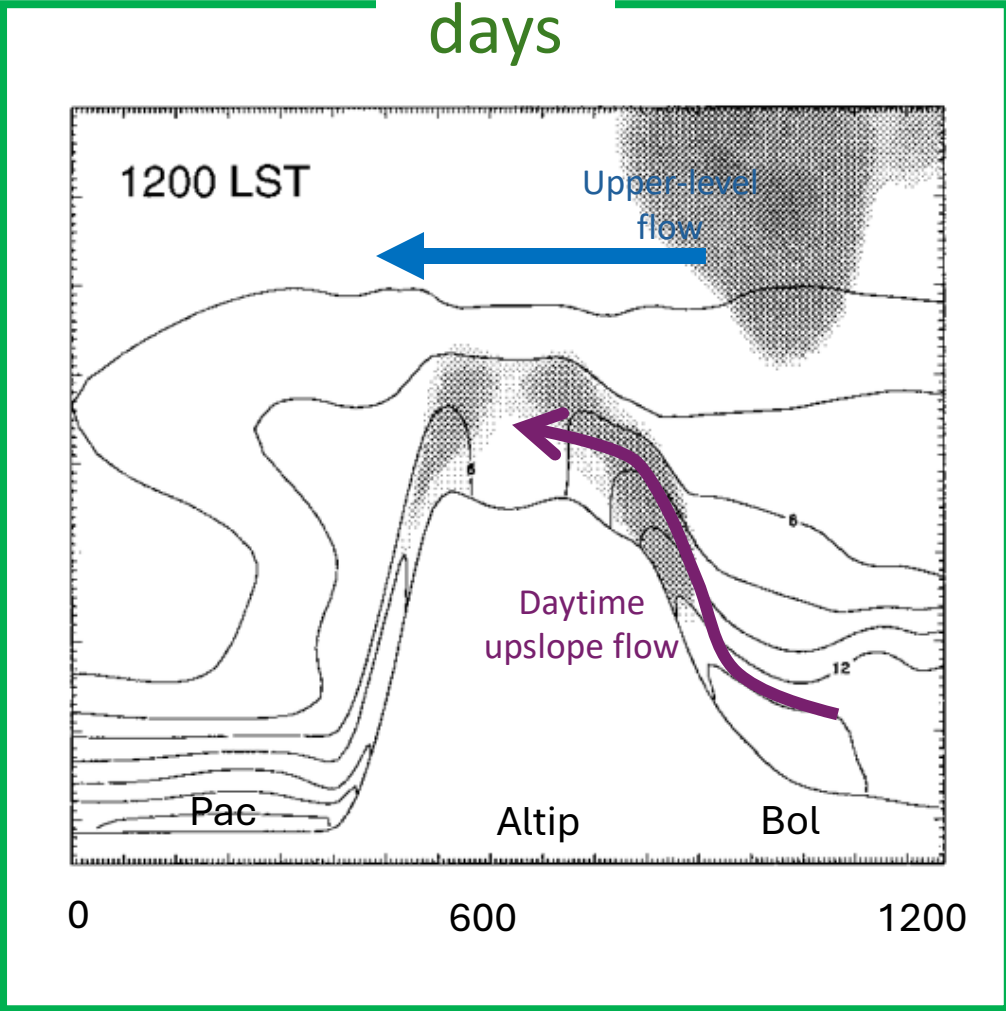
Dry days

1600
LST

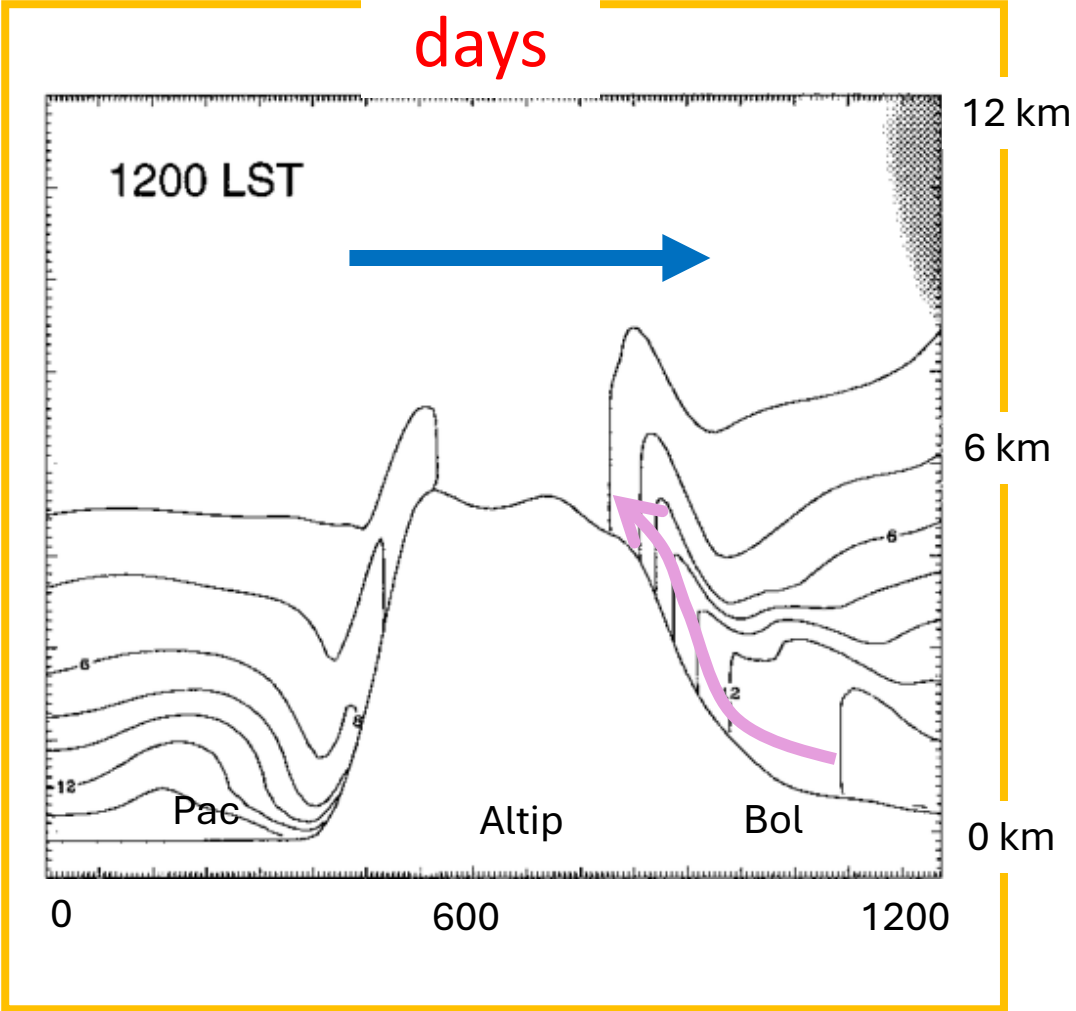


MM5 simulated West-east cross section at 17°S of water vapor

Wet days



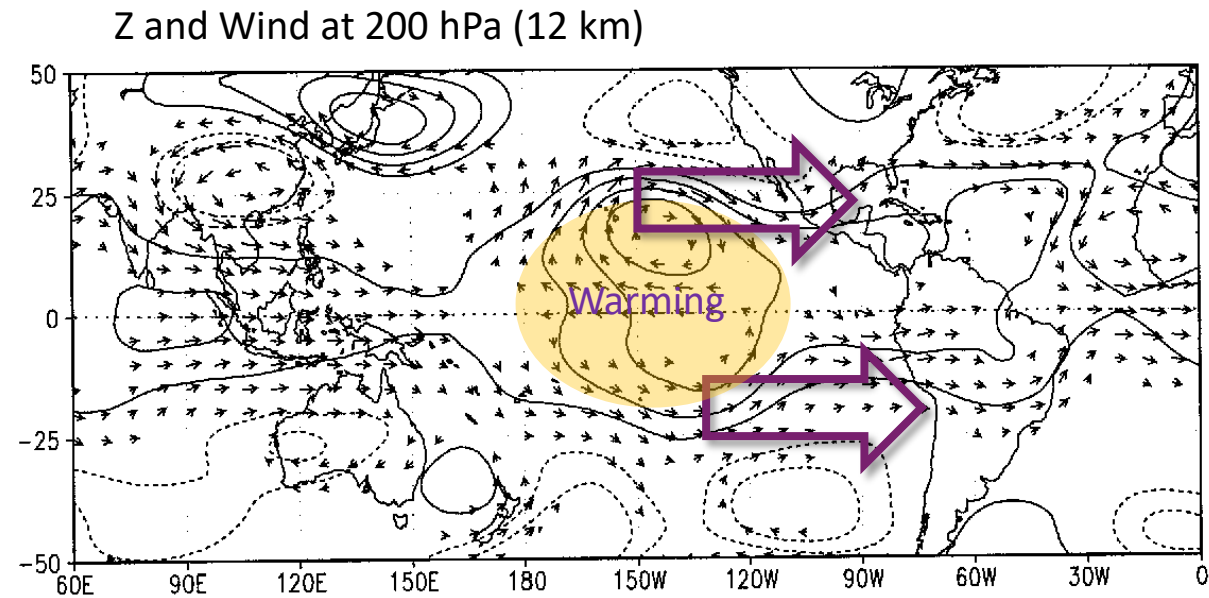
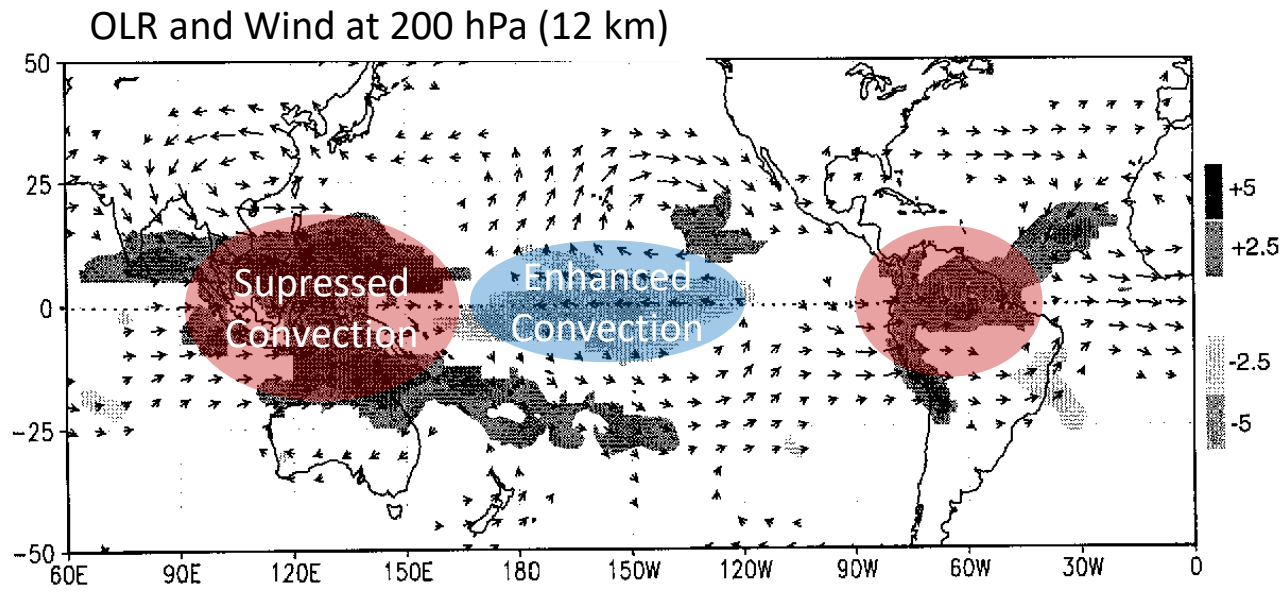
Dry days



Not so simple conceptual model



What happens at interannual time-scales?



