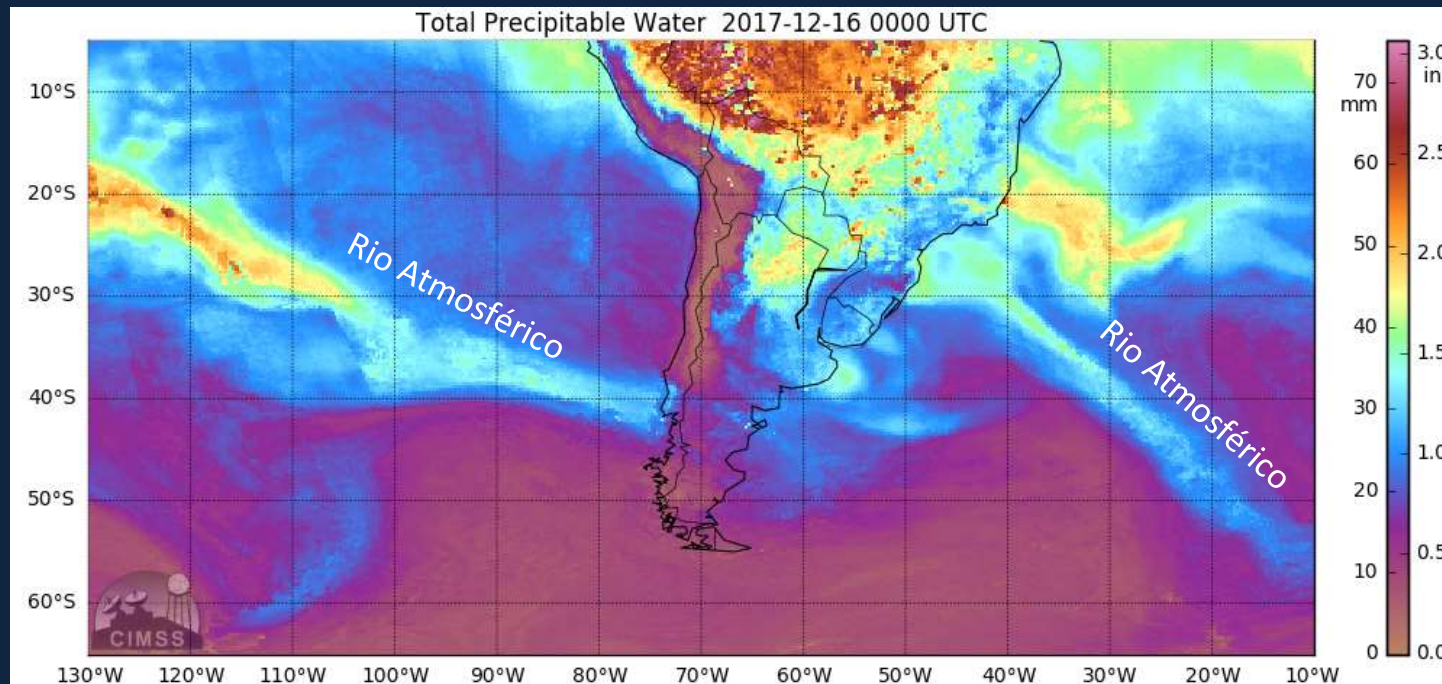


Ríos en la Atmosfera, el inicio del ciclo del agua en nuestra Cordillera

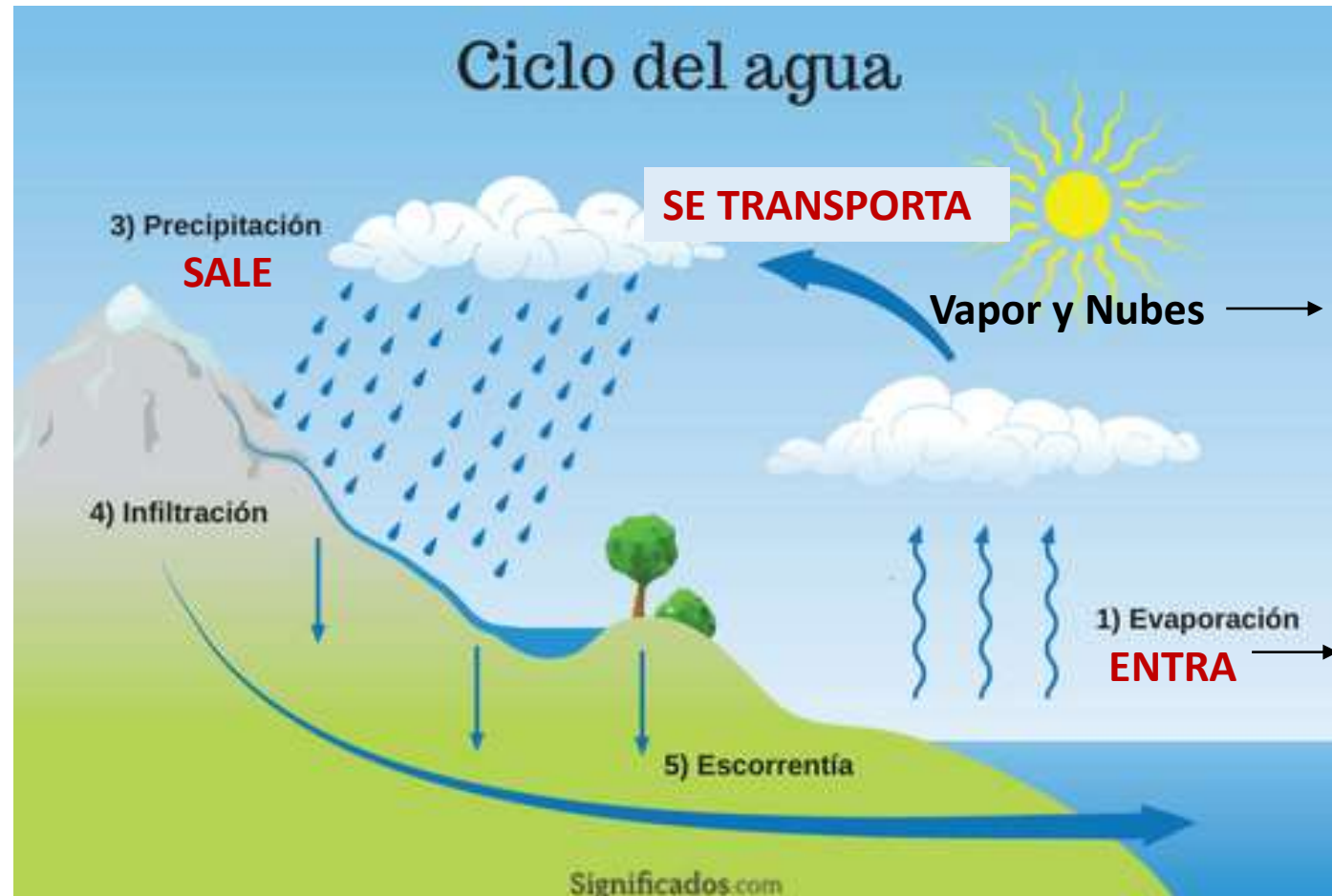
Maximiliano Viale

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



El Agua en la Atmósfera

una parte del Ciclo del Agua



10⁻³ % del H₂O de la Tierra
97% se almacena en Océanos

90 % evapora de Océanos
10 % Transpiración de plantas

El Agua en la Atmósfera

se encuentra en los 3 estados

GAS

VAPOR DE H₂O o
HUMEDAD

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

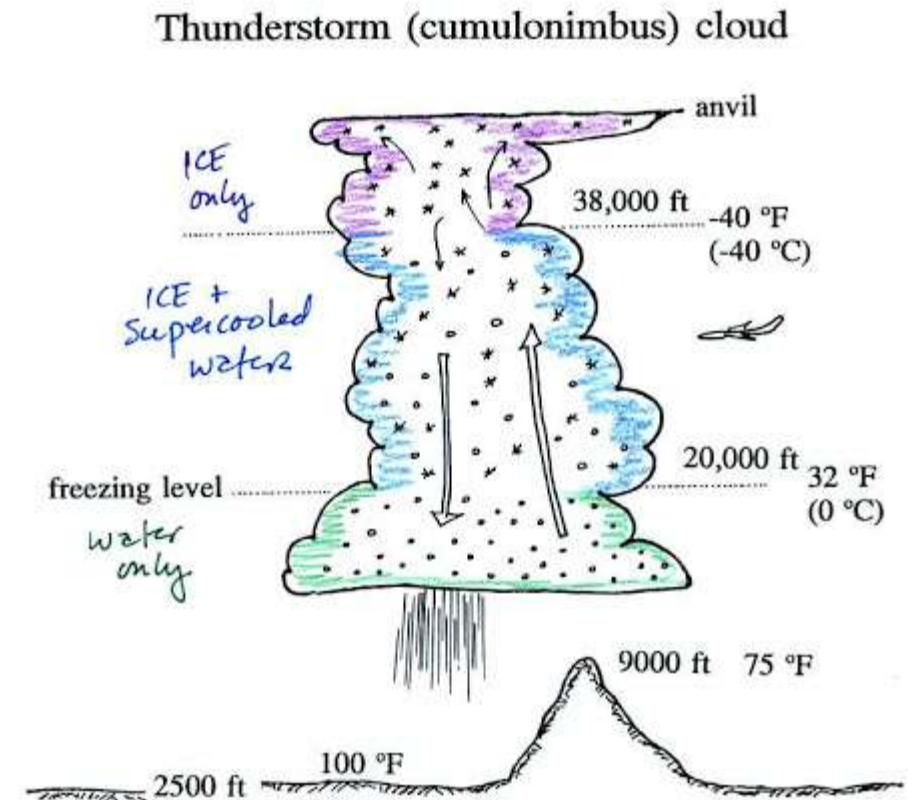


