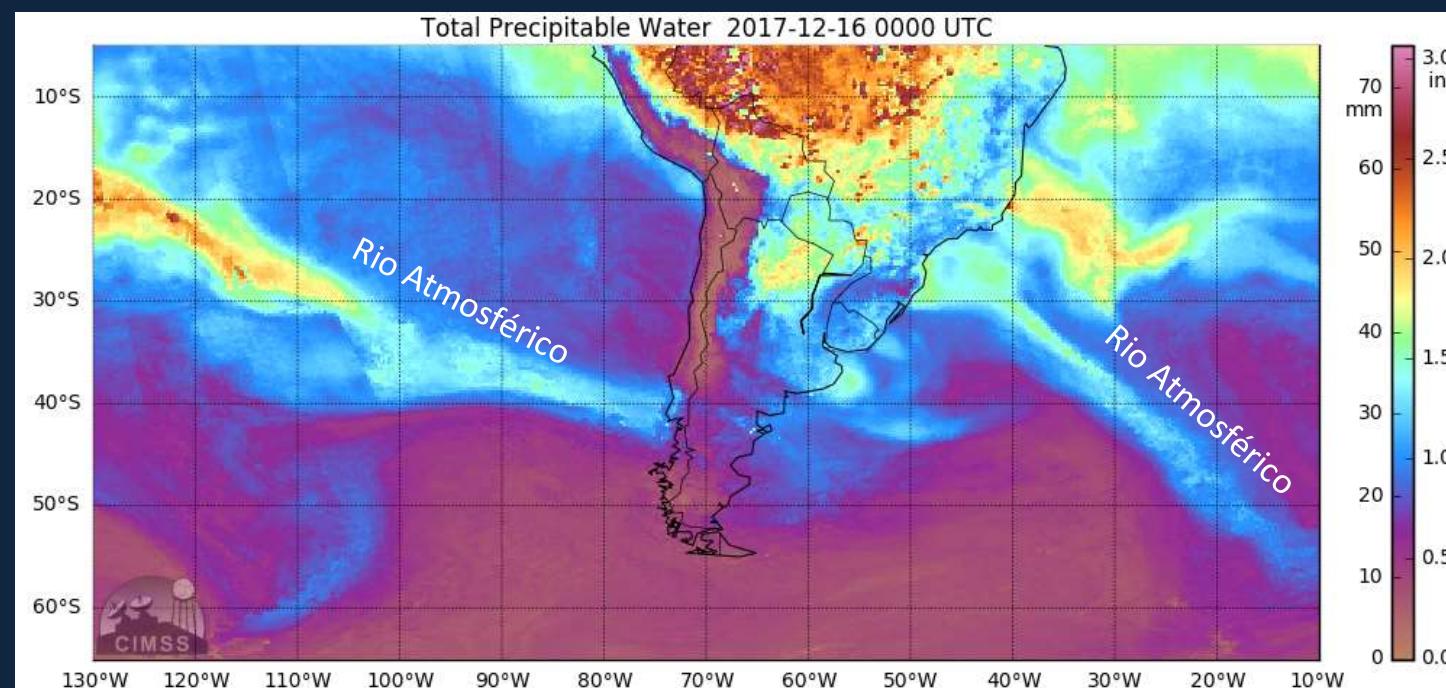


# Ríos en la Atmosfera, el inicio del ciclo del agua en nuestra Cordillera

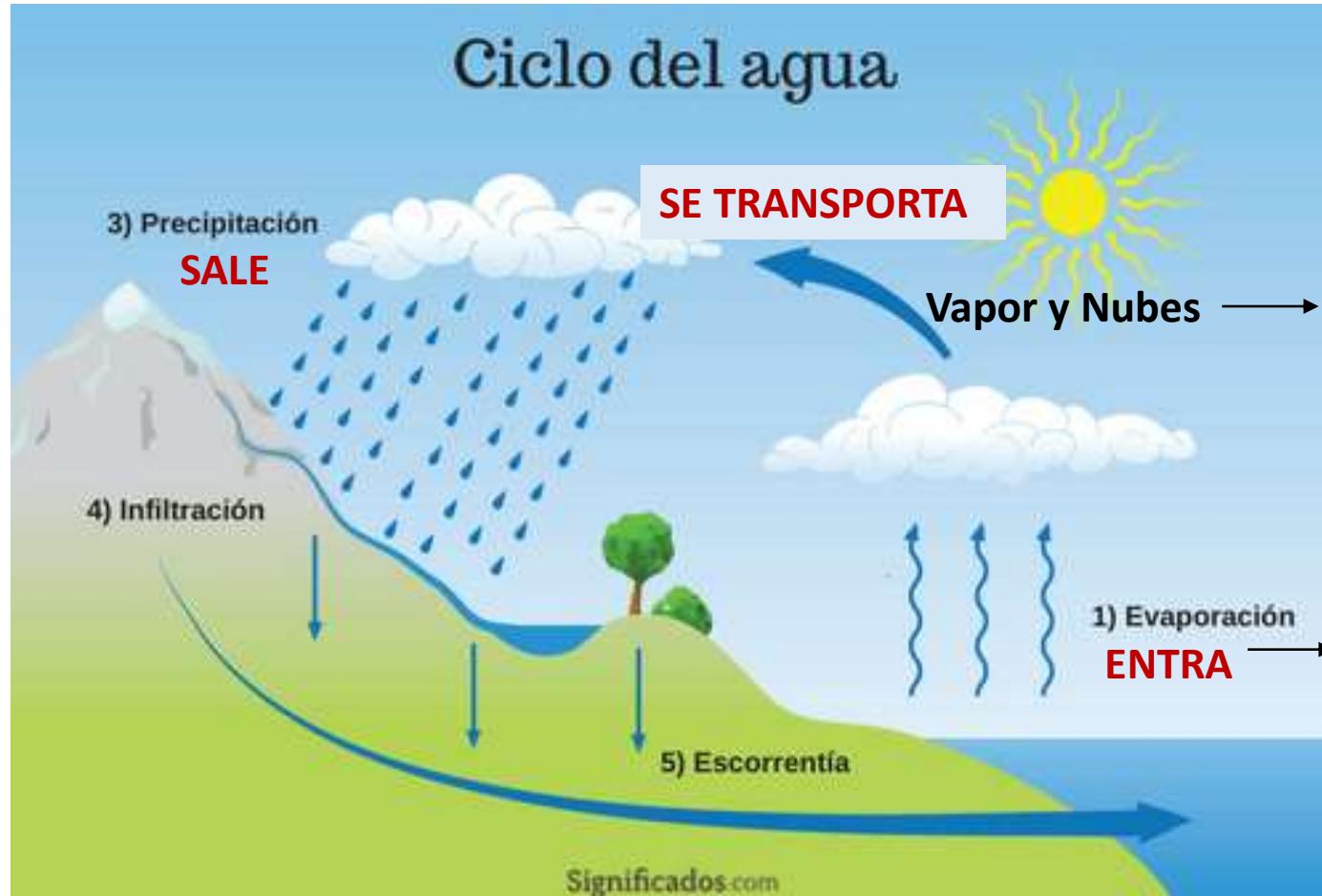
Maximiliano Viale

Instituto Argentino de Nivología, Glaciología, y Ciencias Ambientales – CONICET, Mendoza, Argentina



# El Agua en la Atmósfera

## una parte del Ciclo del Agua



# El Agua en la Atmósfera se encuentra en los 3 estados

## GAS

VAPOR DE H<sub>2</sub>O o  
HUMEDAD

Casi todo (~90%) esta  
debajo de 5km de altura



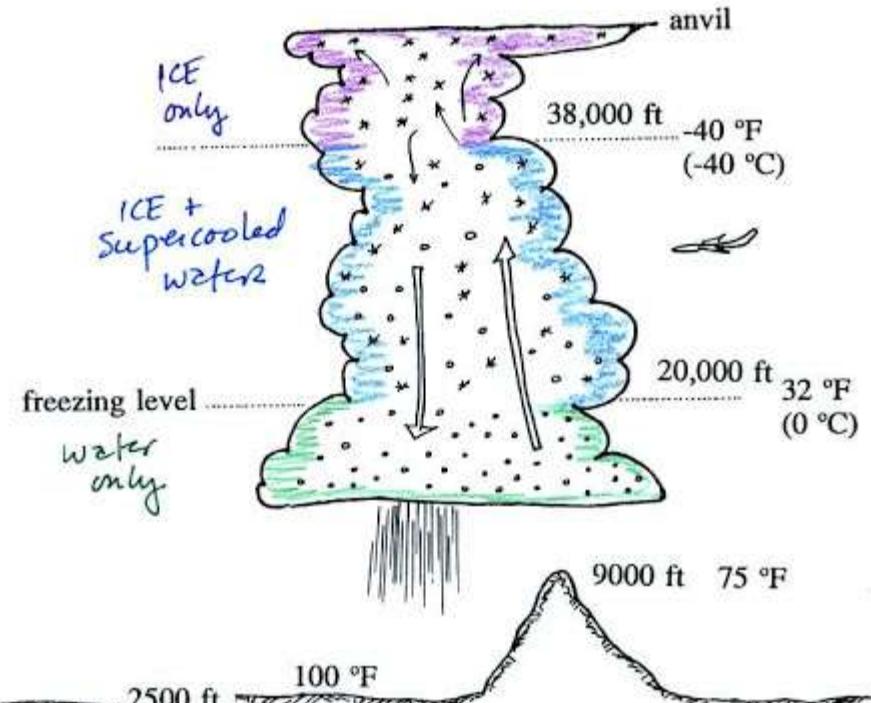
## LIQUIDO y SOLIDO

LAS NUBES

Partículas muy pequeñas de agua o  
hielo, dependiendo altura, que flotan!