During **El Niño** event



The Altiplano tends to be drier than average

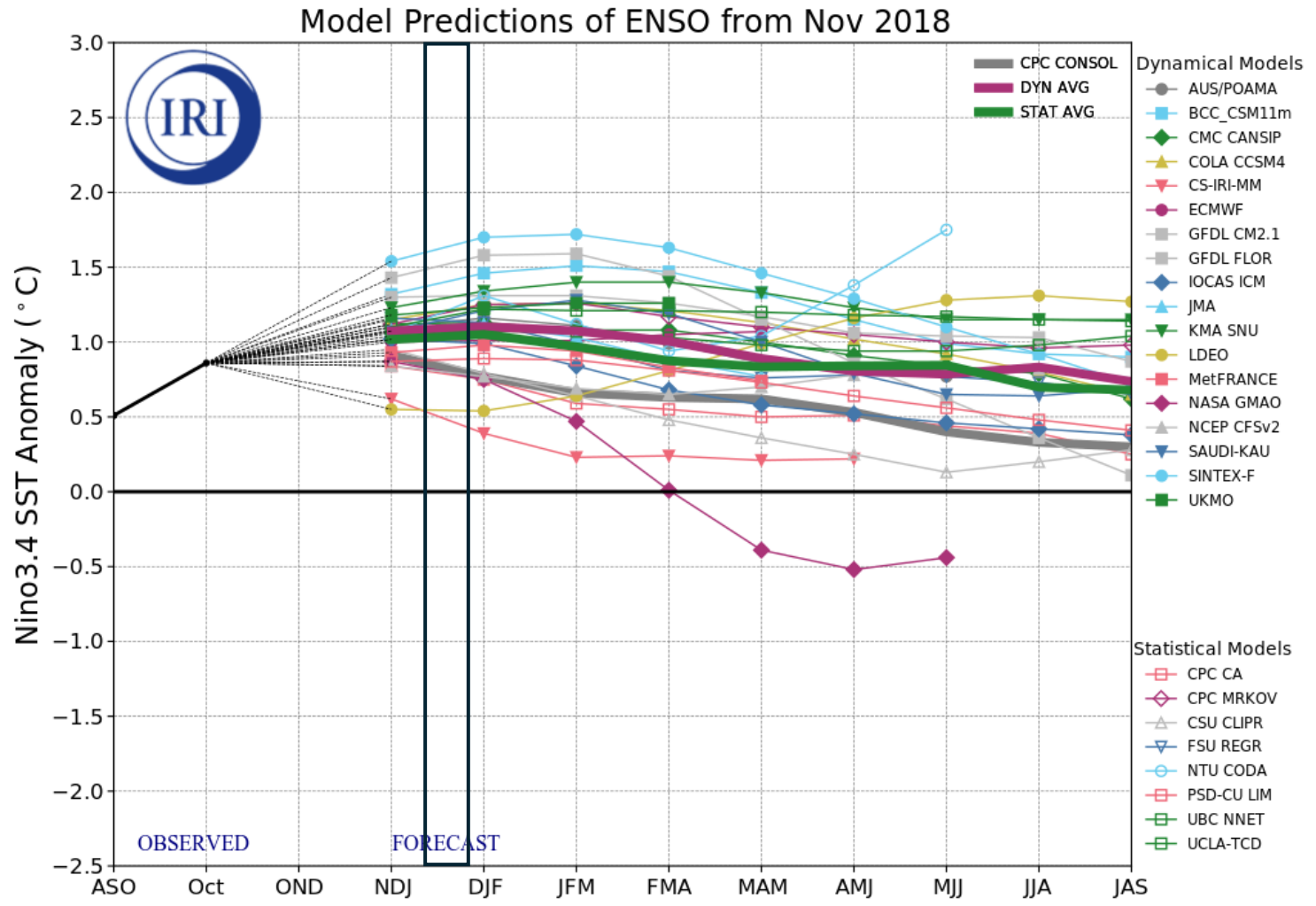
Garreaud & Aceituno 2002 (and many others)

En el verano siempre hay tormentas,
pero hay un evento de El Niño...
Debería estar **más seco que lo habitual**.



Pa, voy con mis
amigos al Altiplano
¿Cómo estará el clima?

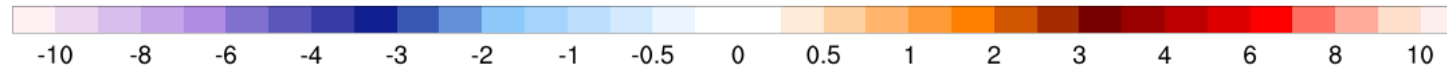
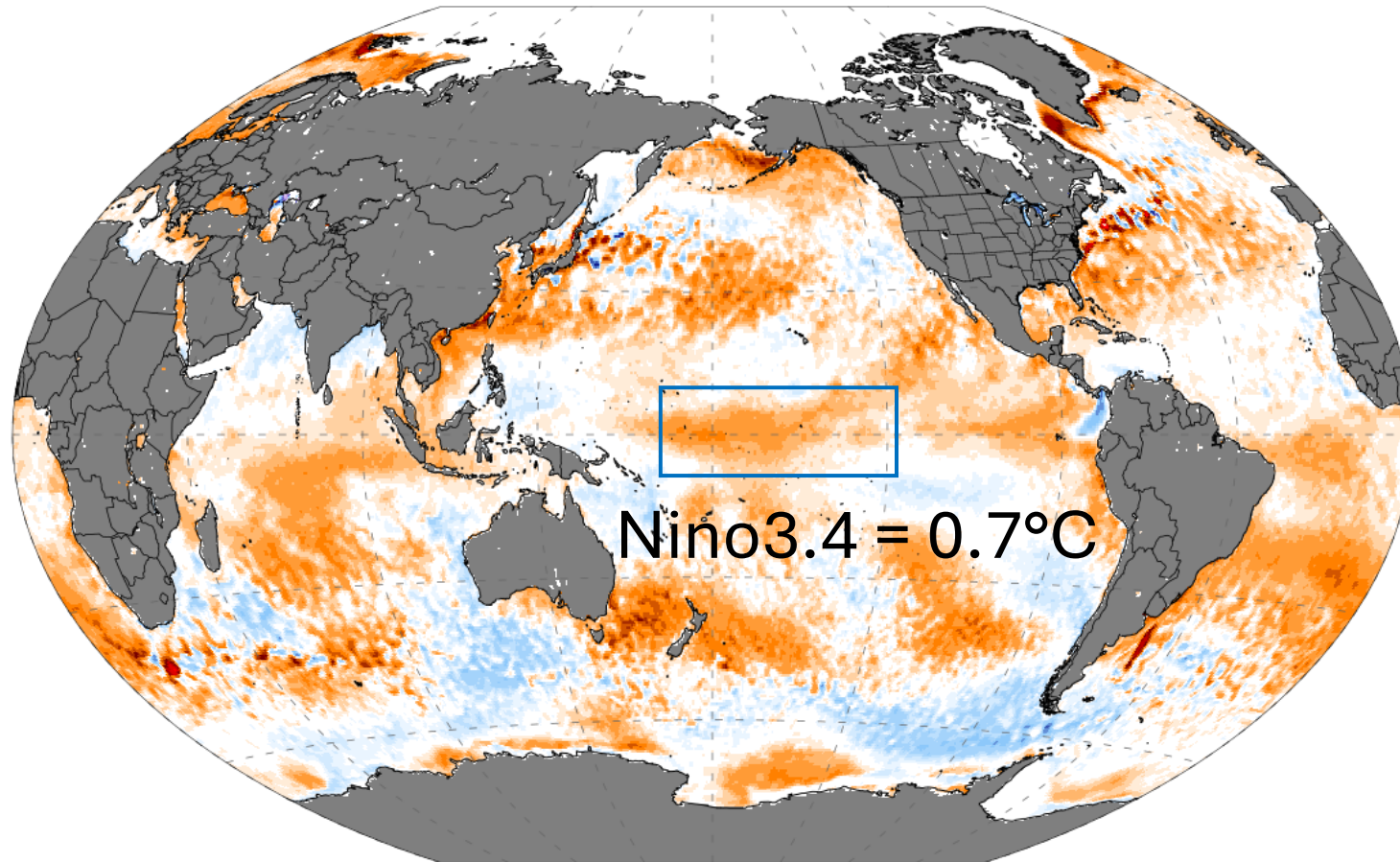
Actual conversation, 19 Nov 2018



Indeed, a moderate **El Niño** developed during the early months of 2019

Sea Surface Temperature Anomaly (°C)
February 2019 - 1979-2000

ECMWF ERA5 (0.5x0.5 deg)