LIQUIDO y SOLIDO

LAS NUBES

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

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

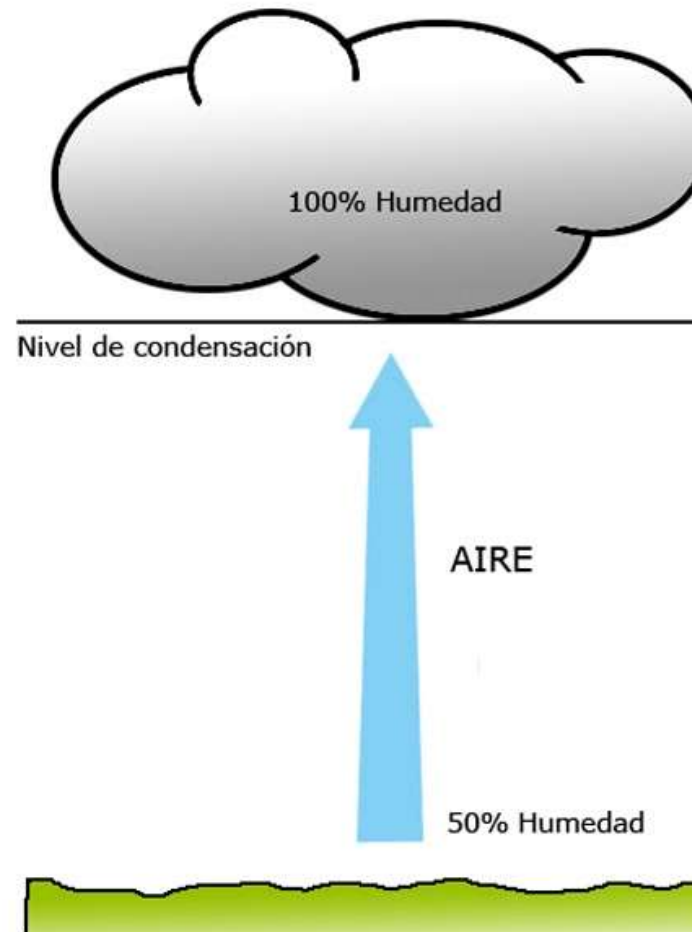


Si el Vapor de Agua en la Atmósfera asciende, se enfría y se condensa. Se convierte en agua líquida (Nubes)

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 H₂O es un **gas liviano** y se mueve muy largas distancias a lo largo del planeta

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

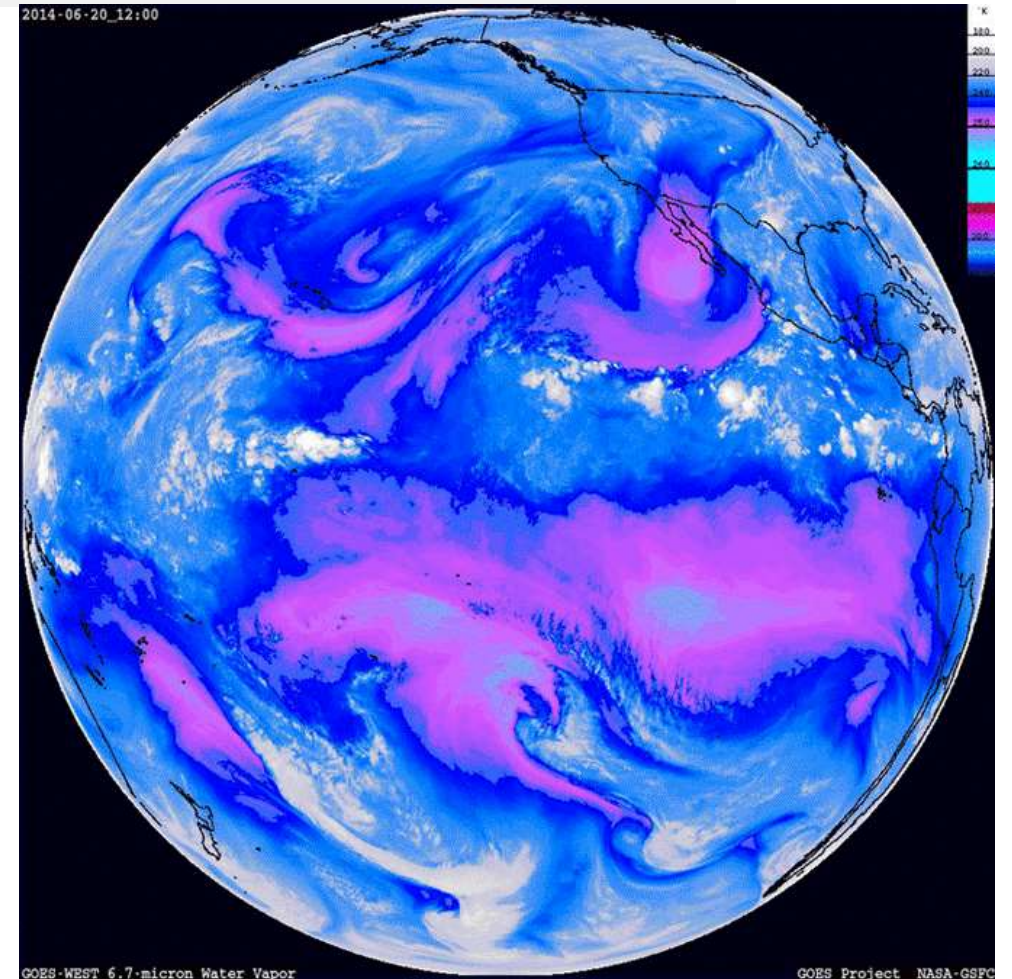
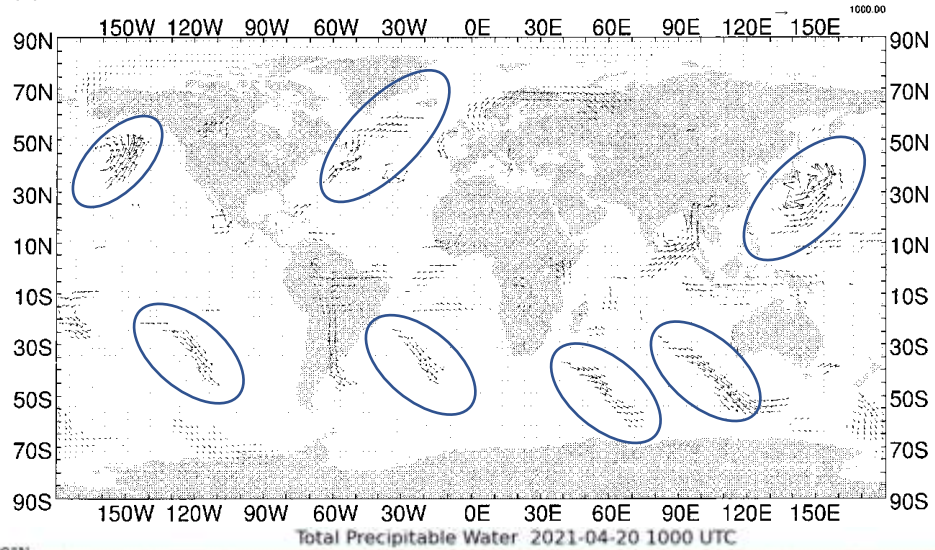