Nubes Altas (15-8 km), Medias (8-4km) y  
Bajas (4-0 km)

Thunderstorm (cumulonimbus) cloud

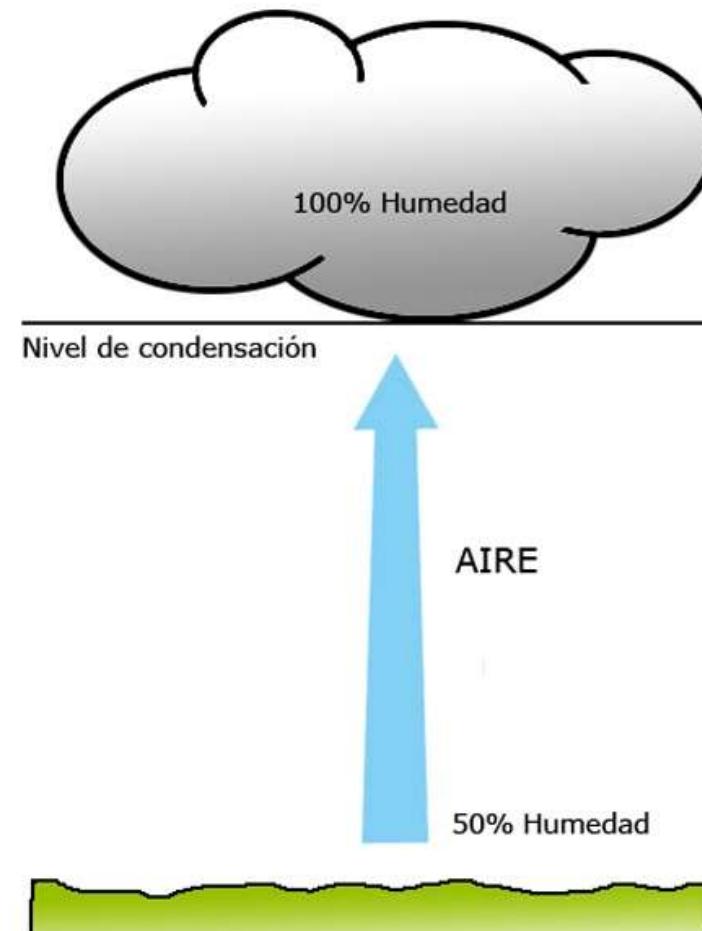


Si el Vapor de Agua en la Atmósfera asciende, se enfriá y se condensa. Se convierte en agua liquida (Nubes)

**CONDENSACION**

≠

**EVAPORACION**



# El Agua **SALE** de la Atmósfera con la **PRECIPITACION**, en estado liquido o sólido

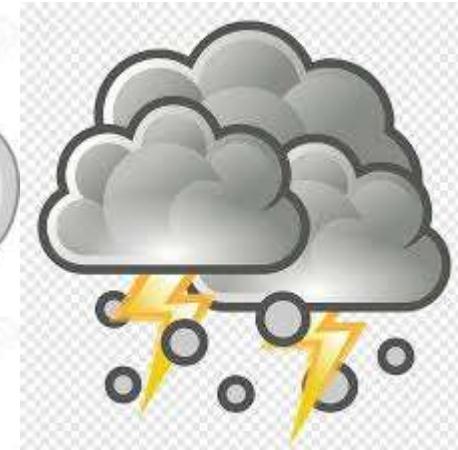
**Cuando gotas o cristales de las nubes crecieron mucho, caen o precipitan al suelo**



Mayormente  
Lluvia (líquida)



Nieve, Garrotillo o  
Granizo (sólida)



Precipitación es una componente importante del ciclo del agua presente en la atmósfera

# El Agua del planeta tierra NO se almacena en la Atmósfera, sino que se Transporta

**VAPOR H<sub>2</sub>O** es un **gas liviano** y se mueve muy largas distancias a lo largo del planeta

**El Transporte del Agua en la atmósfera es el principal rol en el Ciclo del Agua planetario**

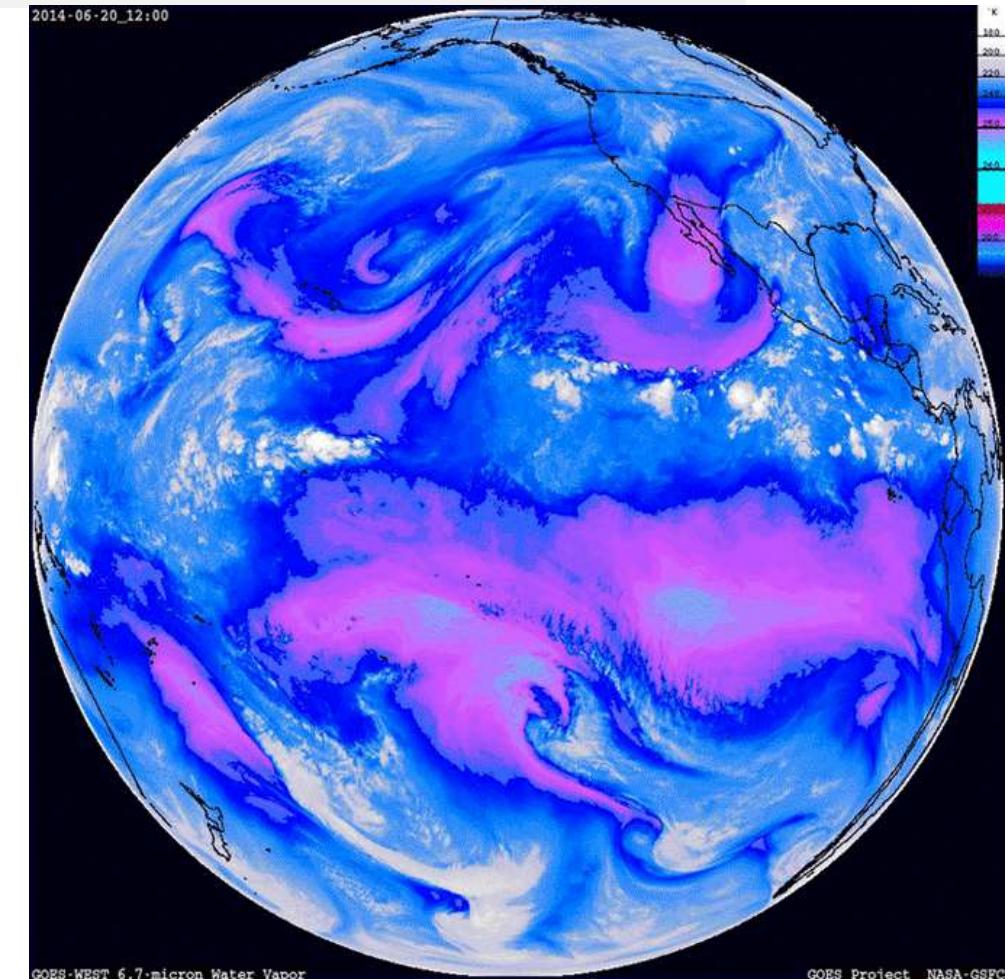
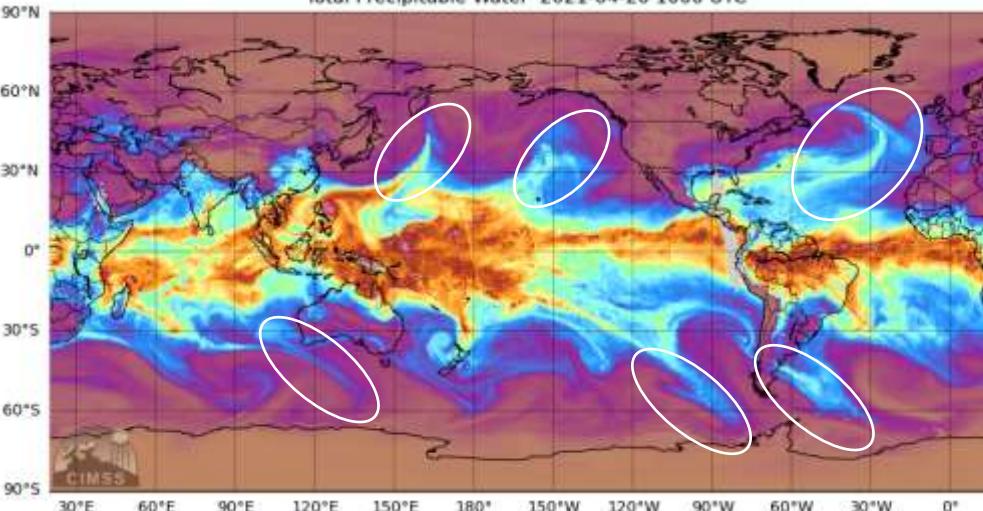
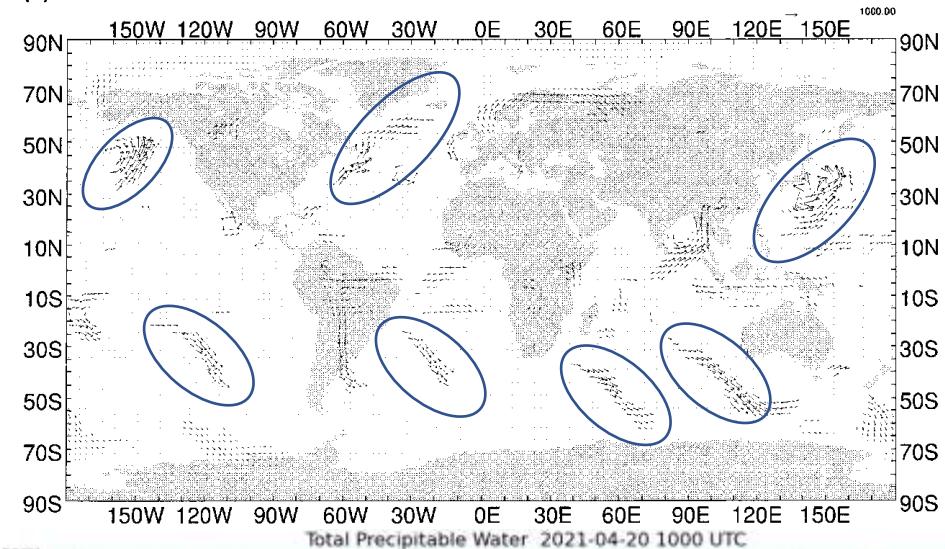