Mon Mar 23 15:18:45 UTC 2026

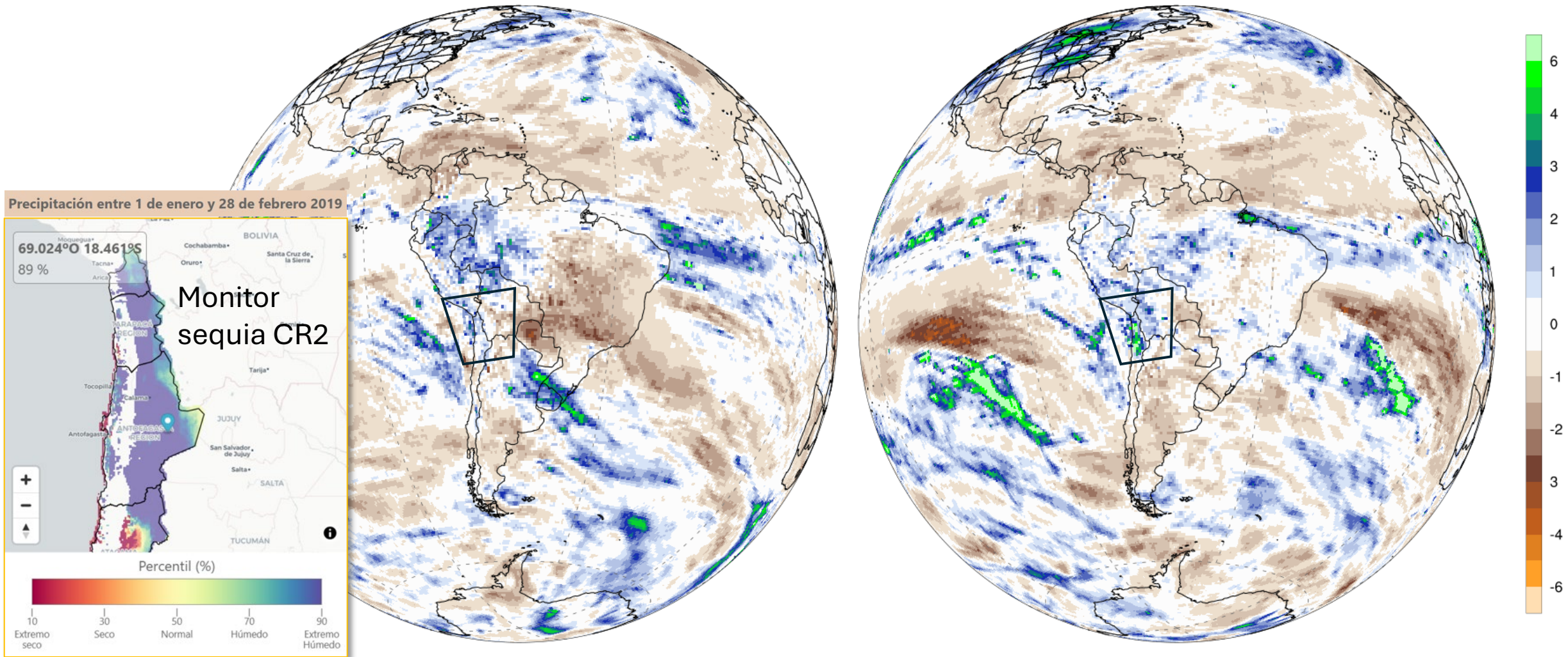
ClimateReanalyzer.org | Climate Change Institute | University of Maine

But, against our expectations, January and February 2019 were significantly **wet across the central Andes**

Acc. Precipitation Standard Anomaly (σ)
January 2019 - 1979-2000

Acc. Precipitation Standard Anomaly (σ)
February 2019 - 1979-2000

ECMWF ERA5 (0.5x0.5 deg)





When it rains, deluges!

Revive el tiempo real de la emergencia generada en el norte a raíz de las intensas lluvias

El Presidente Sebastián Piñera aterrizó pasadas las 18:00 horas en la zona, y durante este sábado visitará Arica e Iquique, para constatar los daños causados por las intensas lluvias.

09 de Febrero de 2019 | Por Equipo de Actualidad | **e. EN TIEMPO REAL**

Ordenar por :  

Lo que se sabe hasta ahora:

Seis personas fallecidas ha dejado el evento meteorológico en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama.

La inusual lluvia ha dejado aislados, **cortes de camino por rodados** y provocado el **desborde de ríos**, como El Loa. La Ruta 5 Norte es una de las afectadas.

Durante esta tarde, **el Presidente Sebastián Piñera decretó zona de catástrofe para la provincia de El Loa** y este sábado recorrerá las zona afectadas: Estará hasta el domingo en el Norte Grande.

sobre posibles
s precordillerana:



elmostrador

Lluvias obligan a principales mineras del norte a detener sus faenas

Escuchar: Lluvias obligan a principales 00:00 oedimo



Por: Bloomberg [VER MÁS](#)



Fuertes lluvias e inundaciones que han afectado al norte del país que produce más cobre a nivel mundial durante la última semana obligaron a empresas a detener algunas de sus operaciones.



La cuprífera estatal, Codelco, paralizó sus actividades en las divisiones ro Hales durante la noche del jueves, anunció la picado.

Freeport-McMoRan permanece inactivo desde el fono el líder sindical Robinson Paniagua. Las tres alama, al norte del país.

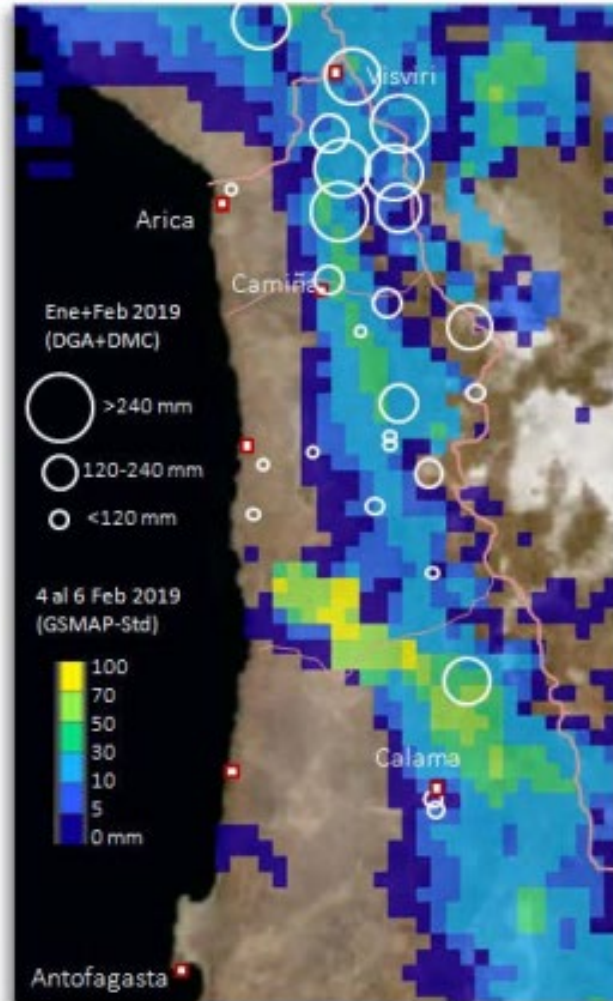
as y tormentas eléctricas en el norte continúen moderada hasta el 10 de febrero, según el



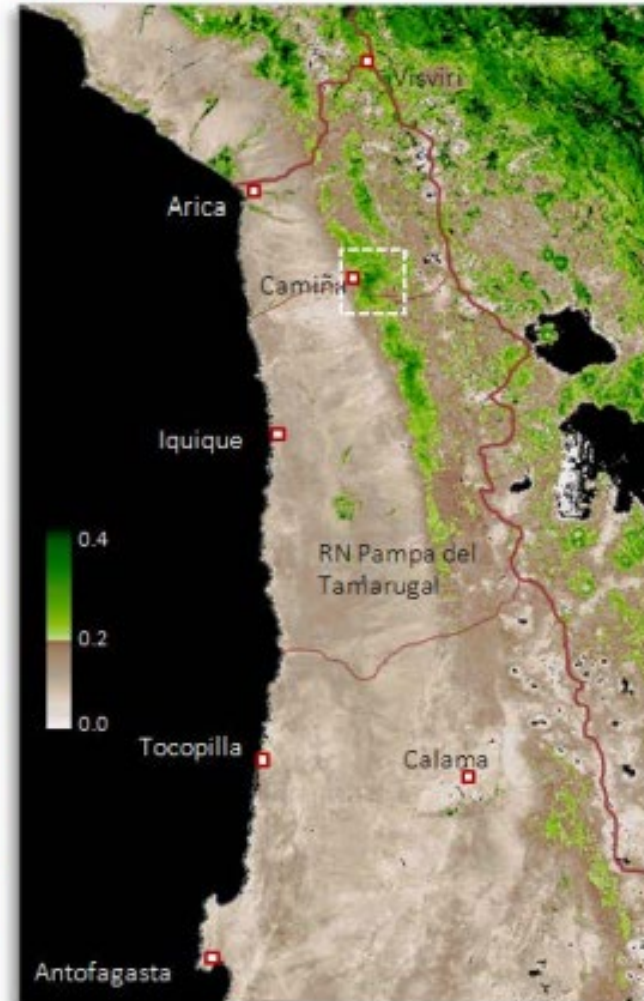
Luego de la tormenta...vienen las flores