Imagen de Vapor H₂O

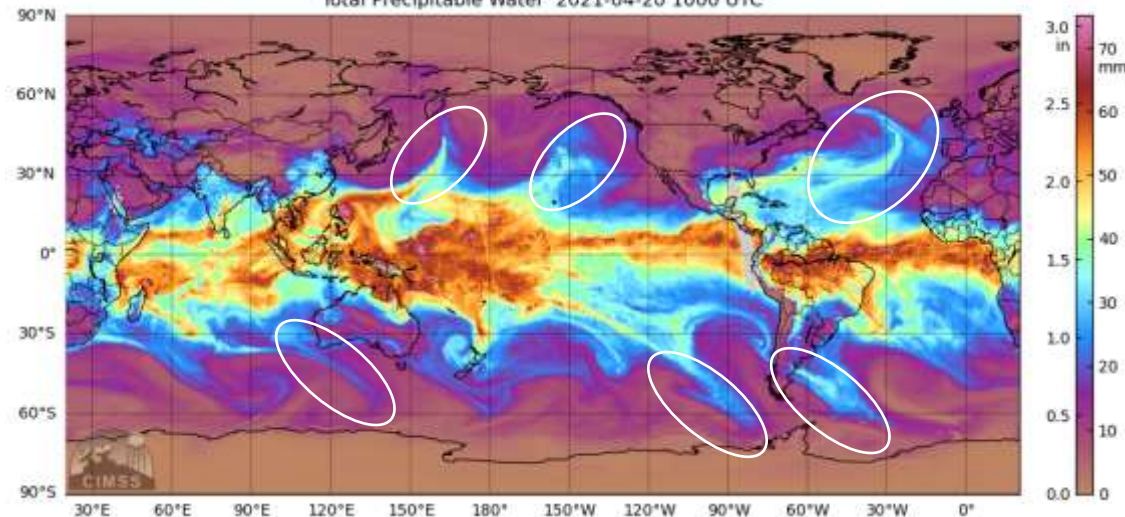
Hace poco se descubrió una forma muy eficiente de transporte de vapor H_2O en la Atmosfera: **RIOS ATMOSFERICOS**

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



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

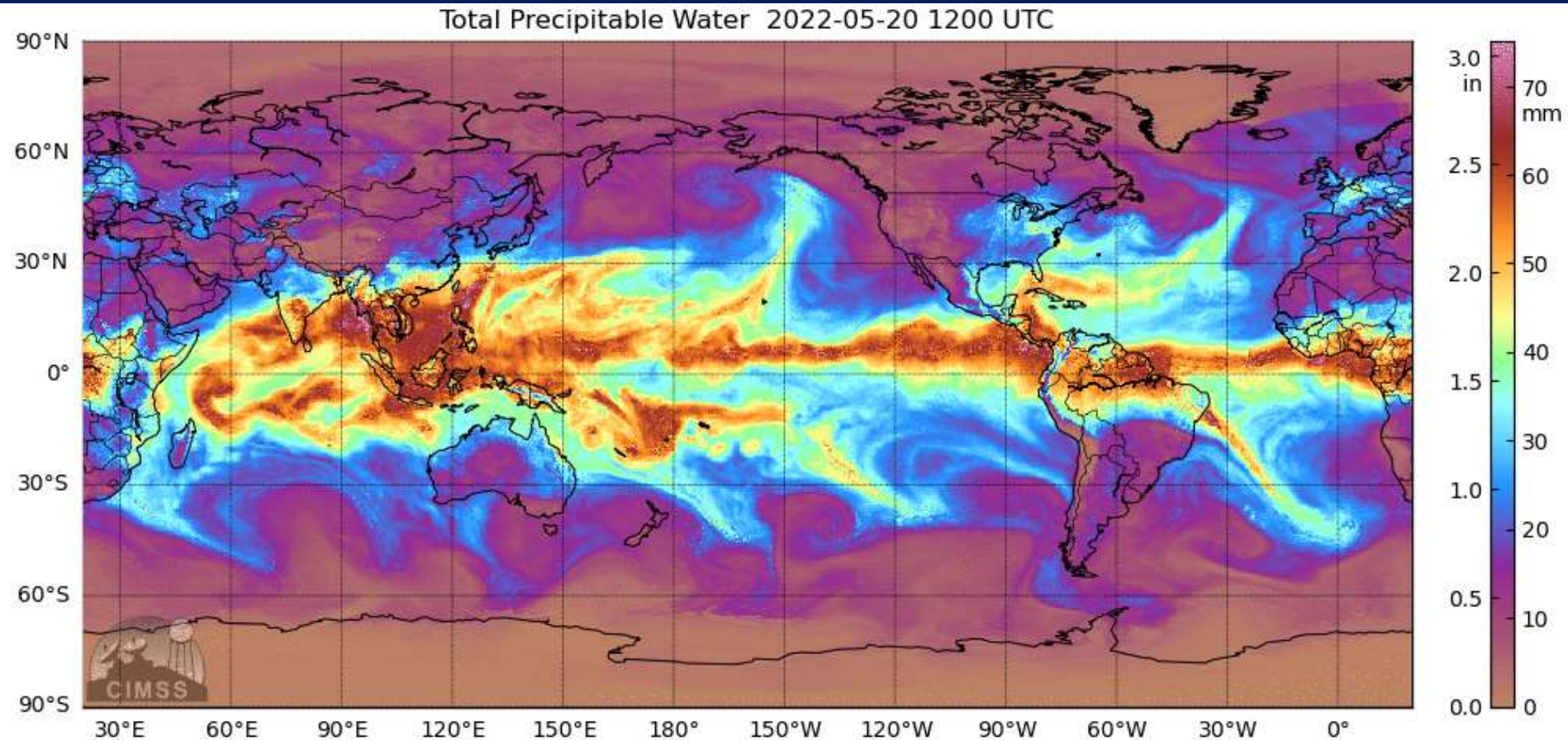
Newell et al. 1992, Zhu and Newell 1994, Newell and Zhu 1998