Imagen de Vapor H<sub>2</sub>O

# Hace poco se descubrió una forma muy eficiente de transporte de vapor $H_2O$ en la Atmosfera: **RIOS ATMOSFERICOS**

Estudios con Modelos Globales (computadoras) en los 90's



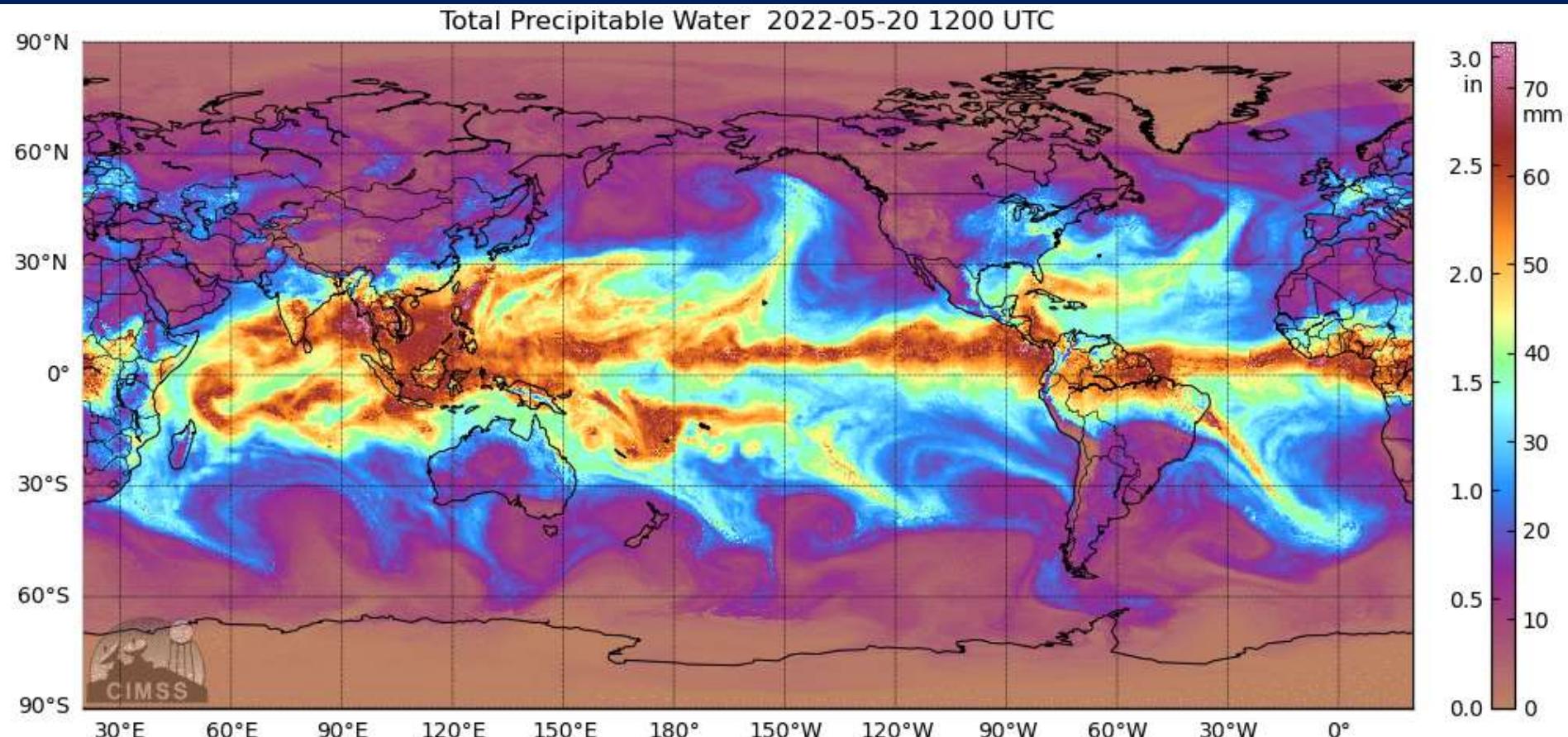
Se cuantificó que la mayoría del transporte de humedad desde los trópicos hacia los extratropicos es a través de filamentos transientes sobre los océanos

Newell et al. 1992, Zhu and Newell 1994, Newell and Zhu 1998

Observaciones con Satélites del contenido de vapor  $H_2O$  en cualquier instante detectan su existencia

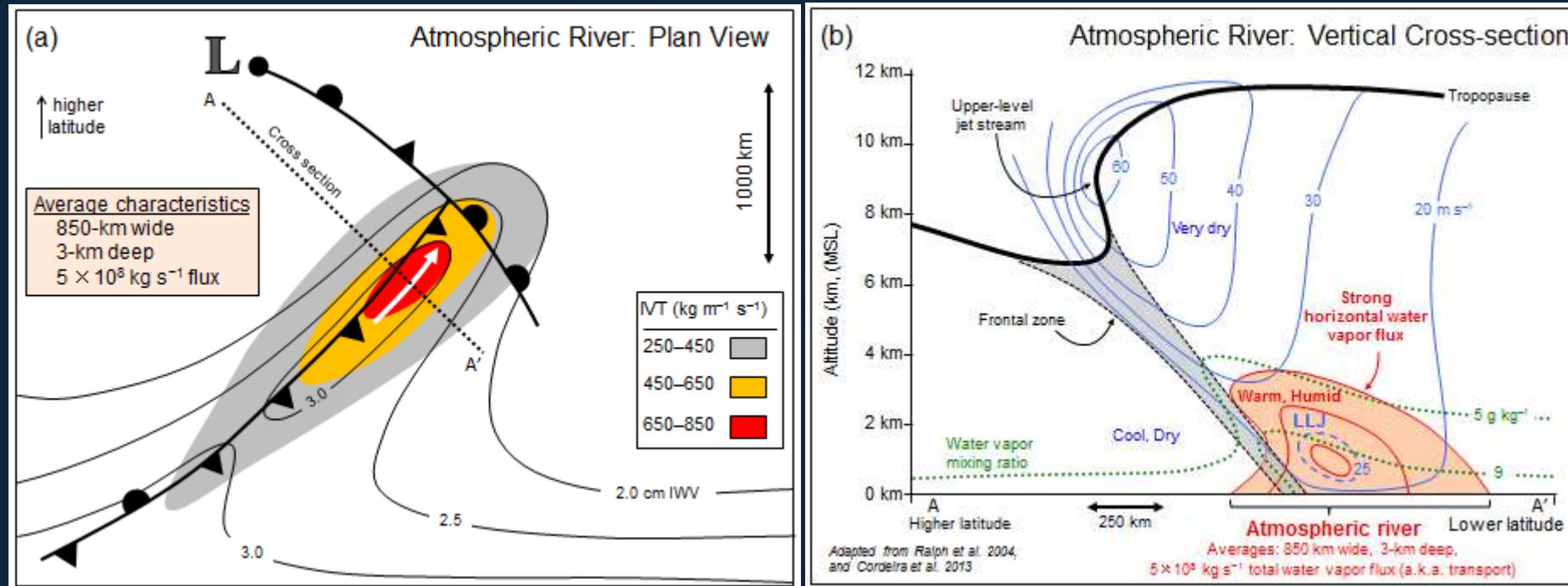
**RIOS de VAPOR  $H_2O$  en la ATMOSFERA**

# Los RIOS ATMOSFERICOS son Dinámicos (NO fluyen siempre por el mismo lugar)



A diferencia con los ríos terrestres, los ríos atmosféricos se mueven, tienen un ciclo de vida (nacen y mueren en días) y sus dimensiones son mayores: ~5000km largo, ~500-1000km ancho.