René D. Garreaud. DGF-UCh + CR2

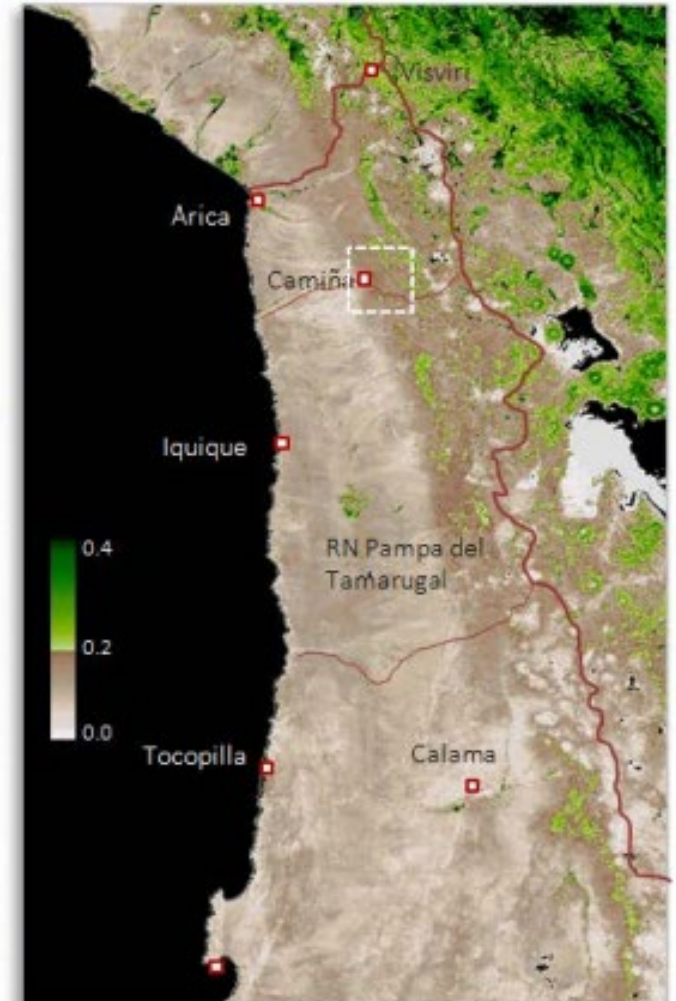
(a) Precipitación acumulada 2019



(b) NDVI 20-28 Marzo 2019



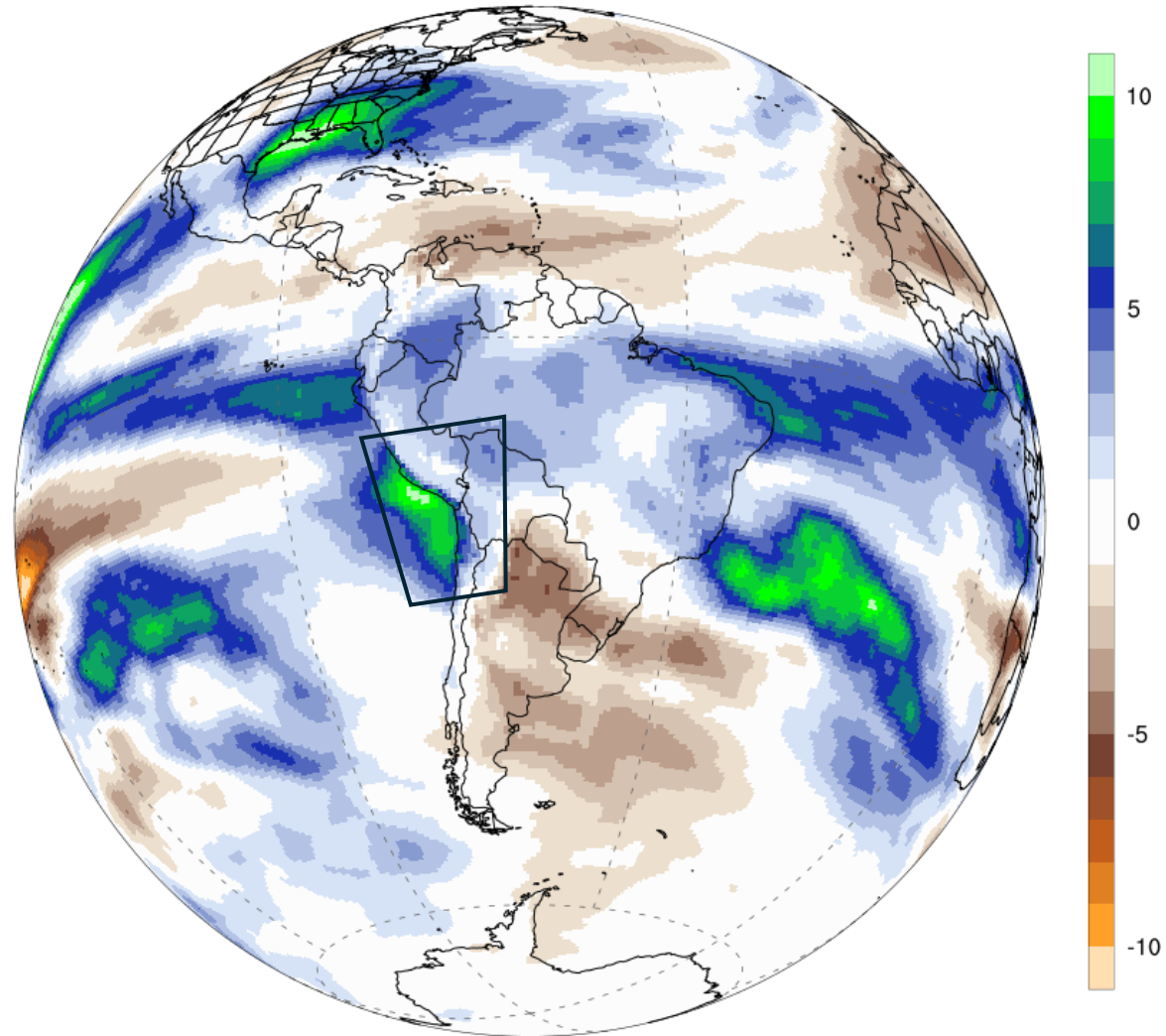
(c) NDVI 20-28 Marzo 2018



The unusual suspect....**very moist air** over the “Arica bight.”

Precipitable Water Anomaly (kg m⁻²)
February 2019 - 1979-2000

ECMWF ERA5 (0.5x0.5 deg)



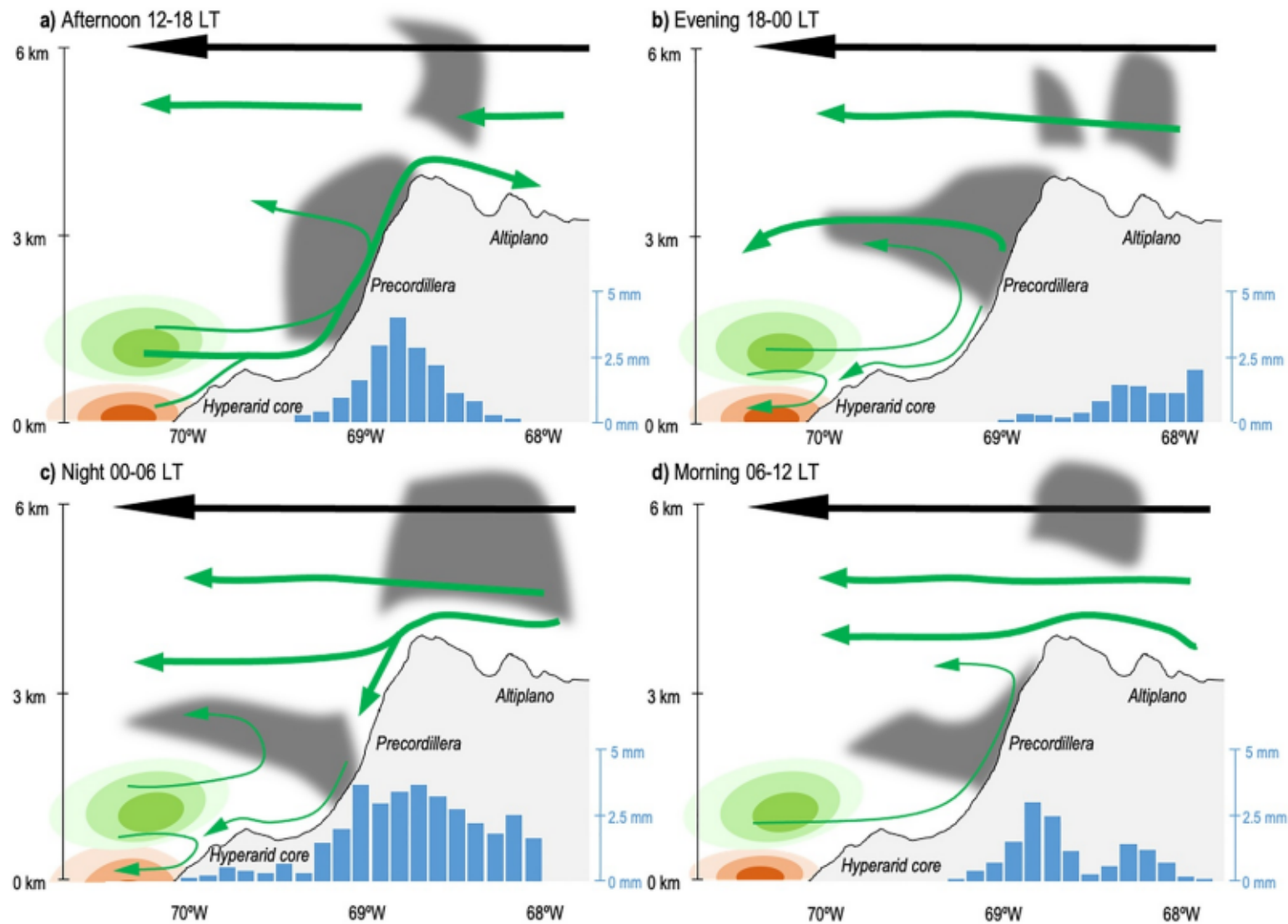


Figure 3. Schematic figure of a cross section over the Atacama Desert between 18–22°S and 71–68°W for the 2019 extreme rainfall event. Meridional moisture transport from the north and south is shown in green and orange ovals, respectively. Zonal humidity flux is presented in green arrows. In black, the predominant easterly upper troposphere wind is given. Clouds are shown in gray. Rainfall is presented in blue bars (mm 6 hr⁻¹). Four-time segments: (a) afternoon (12–18 LT), (b) evening (18–00 LT), (c) night (00–06 LT), and (d) morning (06–12 LT).