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

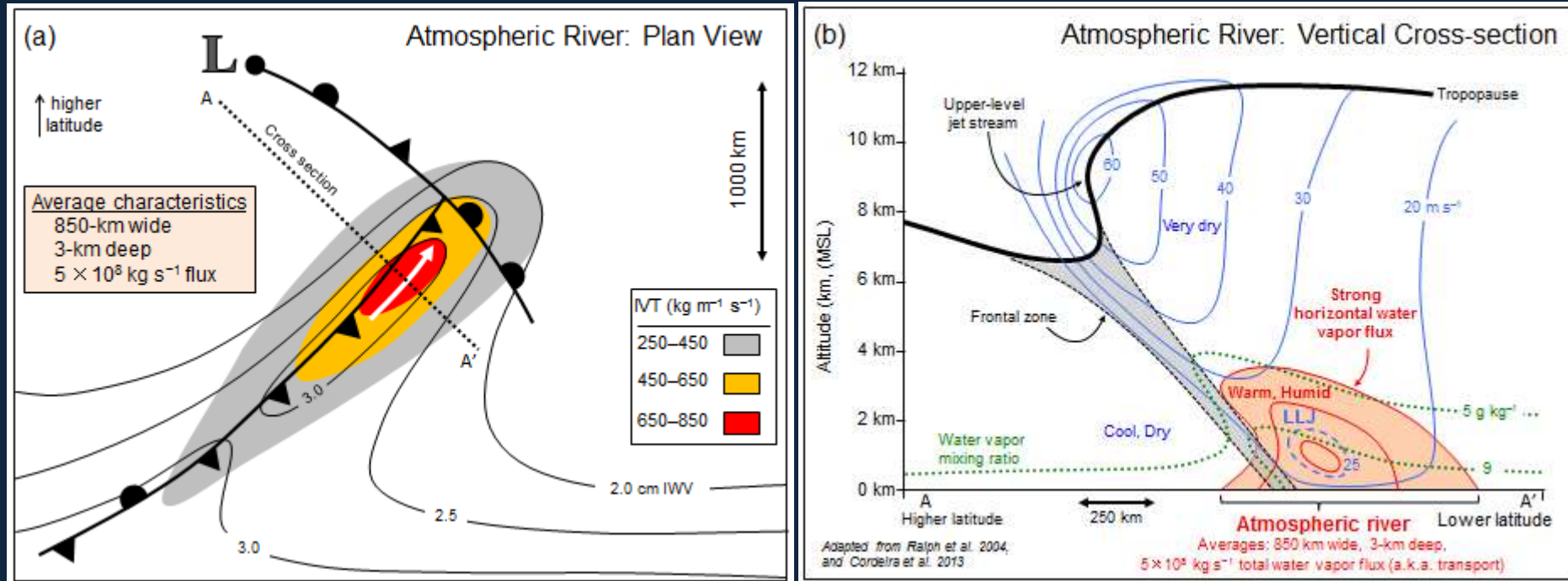
RIOS de VAPOR H_2O en la ATMOSFERA

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.

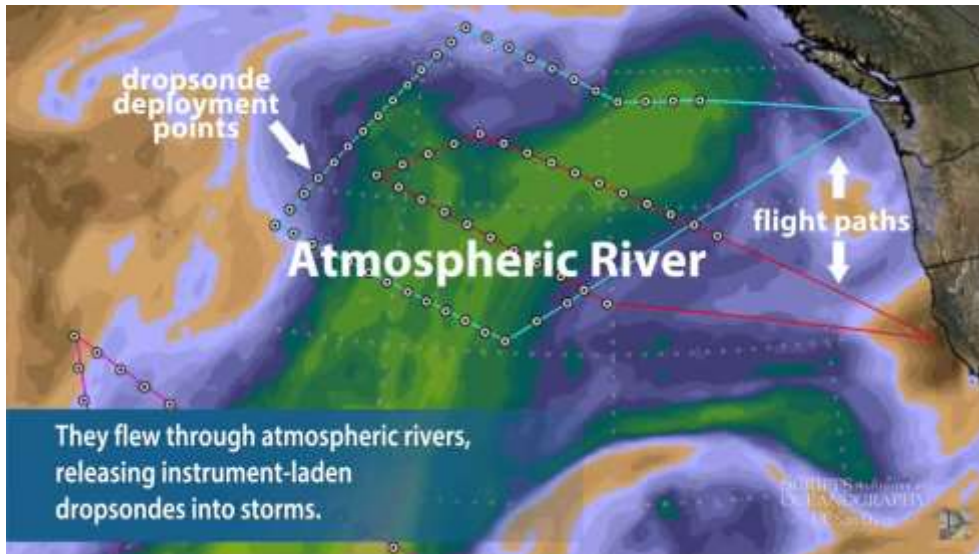
En 2017, se establece una definición de los Ríos Atmosféricos en diccionario de meteorología



Rio 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!



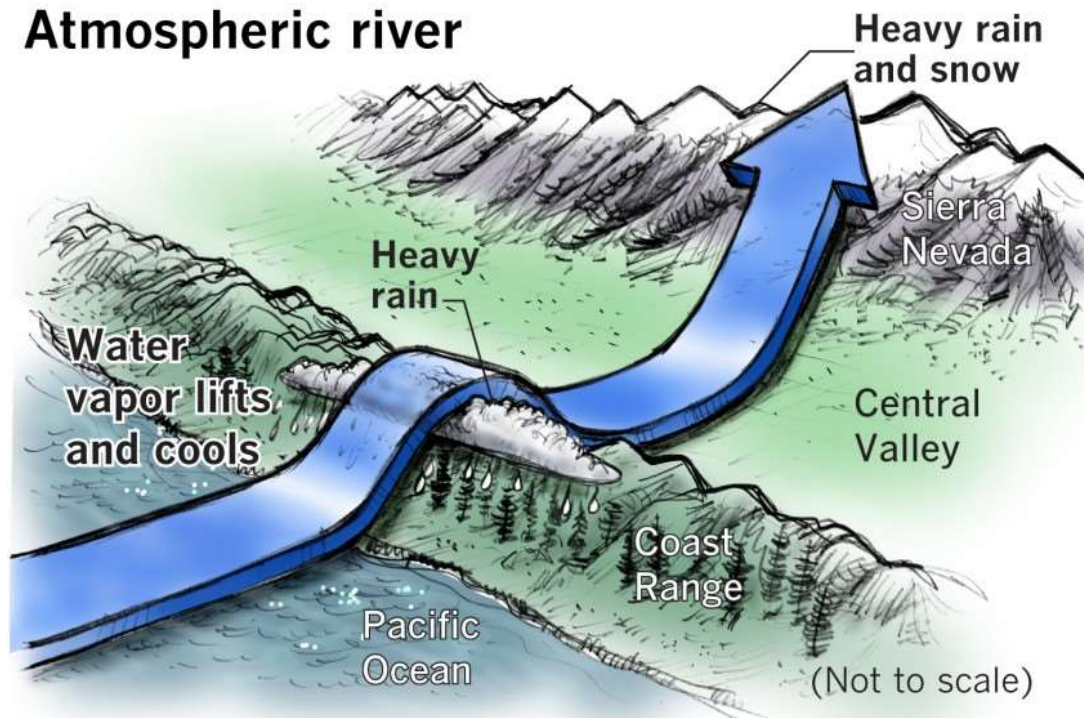
El transporte del Vapor H_2O es mucho mayor al transporte de agua líquida en el río Amazonas