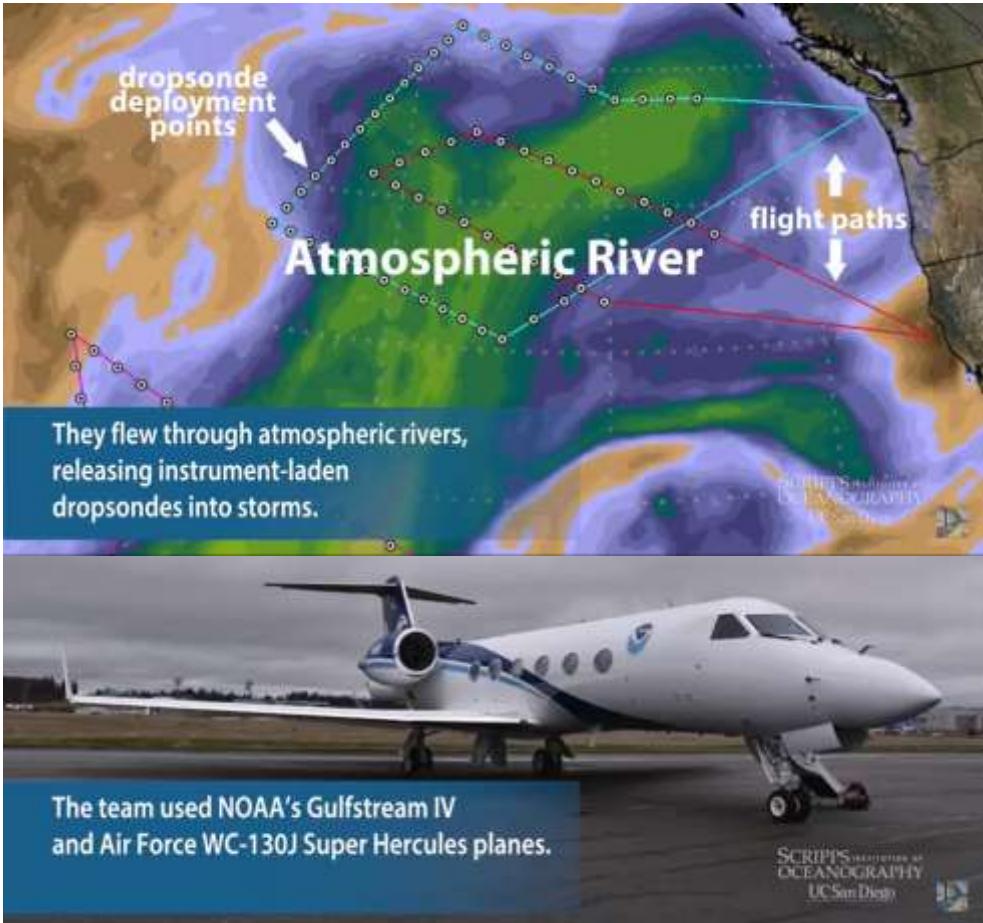
En 2017, se establece una definición de los Ríos Atmosféricos en diccionario de meteorología



Río Atmosférico: un largo y angosto corredor transiente de fuerte transporte horizontal de vapor de agua que es típicamente asociado con el chorro de niveles bajos ubicado por delante de un frente frío de un ciclón extratropical.

# RIOS ATMOSFÉRICOS

son los más largos y caudalosos del Planeta!



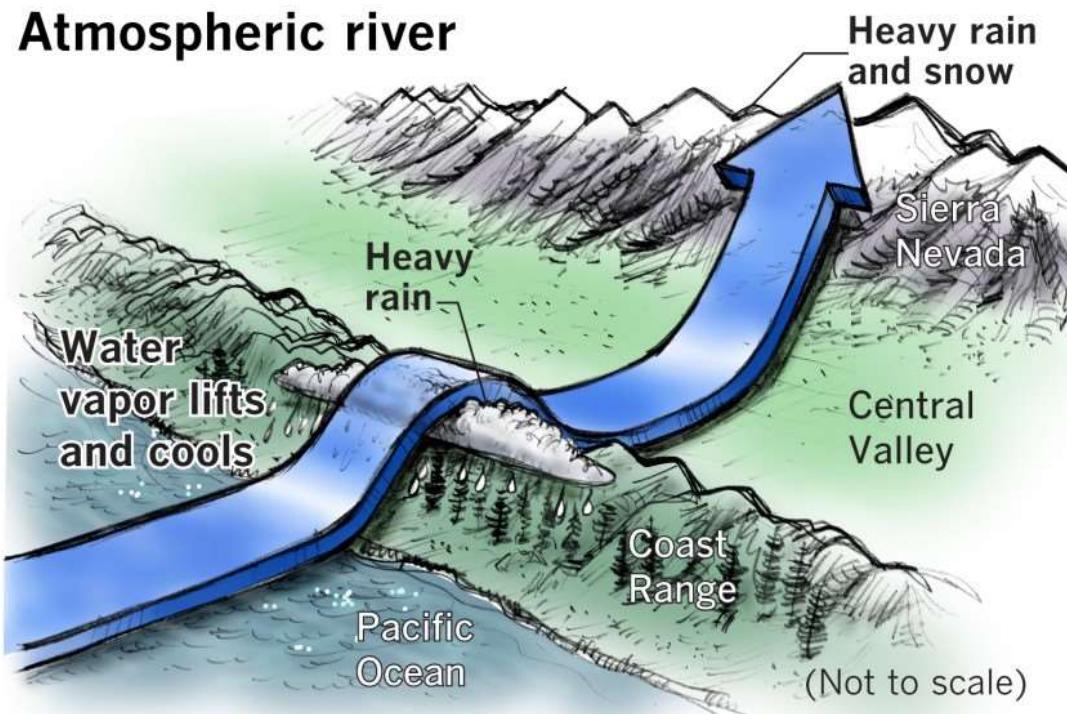
El transporte del Vapor  $H_2O$  es mucho mayor al transporte de agua liquida en el río Amazonas

Flujo Vapor a través RAs  $\sim 850\text{km}$  es  $4.7 \cdot 10^8 \text{ Kg/s}$

Flujo Agua a través Amazona  $\sim 13\text{km}$  es  $2 \cdot 10^8 \text{ Kg/s}$

Ralph et al. MWR 2004, 2005

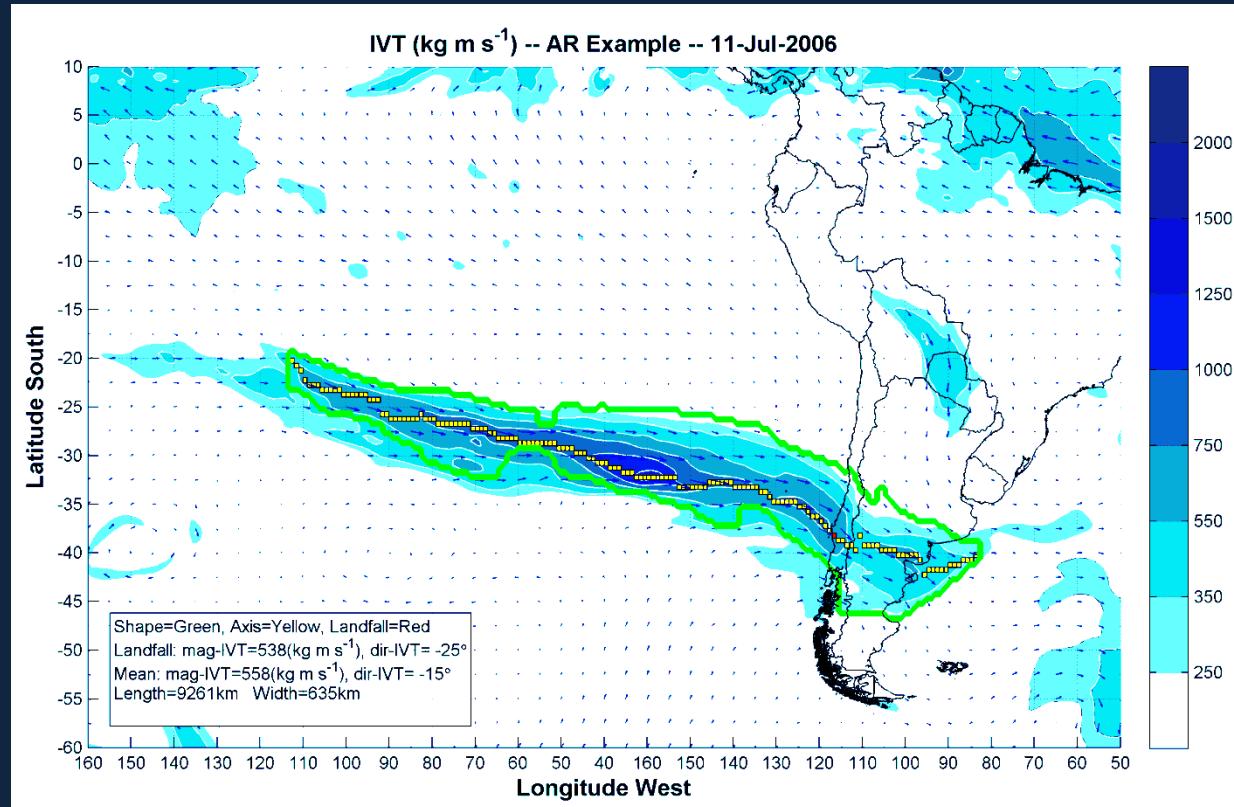
# Cuando los Ríos Atmosféricos llegan a las costas montañosas producen mucha lluvia y nieve