Vicencio et al.2022





UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA

ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN PRE-ALTIPLÁNICA DE VERANO EN EL NORTE DE CHILE

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

TOMÁS RAIMUNDO CABALLERO MORÁN

PROFESOR GUÍA:
RENÉ GARREAUD SALAZAR

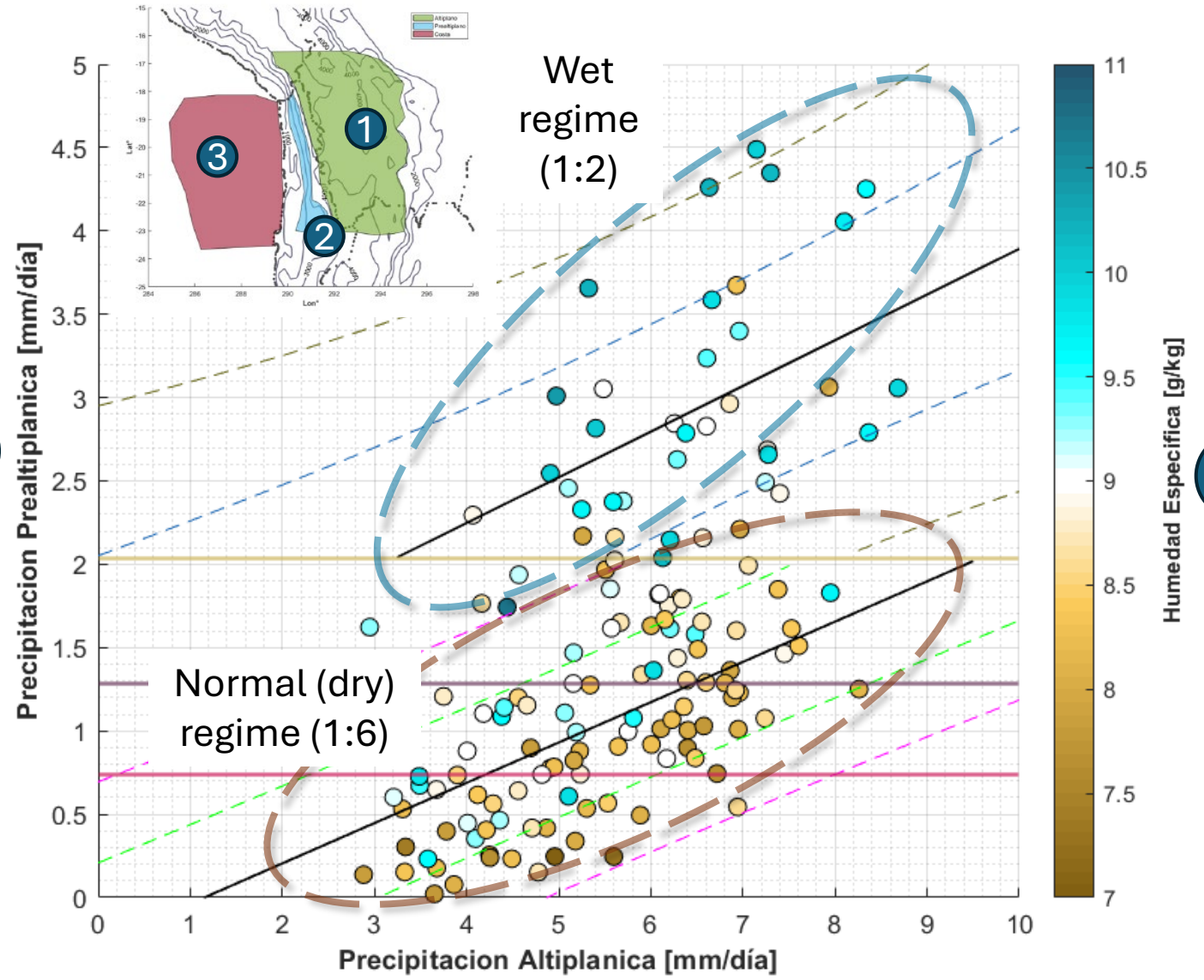
MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
PATRICIO ACEITUNO GUTIERREZ
ALDO MONTECINOS GULA

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por:
CR2

SANTIAGO DE CHILE
2023



ERA5/CR2Met Monthly data (D,J,F, 1979-2022)



2

3

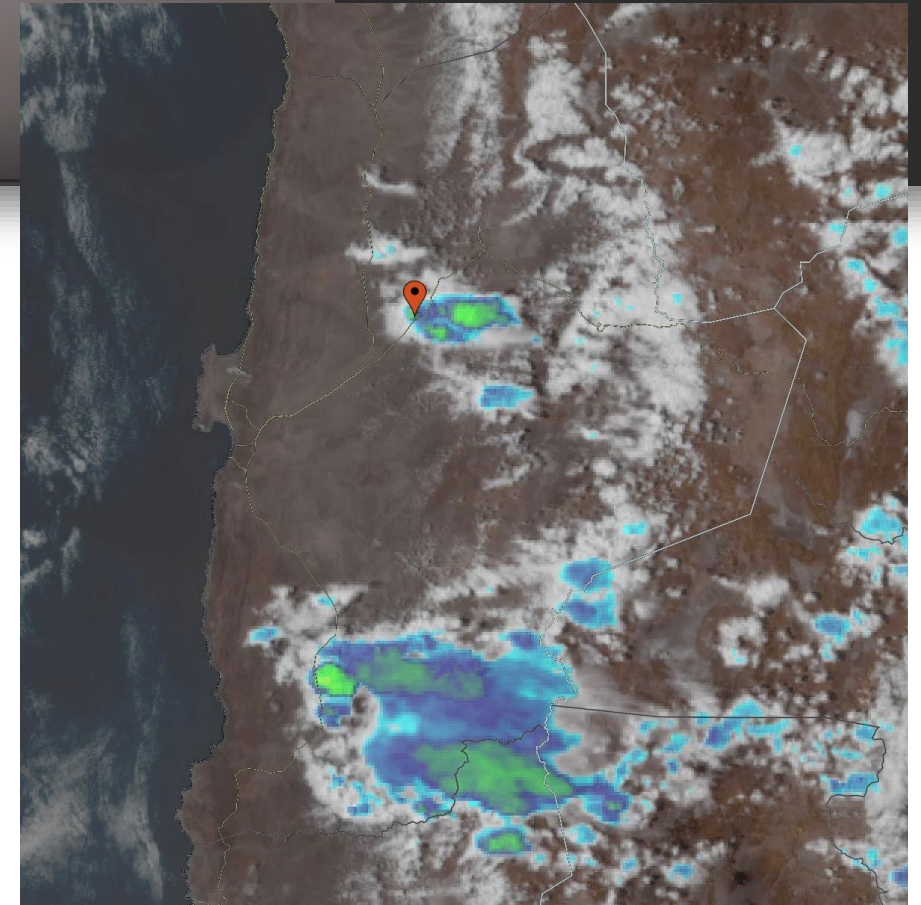
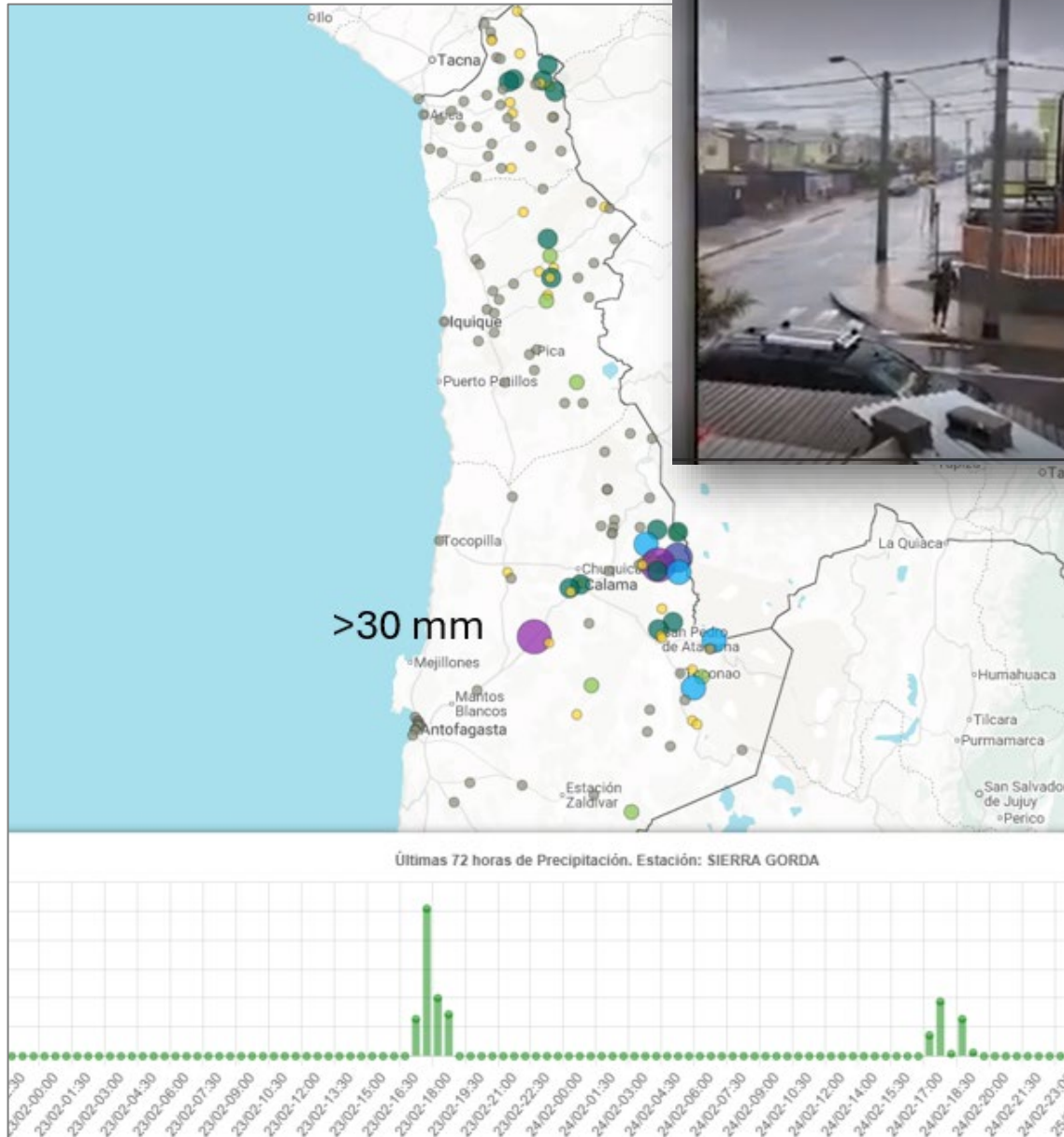
1

When it rains, deluges!

Video from Sierra Gorda (annual mean precipitation ~ 1 mm), 23 Feb 2026



When it rains, deluges!



Miércoles 25 de febrero de 2026

Antofagasta

Millonarios daños tras fuertes precipitaciones en Sierra Gorda

60 viviendas de forma resultaron con daños en la comuna de Sierra Gorda, tras las fuertes precipitaciones registradas entre lunes y martes. Intensas lluvias que incluso superaron lo pronosticado, alcanzado hasta los 48 milímetros en cortos periodos de tiempo.

Convective storms in the Atacama/Pre-Altiplano region: When it rains, deluges!