Flujo Vapor a través **RAs** ~850km es $4.7 \cdot 10^8$ Kg/s

Flujo Agua a través **Amazona** ~13km es $2 \cdot 10^8$ Kg/s

Ralph et al. MWR 2004, 2005

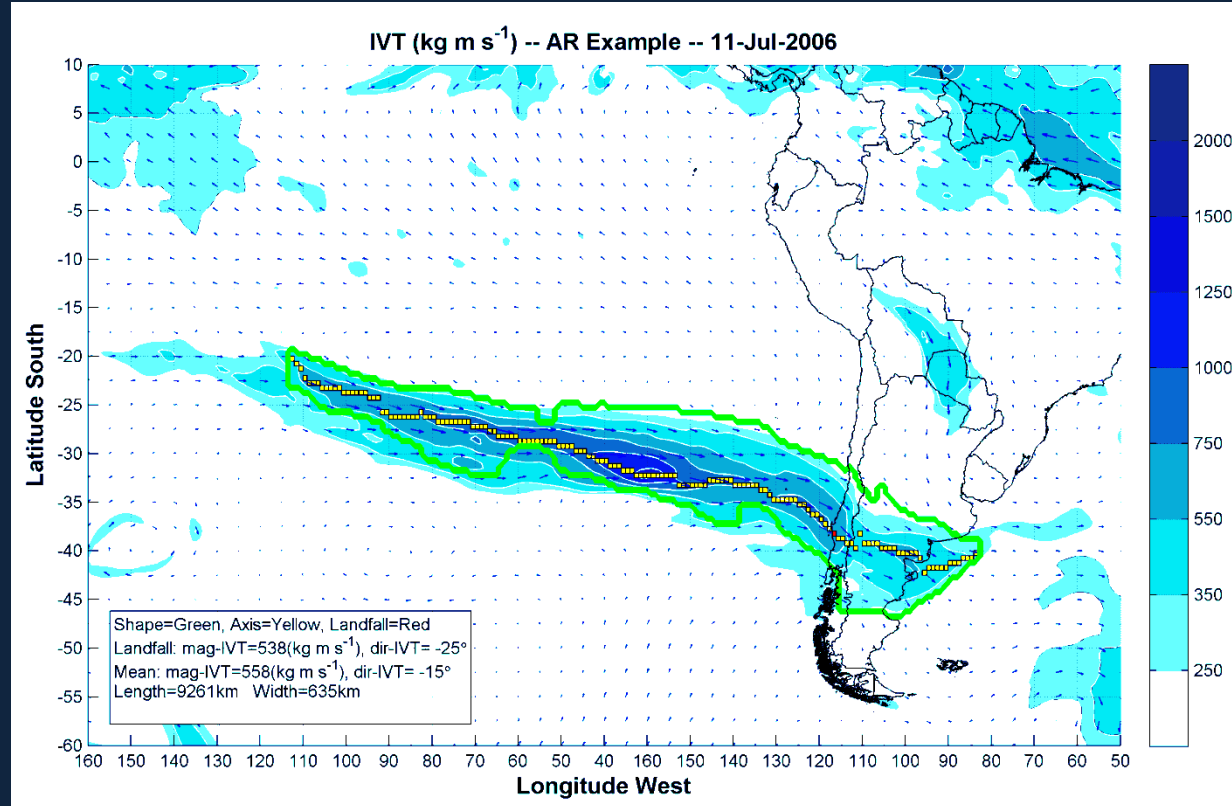
Cuando los Ríos Atmosféricos Llegan a las costas montañosas producen mucha lluvia y nieve



El aire húmedo tiene que subir las montañas, se enfría, 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)

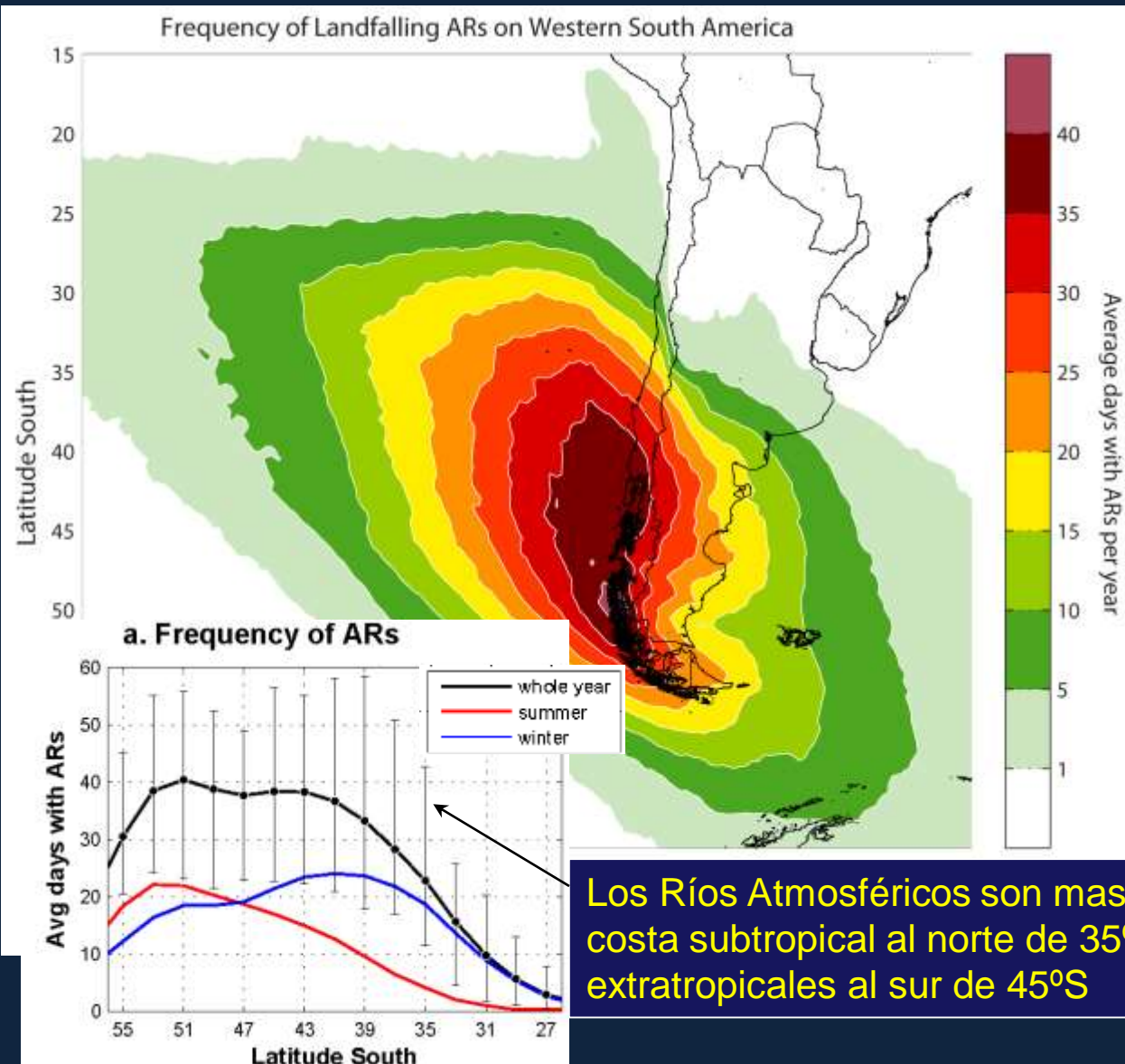


Algoritmo que usa el IVT (Integrated Vapor Transport) de Reanálisis CFSR c/6 horas.

Plumas Alargadas ($>2000\text{km}$) y Angostas ($<1000\text{km}$) de intenso transporte ($\text{IVT} > \text{IVT}_{85\text{Percentil}}$)