El aire húmedo tiene que subir las montañas, se enfriá, se condensa y produce mucha lluvia o nieve

Primeras Investigaciones en década 2000 sobre la costa oeste de EEUU sobre los impactos de los Ríos Atmosféricos en la precipitación e hidrología

# Detección de los Ríos Atmosféricos desde el Pacífico que alcanzaron la costa oeste de Sudamérica (2001-2016)

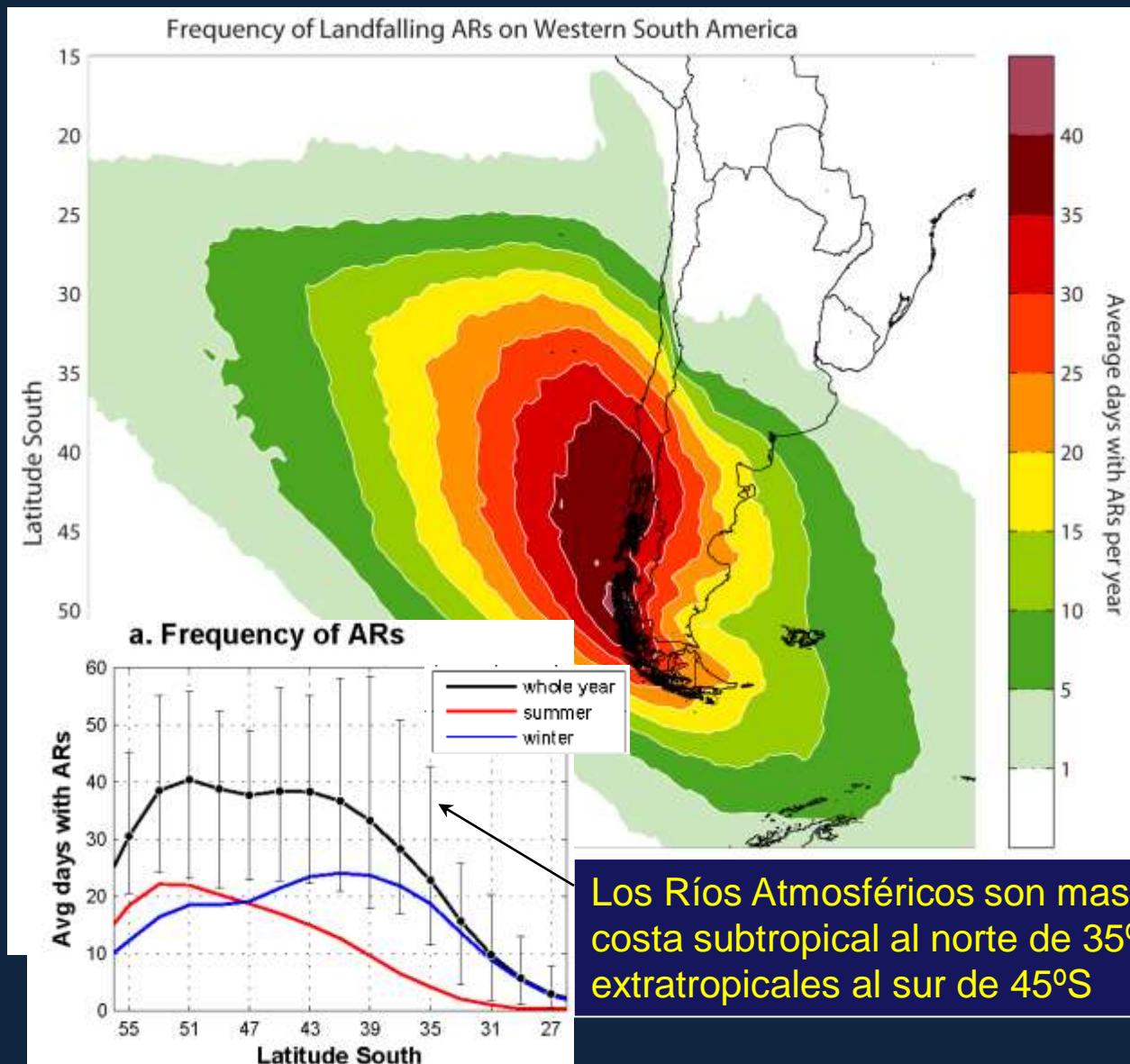


Algoritmo que usa el IVT (Integrated Vapor Transport) de Reanálisis CFSR c/6 horas.

Plumas Alargadas (>2000km) y Angostas (<1000km) de intenso transporte (IVT > IVT<sub>85Percentil</sub>)

Salidas del Algoritmo: Área, Largo, Ancho, Eje de la pluma, Dirección e Intensidad media del IVT en la pluma, Localización donde toca tierra

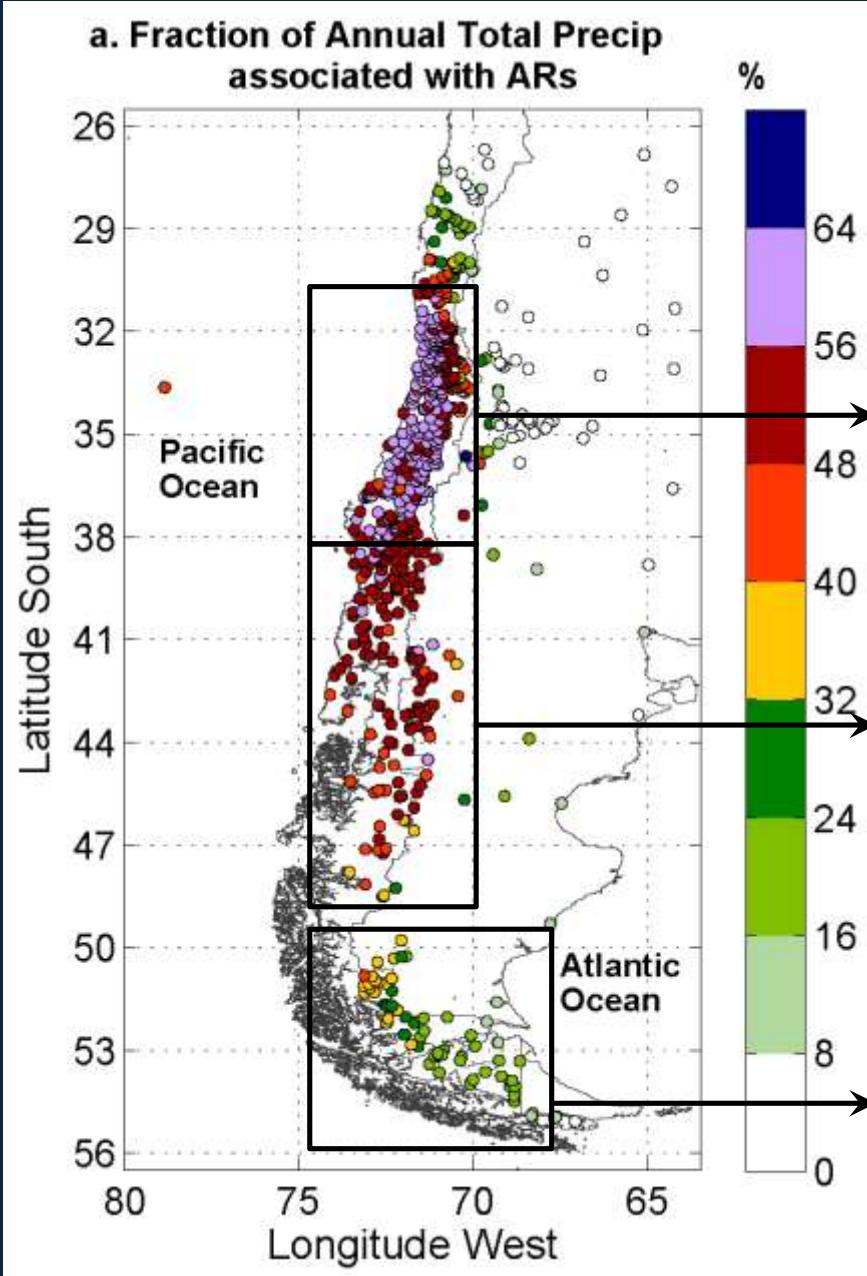
# Los Ríos Atmosféricos alcanzan la costa Oeste en promedio 35-40 días entre los 40°S-53°S