- Predictability
- Monitoring (Rain gauges, radar, lightning)
- Impacts (flash floods, aquifer recharge)
- Recurrence period

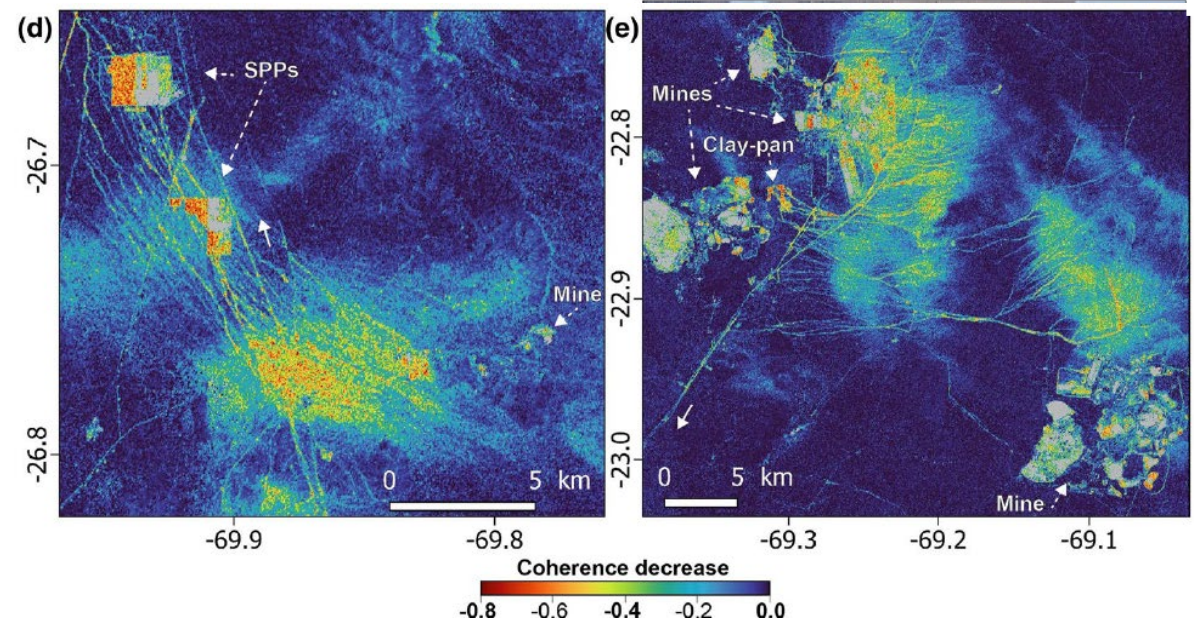
Natural Hazards (2023) 116:1345–1353
<https://doi.org/10.1007/s11069-022-05707-y>

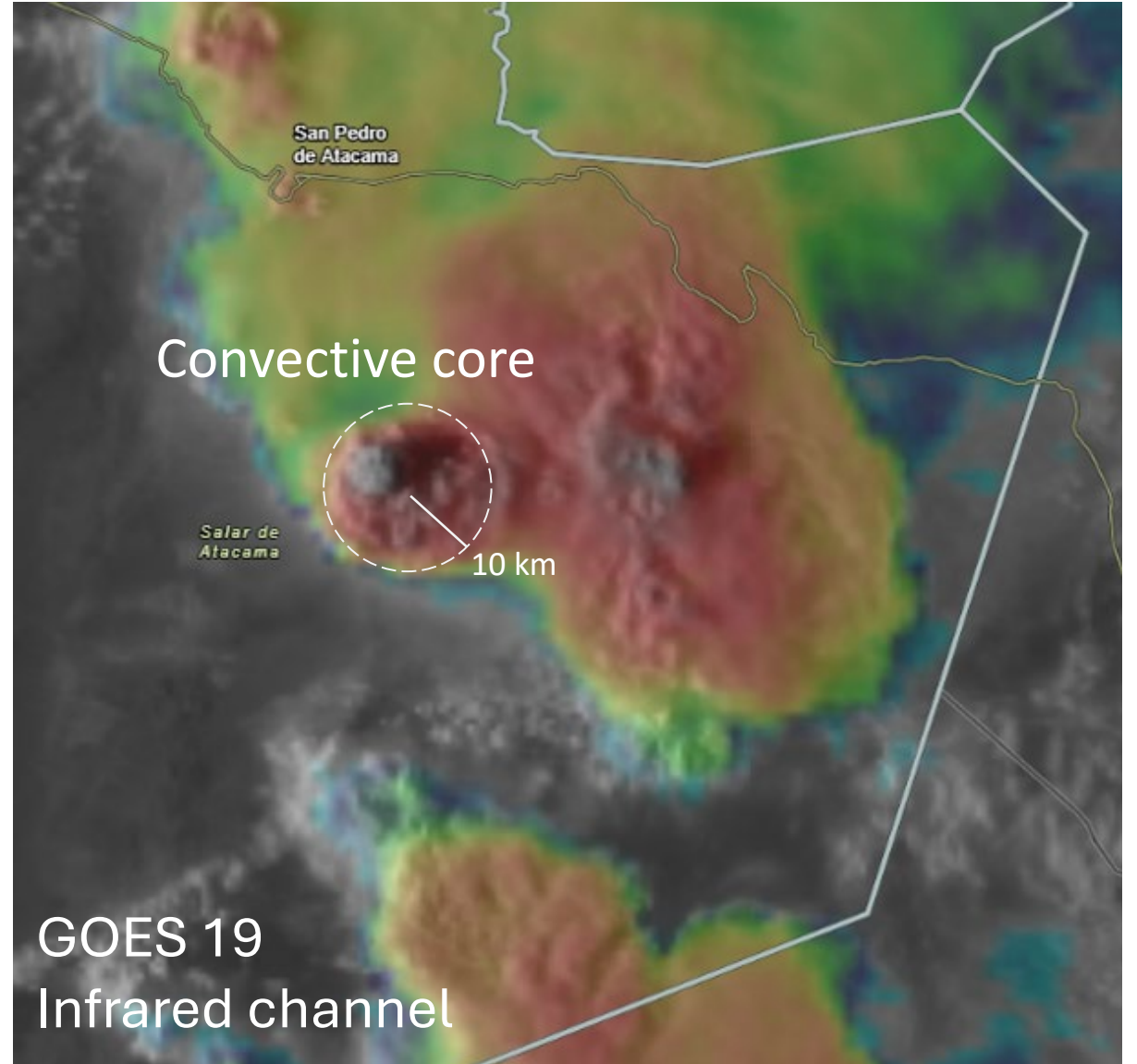
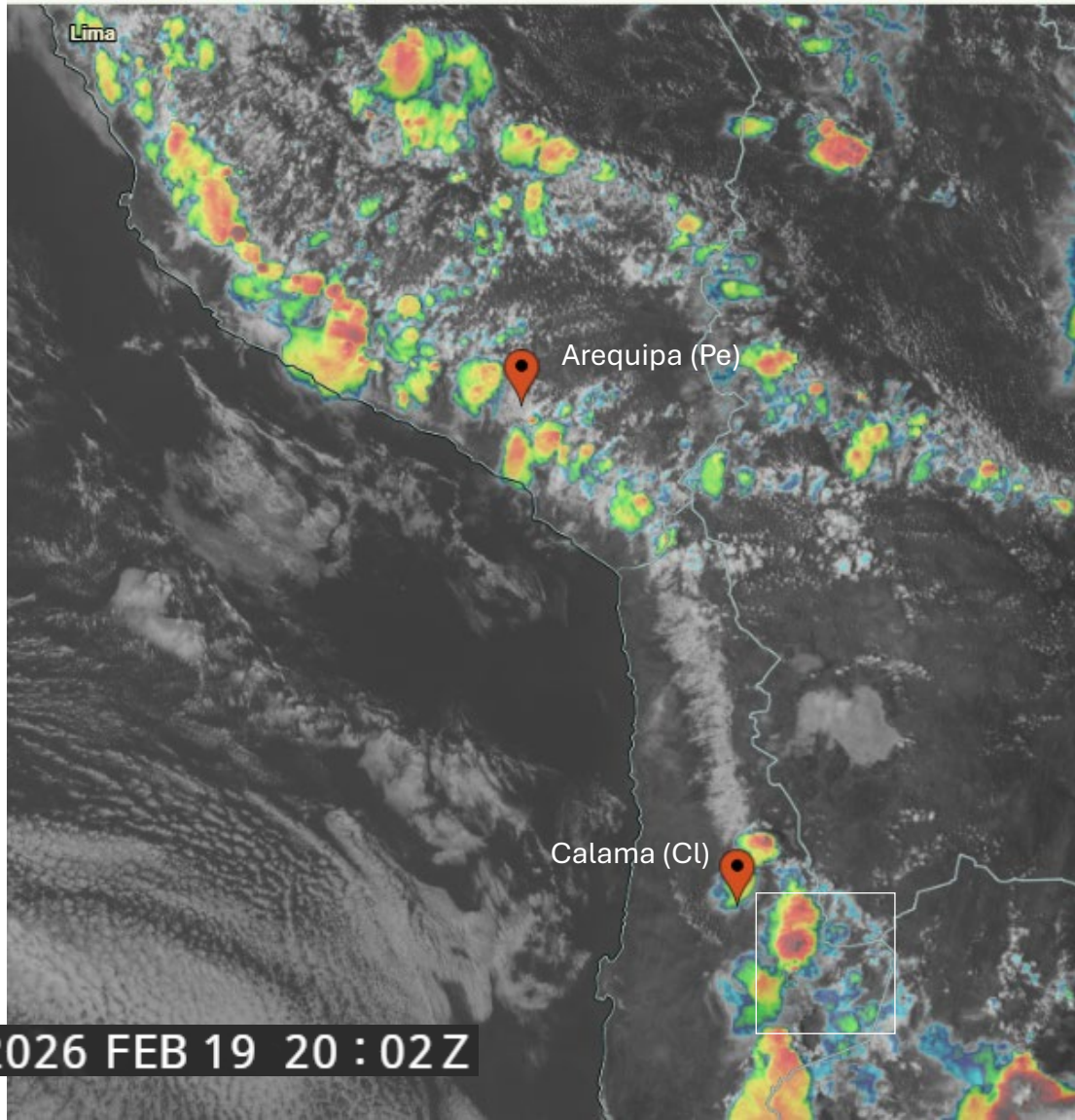
RESEARCH LETTER



Flash floods triggered by the 15–17th March 2022 rainstorm event in the Atacama Desert mapped from InSAR coherence time series