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

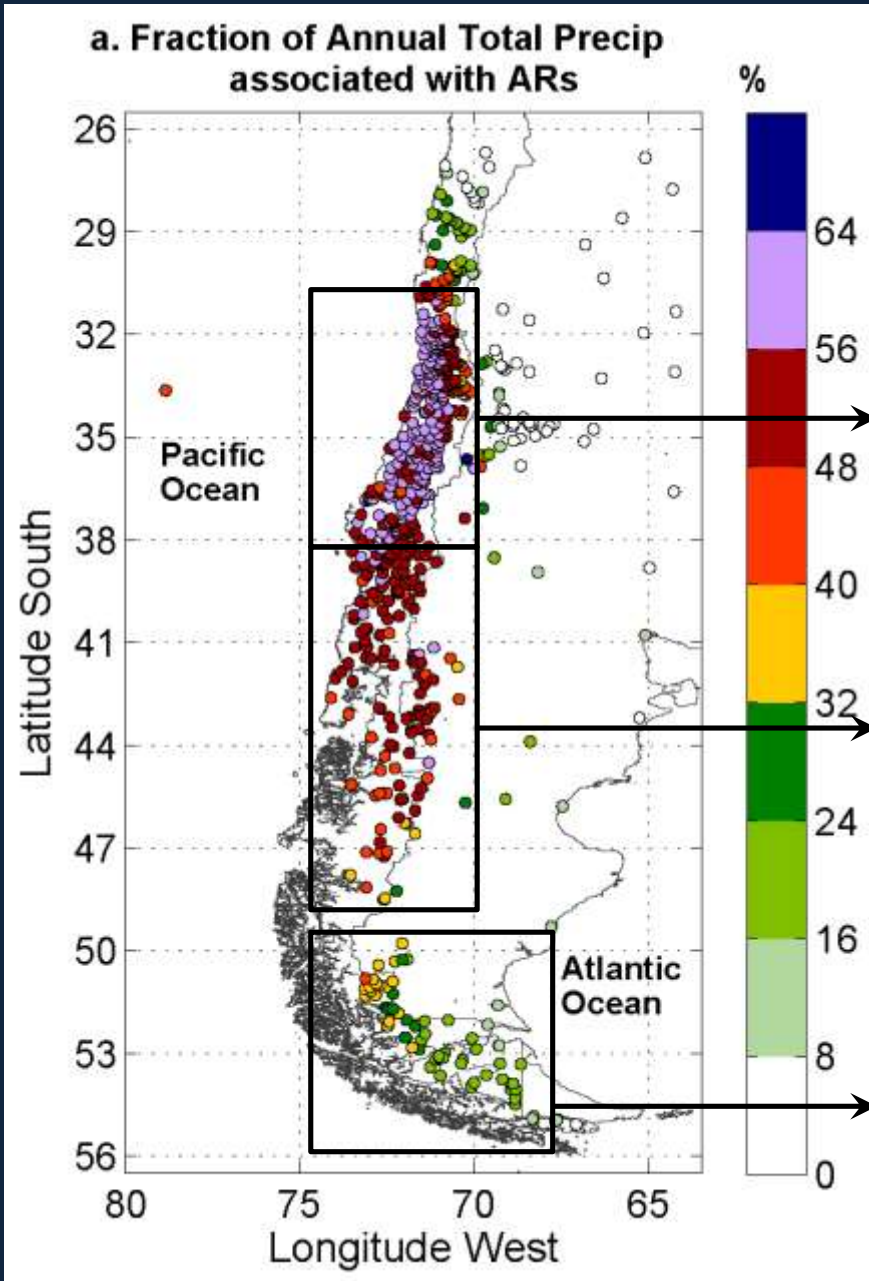


Rápida caída de la Frecuencia de Ríos en costa de Chile central y al este de Andes Centrales

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

Los Ríos Atmosféricos son mas frecuentes en invierno en la costa subtropical al norte de 35°S y en verano en las costas extratropicales al sur de 45°S

¿Cuanta Agua nos dejan en cordillera los RA?



Usamos datos diarios de precipitación

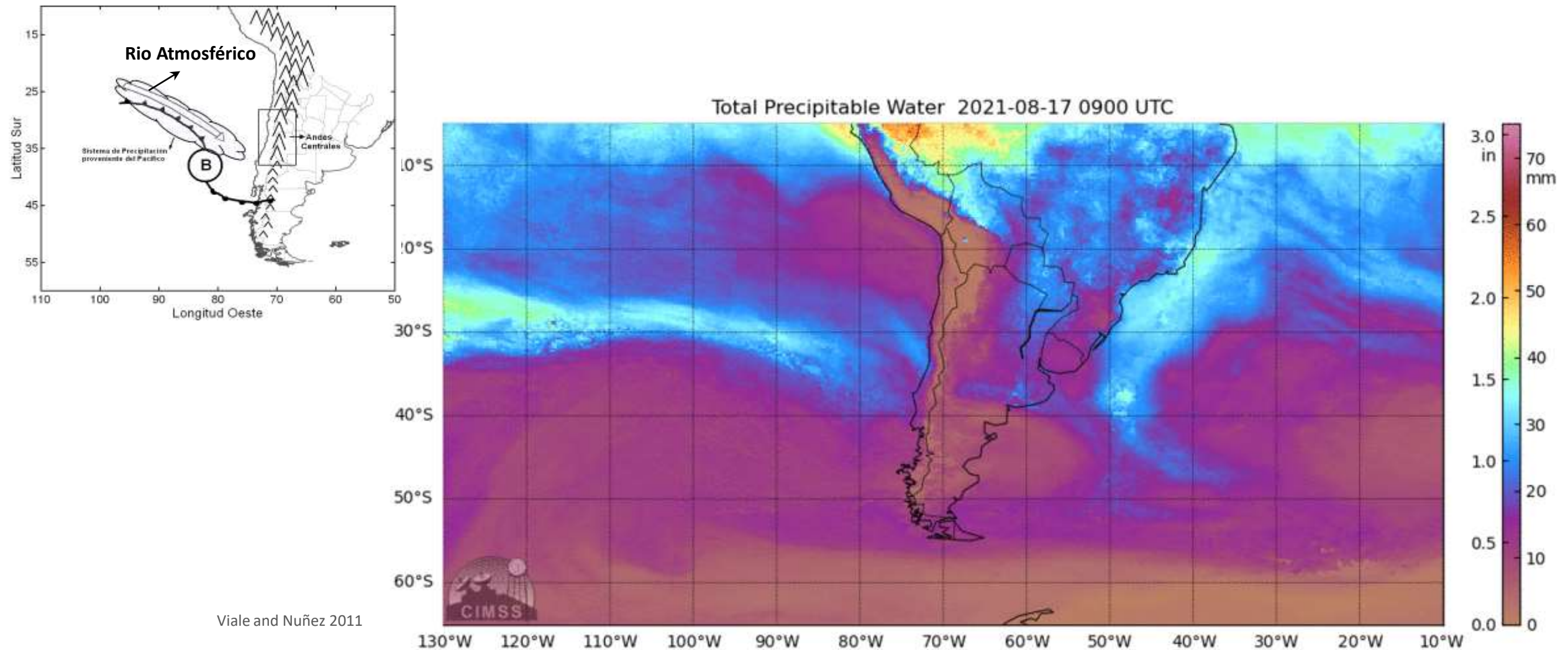
Viale, Valenzuela, Garreaud and Ralph, JHM 2018