Rápida caída de la Frecuencia de Ríos en costa de Chile central y al este de Andes Centrales

Los Ríos alcanzan a penetrar en la estepa Patagonia hasta el Atlántico

# ¿Cuanta Agua nos dejan en cordillera los RA?



Usamos datos diarios de precipitación

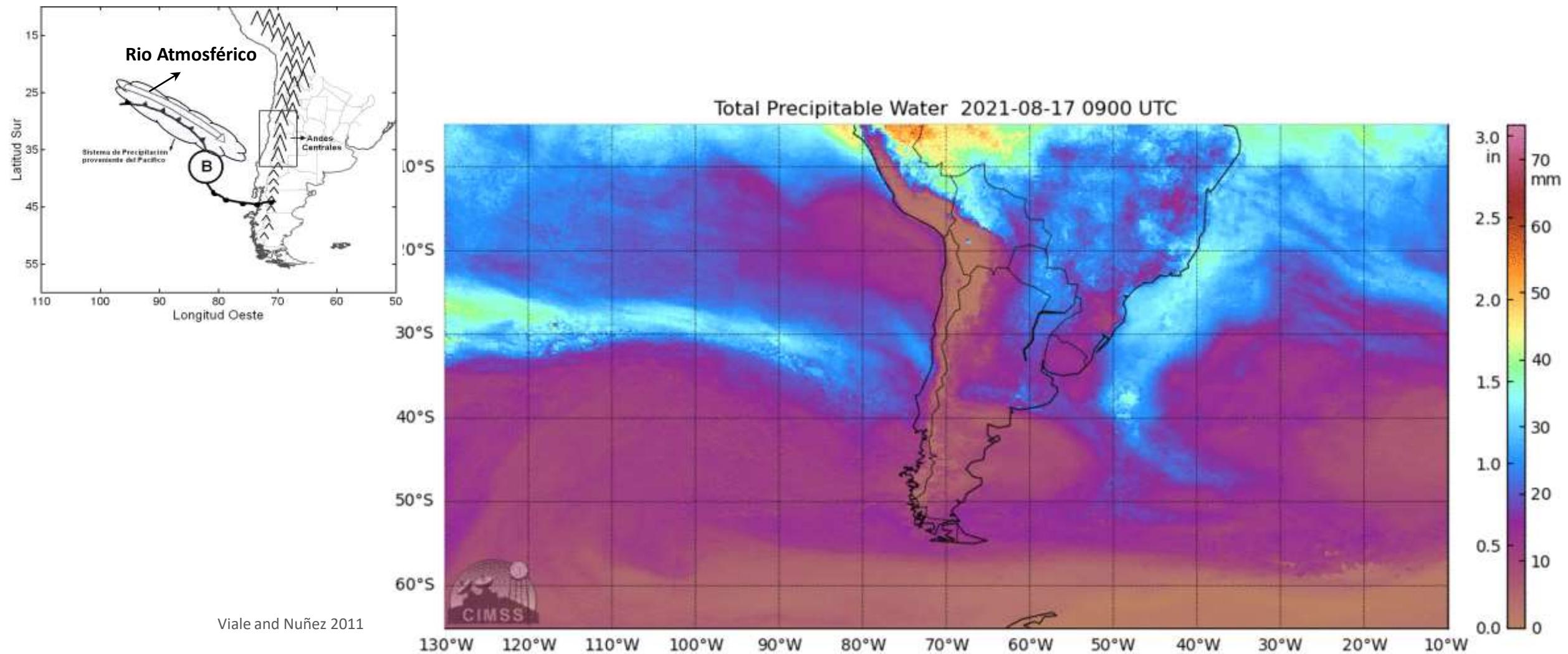
Viale, Valenzuela, Garreaud and Ralph, JHM 2018

RA proveen mas de la mitad (56%-64%) de la precipitación anual en Chile Central (38°-31°S)

La contribución de los RA es aun importante (32%-56%) en la precipitación anual sobre el NO de la Patagonia (38°-48°S)

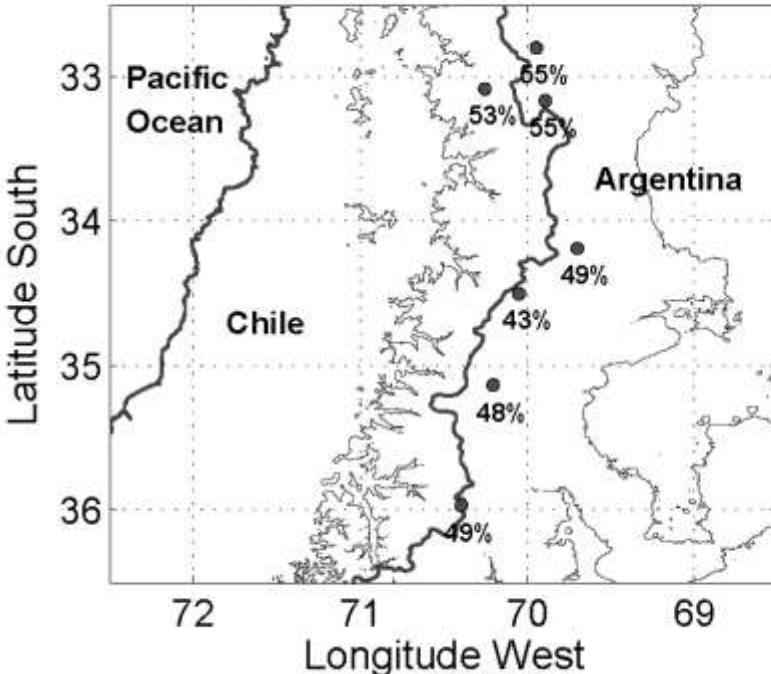
La contribución de los RA disminuye en el extremo sur, pero aun puede alcanzar hasta mas de ¼ del total anual (8%-40%)

El ~75% de la precipitación que cae en los Andes de Mendoza 36°S-30°S, lo generan unas pocas tormentas intensas, entre 3 y 5 en promedio, y que desarrollan *Ríos Atmosféricos*

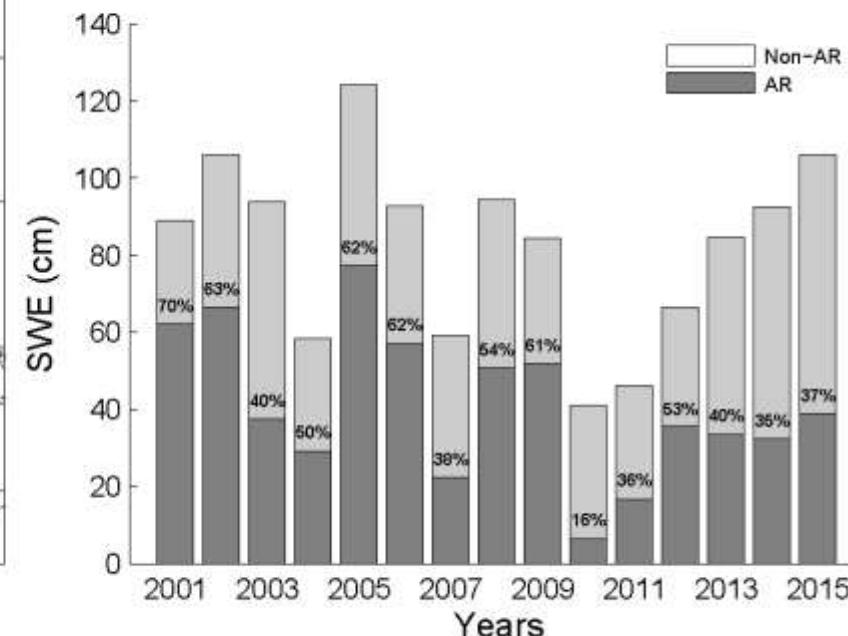


Los Ríos Atmosféricos contribuyen con más de la mitad (~50-70%) de la nieve en la cordillera de Mendoza durante el invierno (el agua a la ciudad)