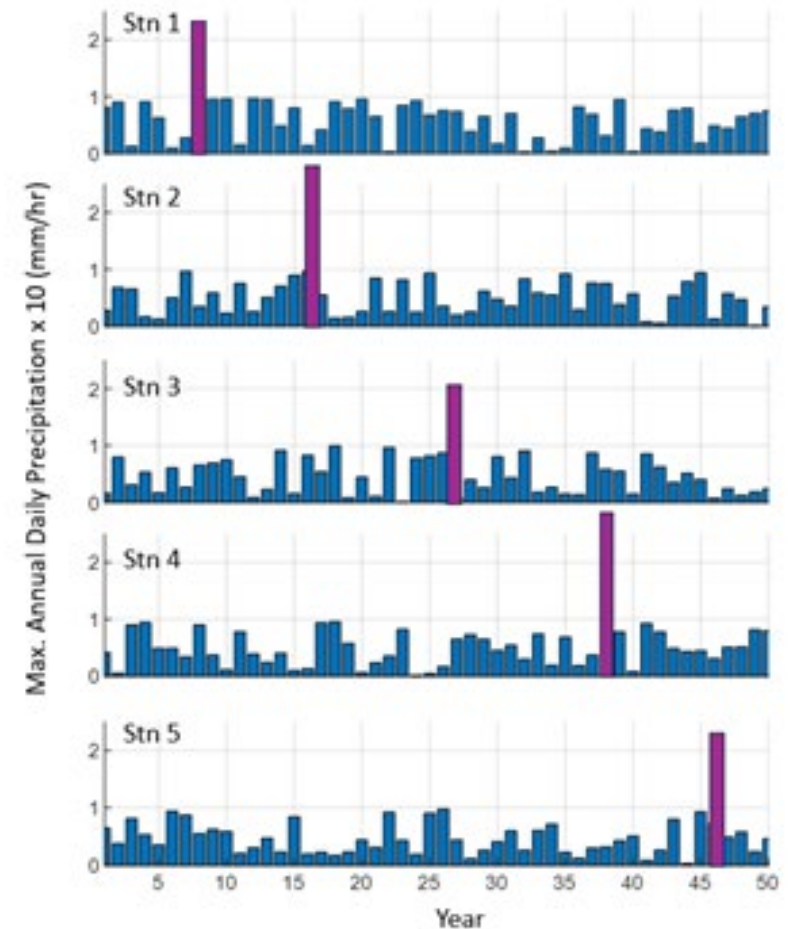
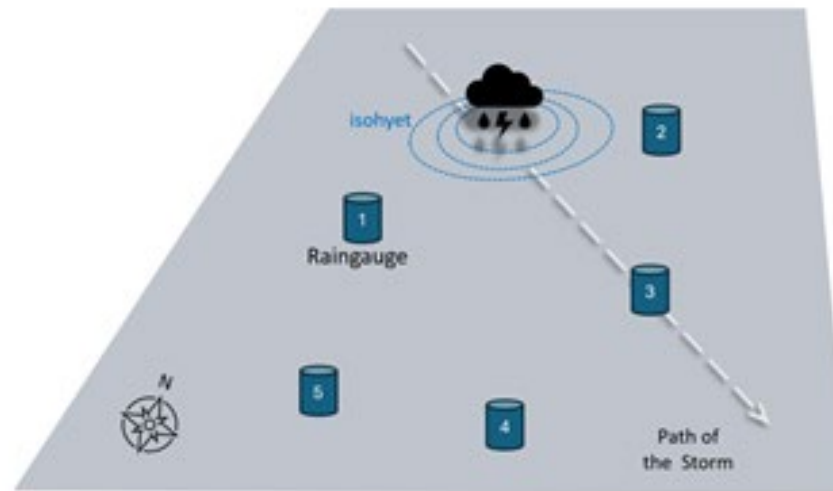
Albert Cabré^{1,2} · Dominique Remy¹ · Odin Marc¹ · Katy Burrows¹ · Sébastien Carretier¹





Convective storms in the Atacama/Pre-Altiplano region: When it rains, deluges!

- Predictability
- Monitoring (Rain gauges, radar, lightning)
- Impacts (flash floods, aquifer recharge)
- Recurrence period



Convective storms in the Atacama/Pre-Altiplano region: When it rains, deluges!

- Predictability
- Monitoring (Rain gauges, radar, lightning)
- Impacts (flash floods, aquifer recharge)
- Recurrence period

Natural Hazards (2025) 121:13723–13740
<https://doi.org/10.1007/s11069-025-07337-6>

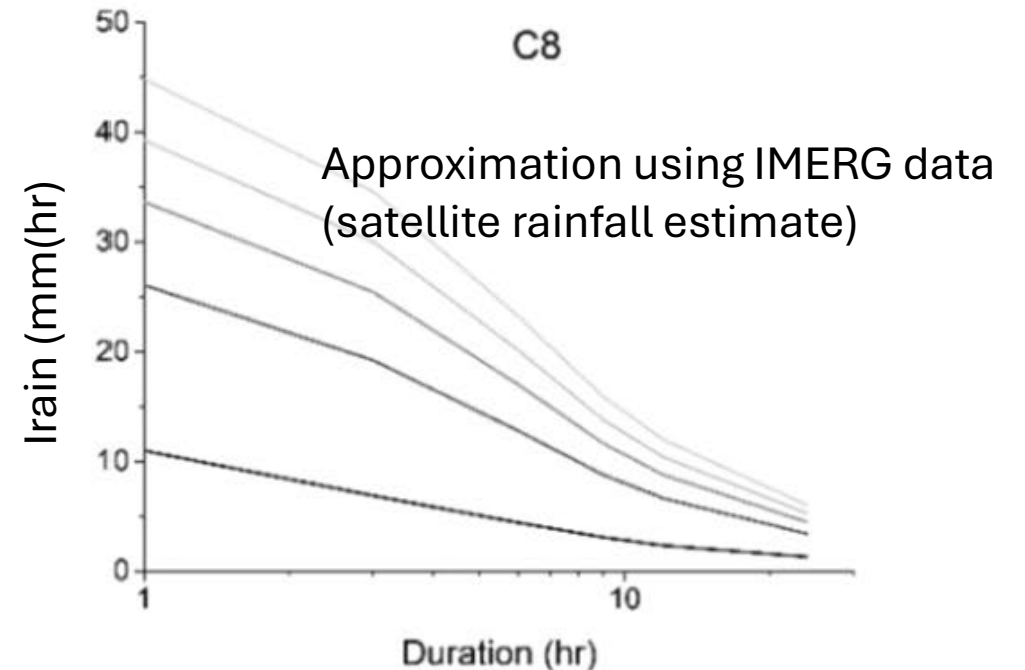
ORIGINAL PAPER



The practically ungaugable and damaging storms
of the Atacama Desert, Chile

Hernán Alcayaga¹ · Oscar Link² · Catalina Mendoza Leal² · Pedro Arriagada³

Received: 30 January 2025 / Accepted: 23 April 2025 / Published online: 22 May 2025
© The Author(s), under exclusive licence to Springer Nature B.V. 2025

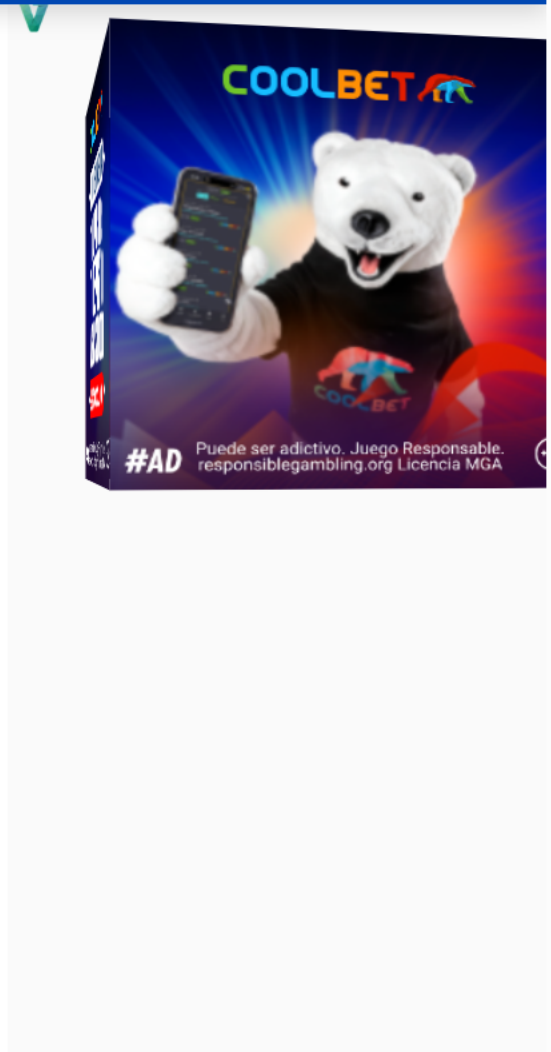


Municipio de Maipú: Más de 700 familias "perdieron absolutamente todo" tras el temporal