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

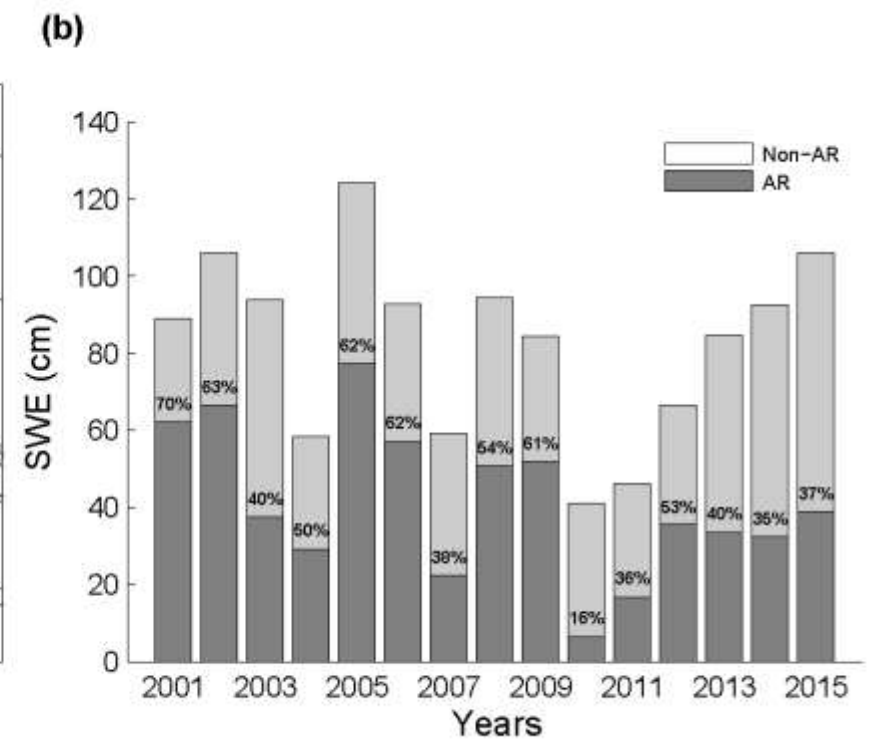
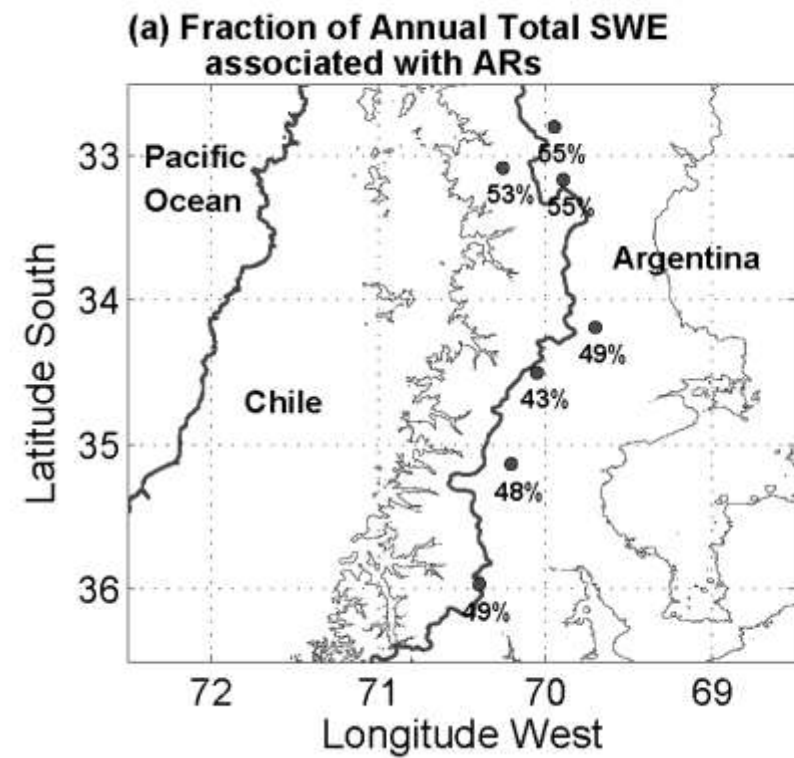
La contribución de los RA es aun importante (32%-56%) en la precipitación anual sobre el NO de la Patagonia (38°-48°S)

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)

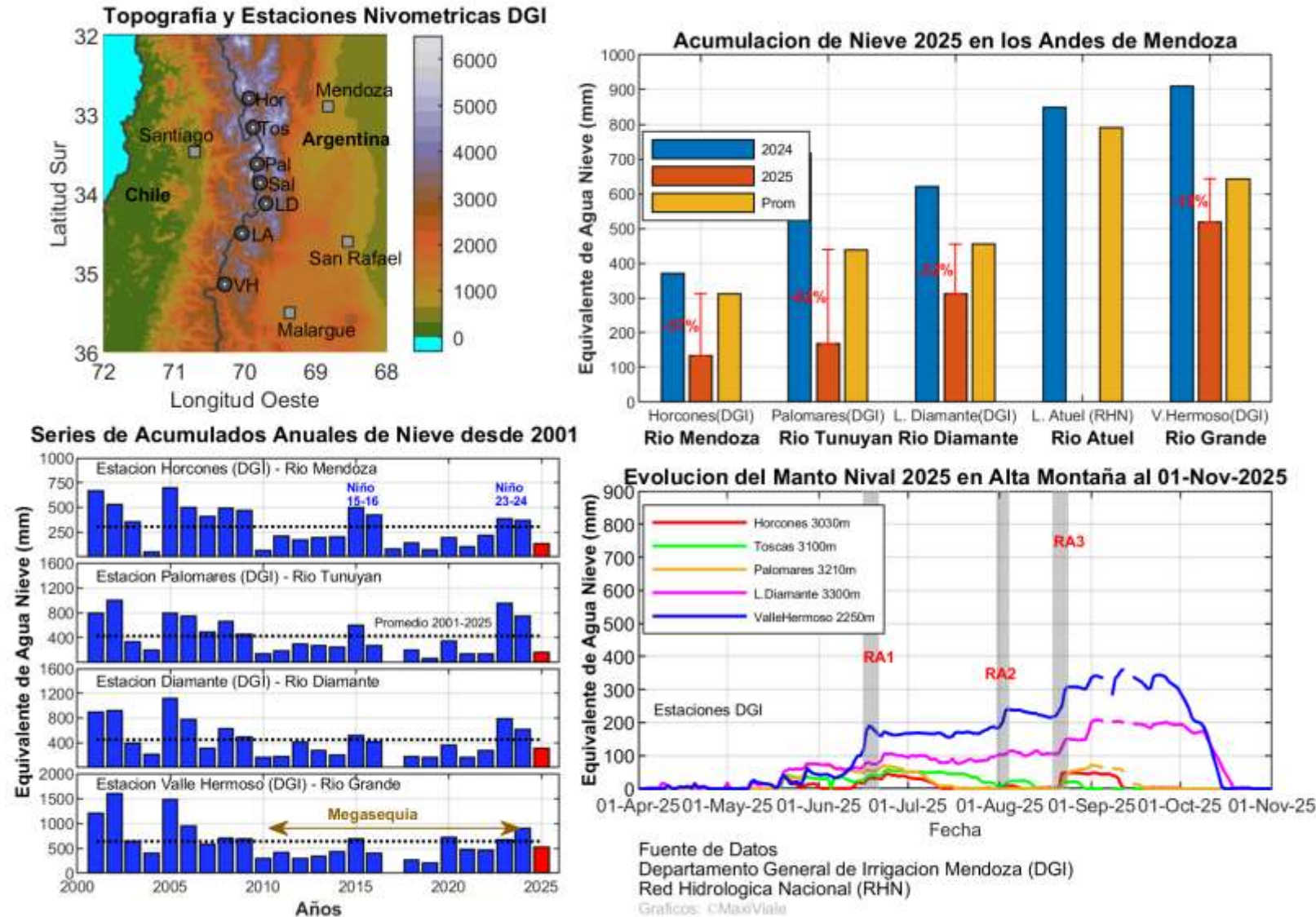


Viale et al, 2018. *Journal of Hydrometeorology*
Saavedra, Cortes, Viale et al 2020. *Frontiers Earth Sciences*

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)

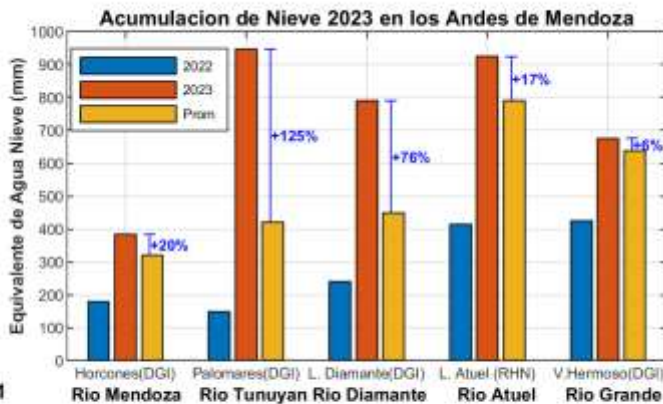
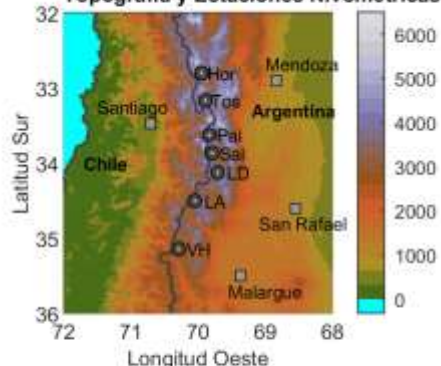