(a) Fraction of Annual Total SWE associated with ARs



(b)

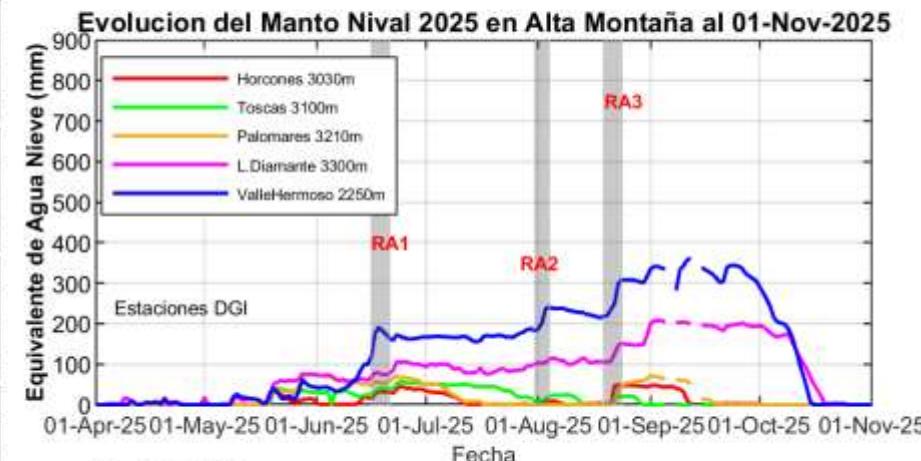
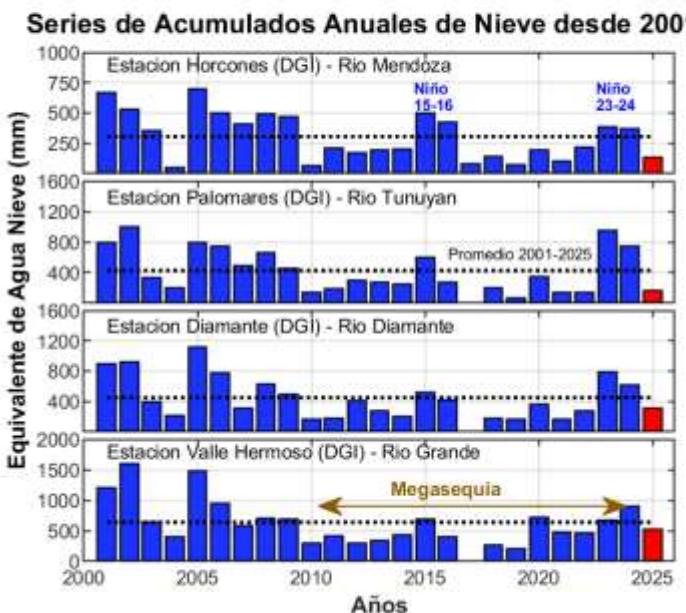
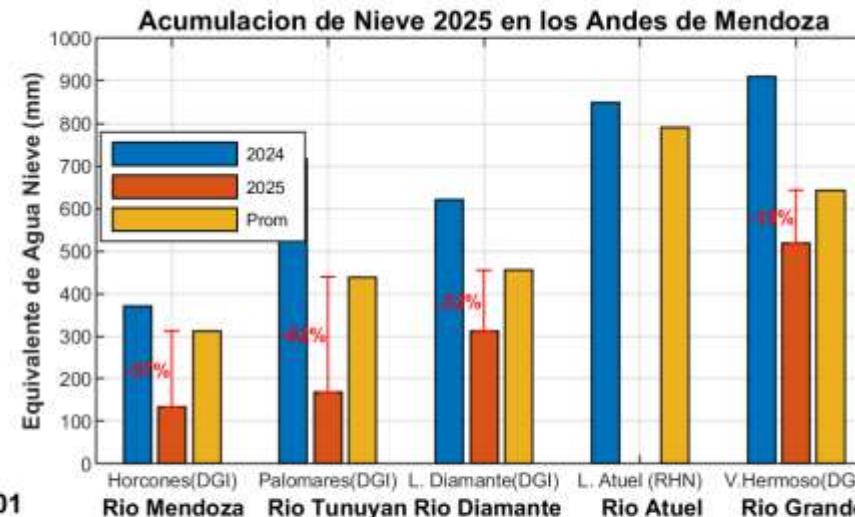
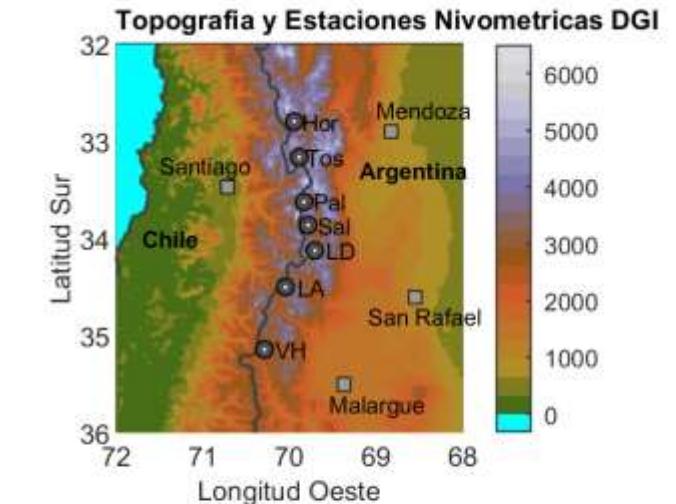


Viale et al, 2018. *Journal of Hydrometeorology*  
Saavedra, Cortes, Viale et al 2020. *Frontiers Earth Sciences*



En los años secos no llegan o llegan pocos Ríos Atmosféricos

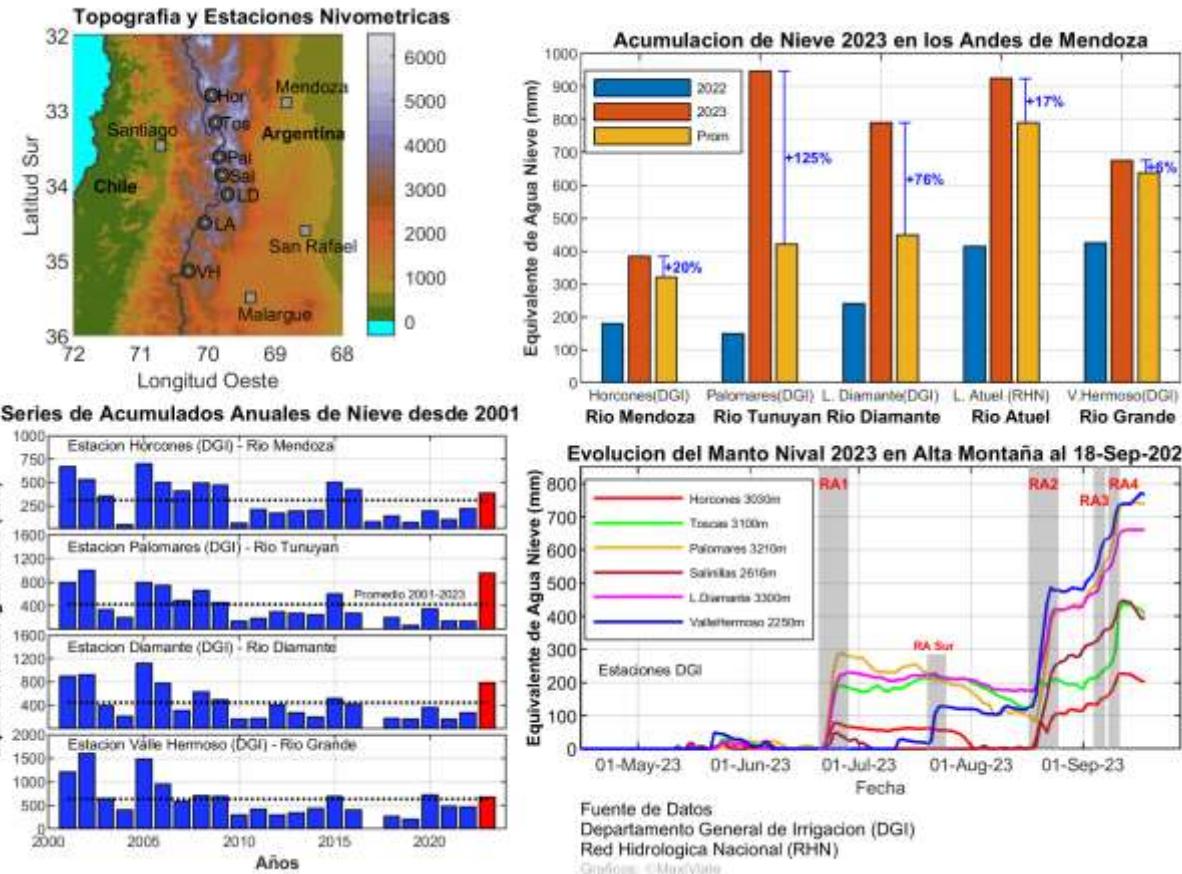
# Este 2025, es un año seco ante la escasa llegada de Ríos Atmosféricos (solo 3)