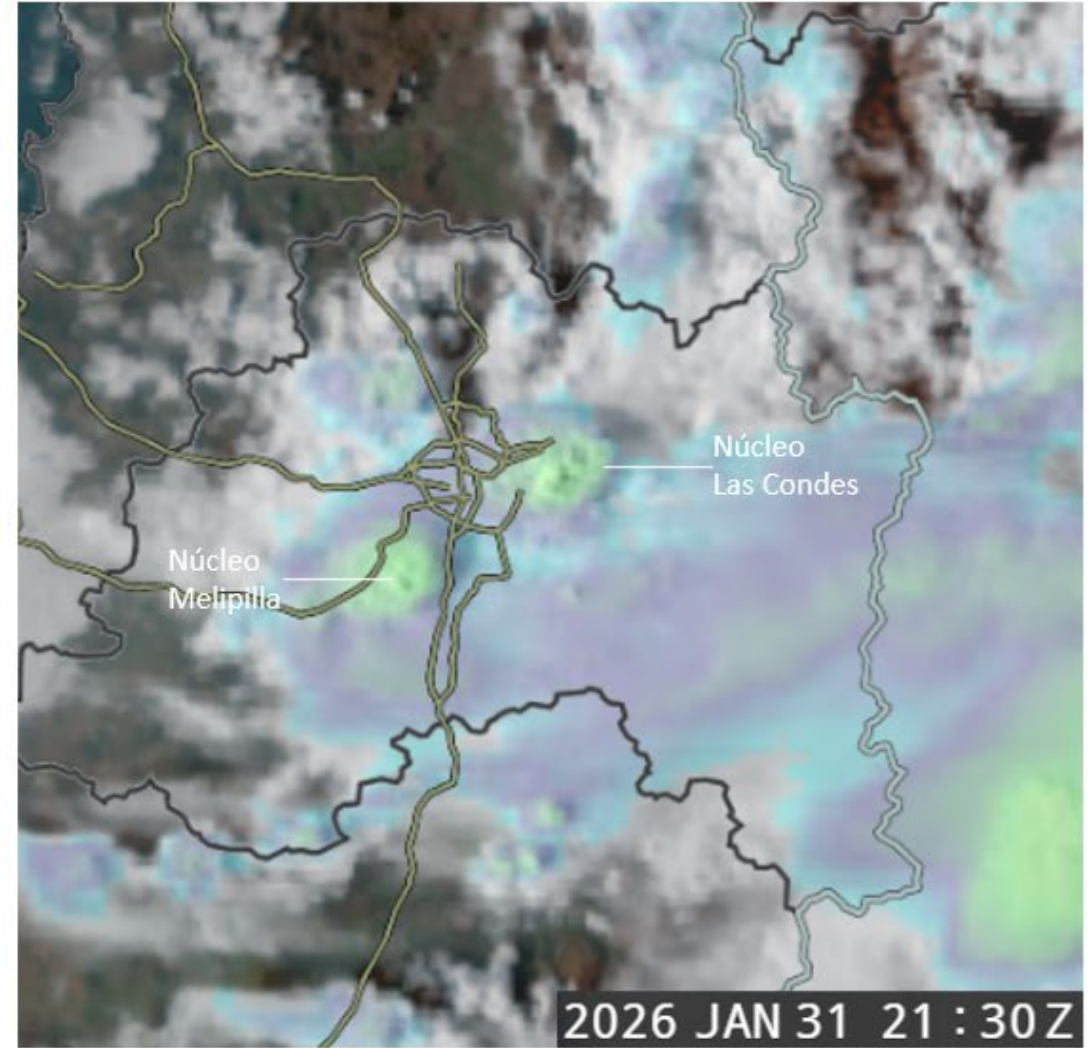
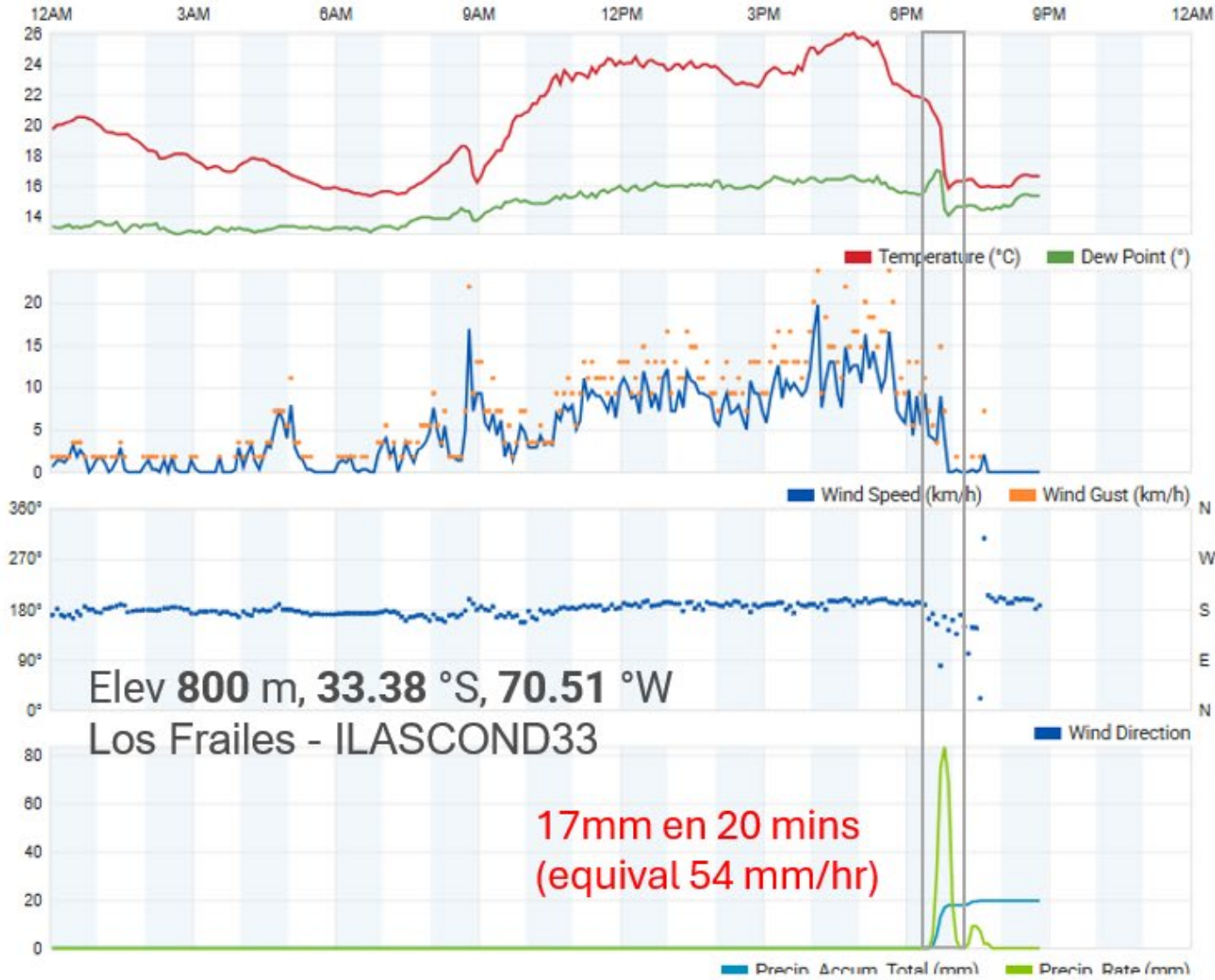
Publicado: Domingo, 1 de Febrero de 2026 a las 13:37hrs. | Periodista Digital: [Cooperativa.cl](https://cooperativa.cl)

- El alcalde Tomás Vodanovic lamentó inundaciones "de un metro y medio de agua" en viviendas, que destruyeron vehículos y bienes y causaron la muerte de mascotas.
- "Fue como un tsunami que arrasó con todo", relató, y denunció que la ciudad "se planificó con criterios de desigualdad".
- Horas antes, el delegado presidencial (s) de la RM, Andrés Hidalgo, informó de una "serie de intervenciones" desarrolladas por los ministerios "para responder lo más contundente posible".
- En tanto, el jefe comunal de Lo Barnechea, Gustavo Alessandri, señaló en Cooperativa que no se registraron daños estructurales ni muertos, pero sí aislamientos.

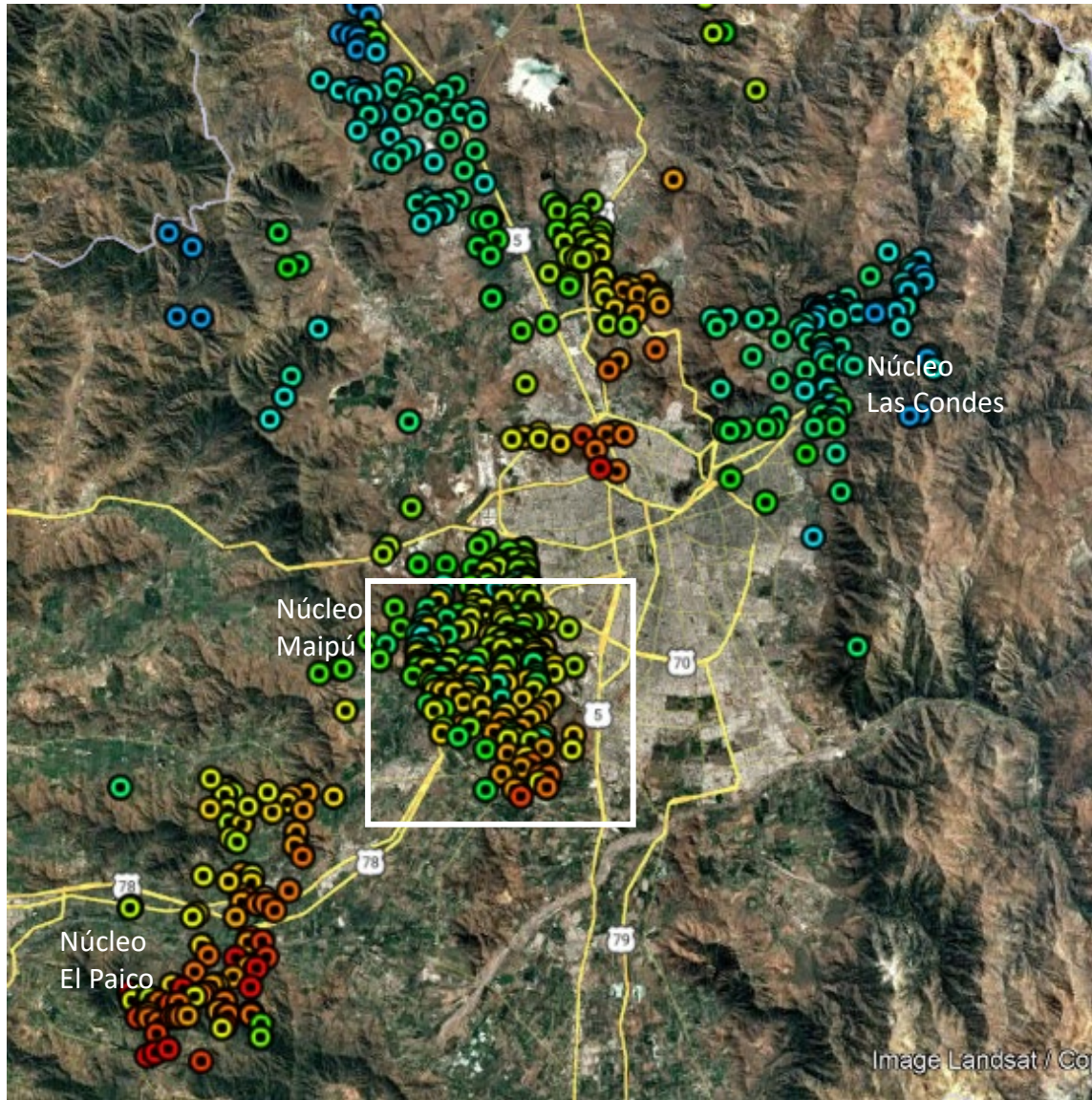
Foto: ATON (referencial)



January 31, 2026



Rayos (1 de cada 3) 6-8 PM 31 enero 2026



Detalle núcleo Maipú (Todos los rayos)