El 2023 y 2024, fueron años buenos con la llegada de 4 y 5 Ríos Atmosféricos

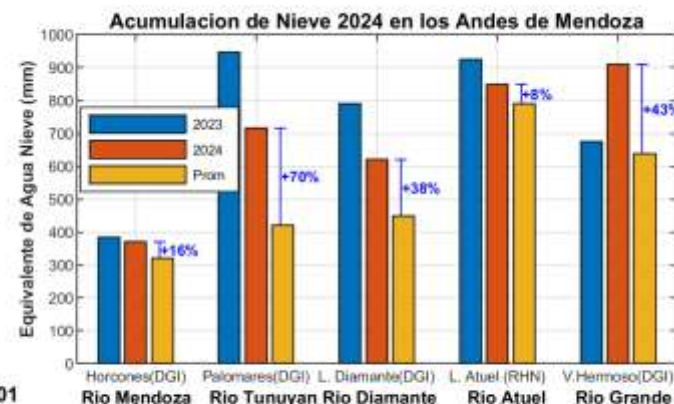
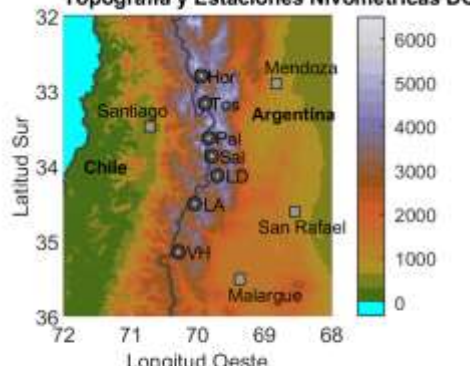
2023

2024

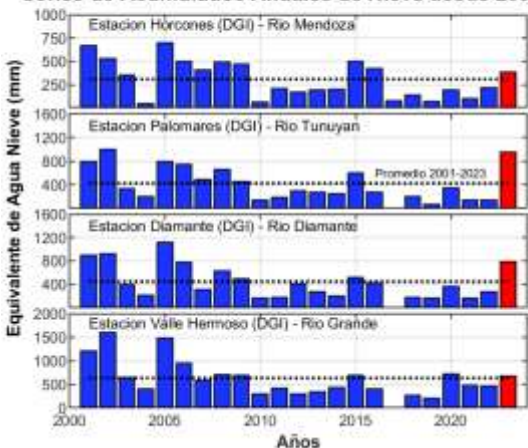
Topografía y Estaciones Nivométricas



Topografía y Estaciones Nivométricas DGI



Serie de Acumulados Anuales de Nieve desde 2001



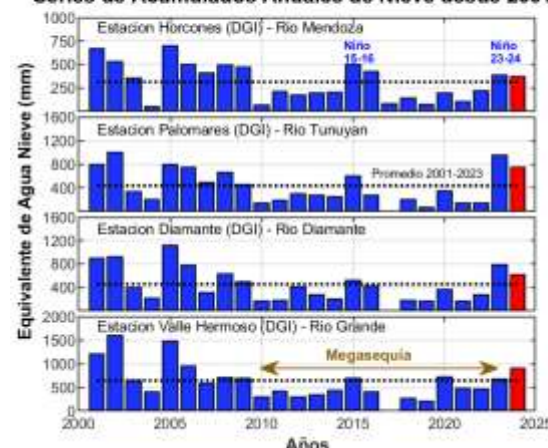
Evolucion del Manto Nival 2023 en Alta Montaña al 18-Sep-2023



Fuente de Datos
Departamento General de Irrigación (DGI)
Red Hidrológica Nacional (RHN)

Gráficos: ©MapVista

Serie de Acumulados Anuales de Nieve desde 2001



Evolucion del Manto Nival 2024 en Alta Montaña al 08-Oct-2024

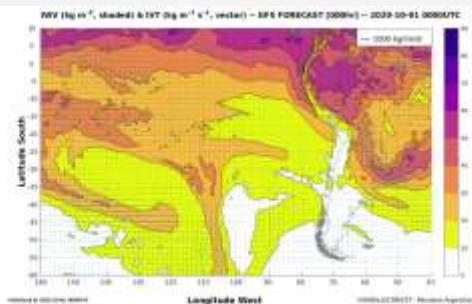


Fuente de Datos
Departamento General de Irrigación Mendoza (DGI)
Red Hidrológica Nacional (RHN)

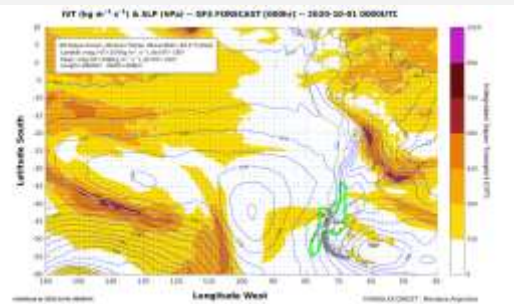
Gráficos: ©MapVista

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](#).

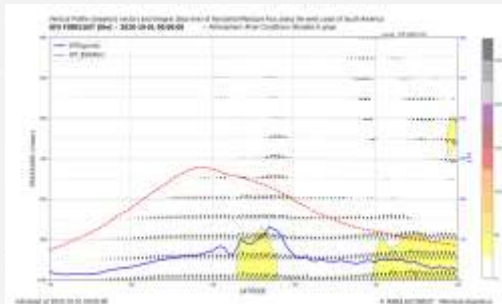
Productos de pronósticos de Ríos Atmosféricos derivados del GFS



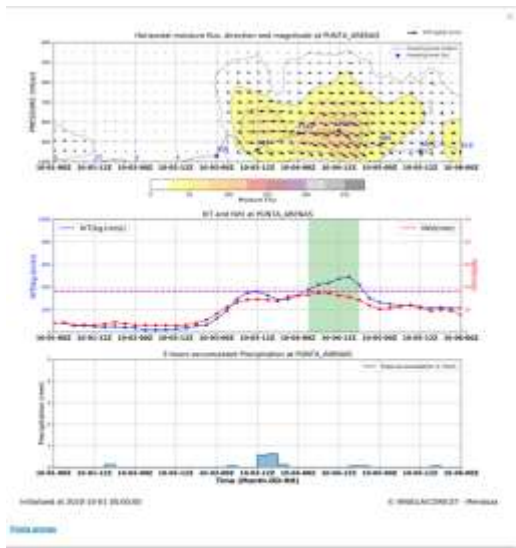
IWV



IVT



Height-Latitude \vec{v}_q on the coast

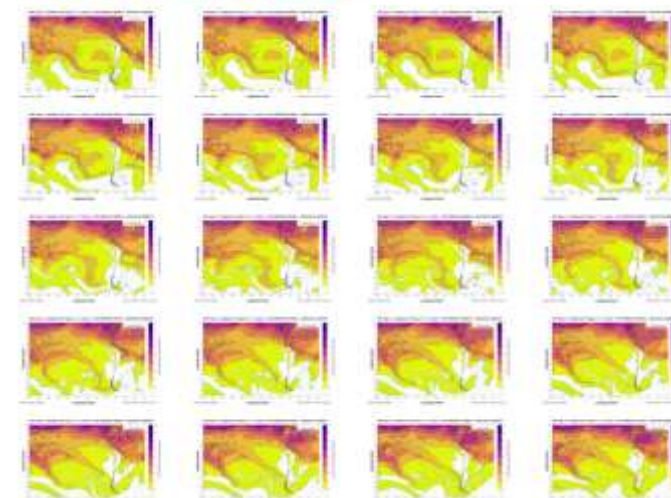


Meteorogramas para ciudades



Cartas pronosticadas

[Map](#)
[IVT](#)
[Vertical profile](#)
[Volver al inicio](#)



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!

https://ianigla.net/rios_atmosfericos

Conclusiones

1. El Agua del planeta NO se almacena en la Atmósfera, se transporta
2. El Transporte de Agua en la atmosfera (vapor) es muy eficiente por los Ríos Atmosféricos
3. Los Ríos mas grande en el planeta 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!!!