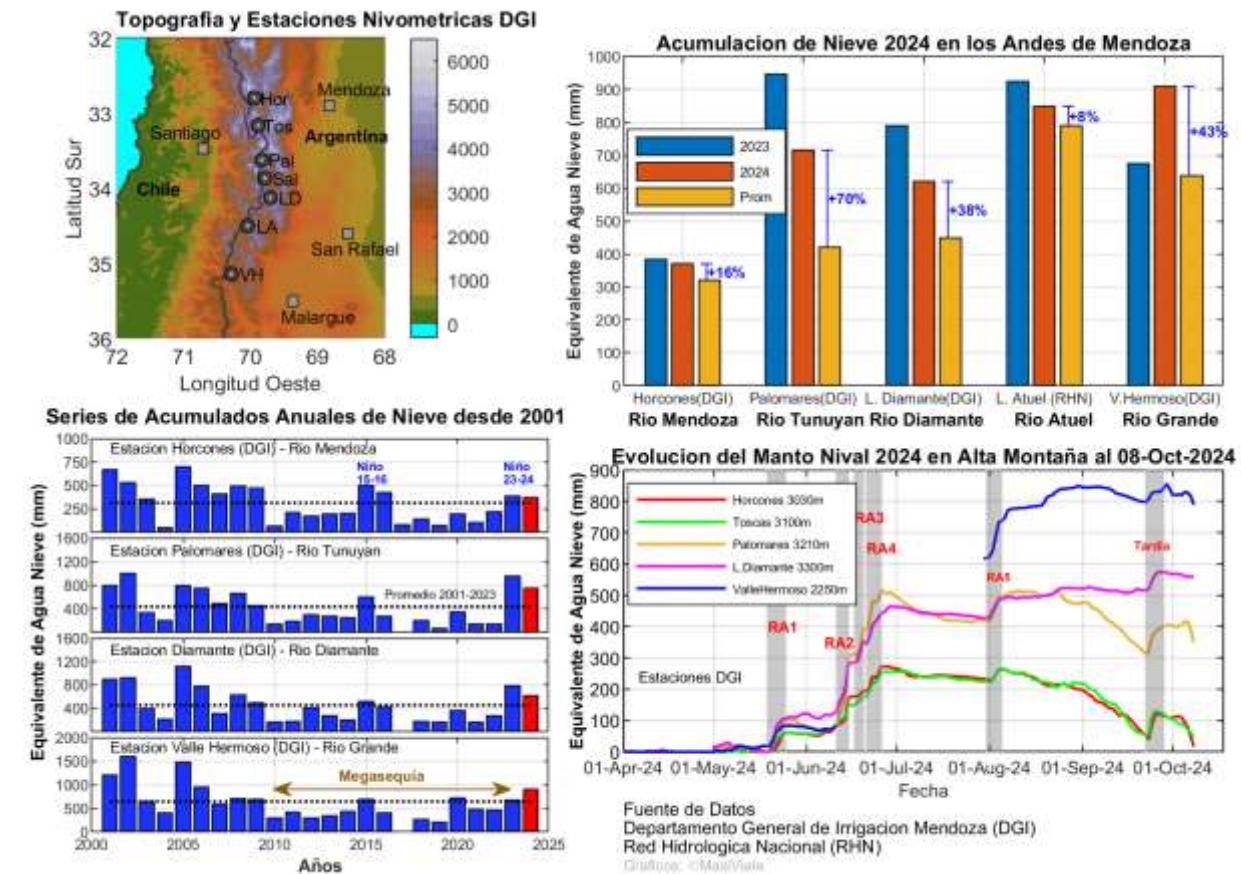
Fuente de Datos  
Departamento General de Irrigacion Mendoza (DGI)  
Red Hidrologica Nacional (RHN)  
Graficos: @MaxiViale

# El 2023 y 2024, fueron años buenos con la llegada de 4 y 5 Ríos Atmosféricos

2023

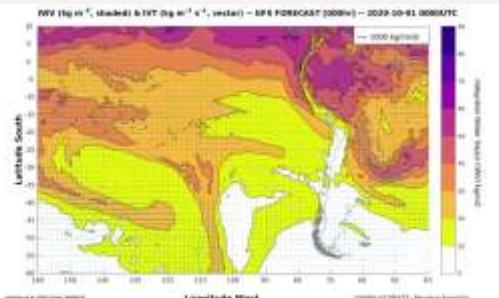


2024

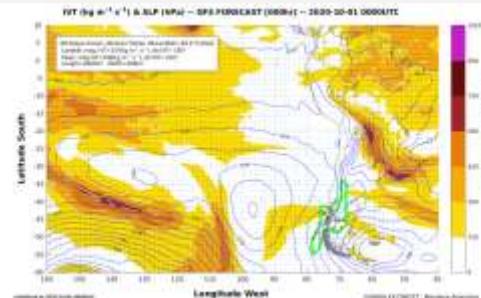


Este sitio contiene gráficos con productos de pronósticos de Ríos Atmosféricos (RA) para el sur de Sudamérica, a partir de las salidas del modelo numérico Global Forecast System (GFS) de la agencia National Centers for Environmental Prediction (NCEP) de los Estados Unidos. Los RA son corredores largos y angostos con un intenso transporte de vapor de agua en la atmósfera que al impactar con los Andes producen intensas precipitaciones. Más información sobre los RA [aquí](#).

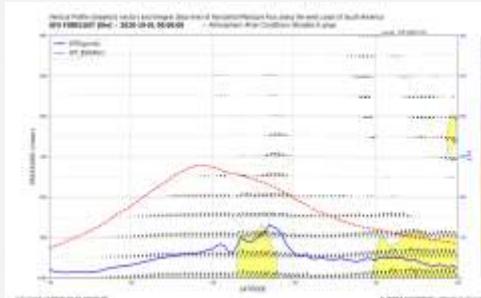
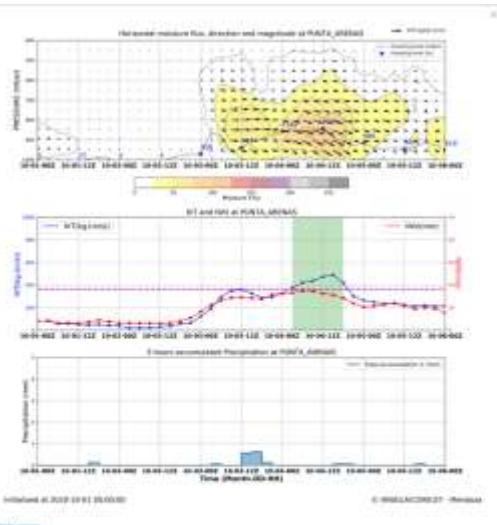
### Productos de pronósticos de Ríos Atmosféricos derivados del GFS



IWV



IVT

Height-Latitude  $\bar{V}q$  on the coast

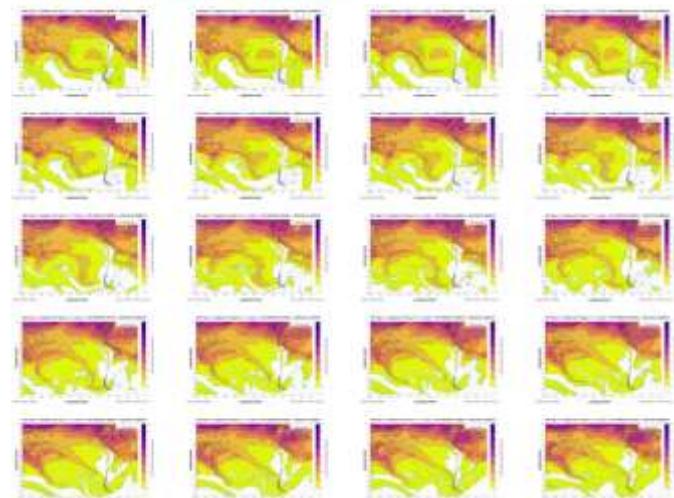
Meteogramas para ciudades



[https://ianigla.net/rios\\_atmosfericos](https://ianigla.net/rios_atmosfericos)

### Cartas pronosticadas

[Map](#) [IVT](#) [Vertical profile](#) [Vertical index](#)



A web page with plots designed to forecast  
Atmospheric Rivers  
in Southern South America

Based on the NCEP GFS model outputs  
Updated twice a day. In Spanish and English

Check it out!

# Conclusiones

1. El Agua del planeta NO se almacena en la Atmósfera, se transporta
2. El Transporte de Agua en la atmósfera (vapor) es muy eficiente por los Ríos Atmosféricos

3. Los Ríos mas grande en el plantea están en el Cielo!

4. El aterrizaje de Ríos Atmosféricos en nuestra cordillera son la principal fuente de agua en Cuyo y Patagonia

MUCHAS GRACIAS!!!

