



SALTO GRANDE

A R G E N T I N A - U R U G U A Y

TIEMPO Y CLIMA EN LA REGIÓN DE SALTO GRANDE

POLO BINACIONAL
EDUCATIVO, CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO Y PRODUCTIVO

Contenido:

- 1) Tiempo y clima como afectan en la planificación de tareas**
- 2) Principales eventos meteorológicos que afectan la región**
 - i. Descripción
 - ii. Herramientas para la obtención de información meteorológica
- 3) Características climáticas de la región**
 - i. Valores medios de temperatura y precipitación
 - ii. Variabilidad climática, forzantes ENSO
 - iii. Variabilidad en las precipitaciones
 - iv. Variabilidad en las temperaturas
- 4) Cambio Climático como afecta la región (tendencias)**
 - i. Fundamentos de Cambio Climático
 - ii. Cambios a nivel global (T y PP)
 - iii. Tendencias observadas en la precipitación anual y ocurrencia de extremos.
 - iv. Tendencias observadas en la temperatura y ocurrencia de extremos.
- 5) Caudales en el río Uruguay**
 - i. Variabilidad interanual asociada al Niño
 - ii. Tendencias observadas
- 6) Proyecciones climáticas**

Tiempo y Clima como afectan en las planificación de tareas:

En nuestra región gran parte de la economía depende fuertemente de tiempo y del clima

Energía:



Agricultura y
Ganadería



Aspectos
ambientales





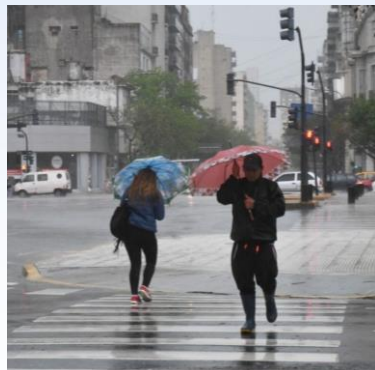
SALTO GRANDE
ARGENTINA - URUGUAY

POLO BINACIONAL
EDUCATIVO, CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO Y PRODUCTIVO

Tiempo y Clima como afectan en las planificación de tareas:

En nuestra región gran parte de la economía depende fuertemente de tiempo y del clima

Vida diaria:



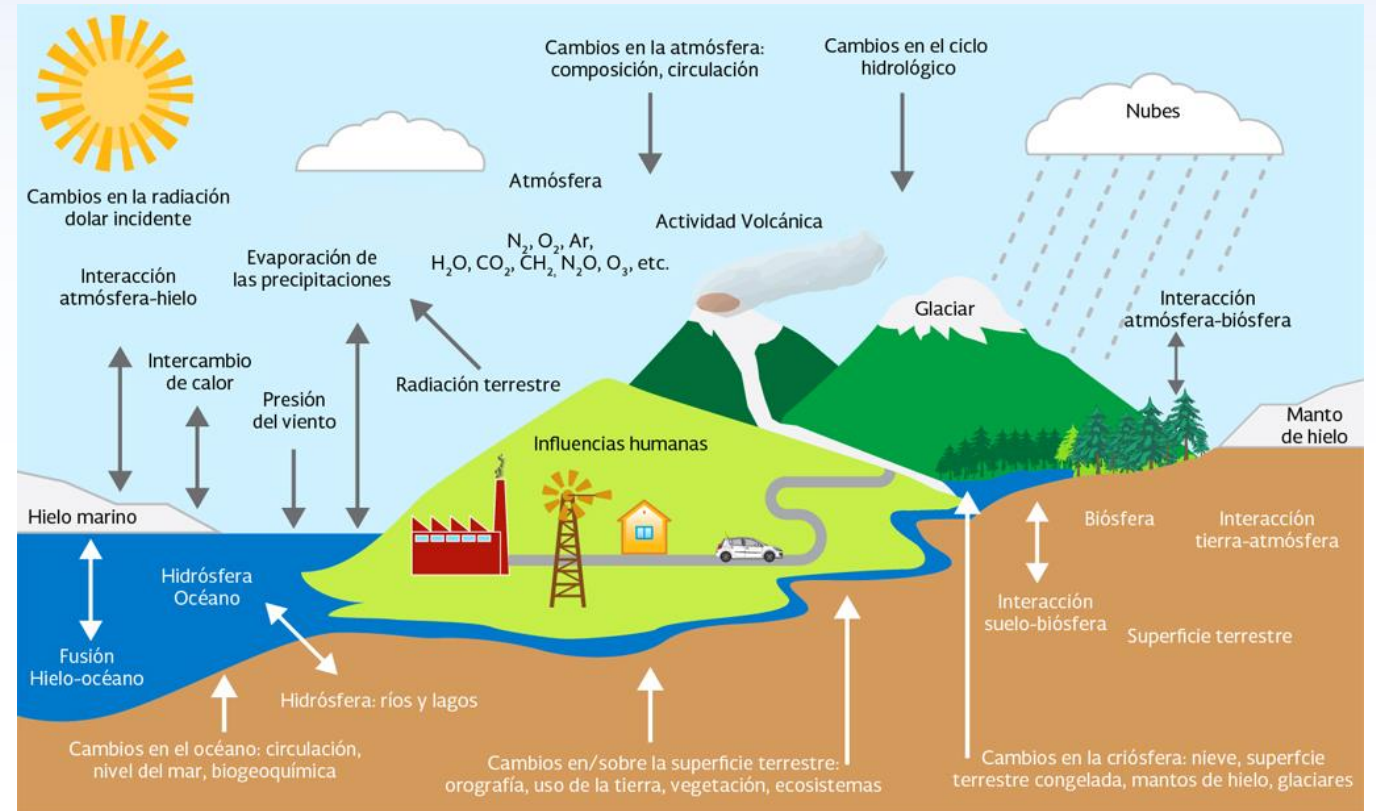
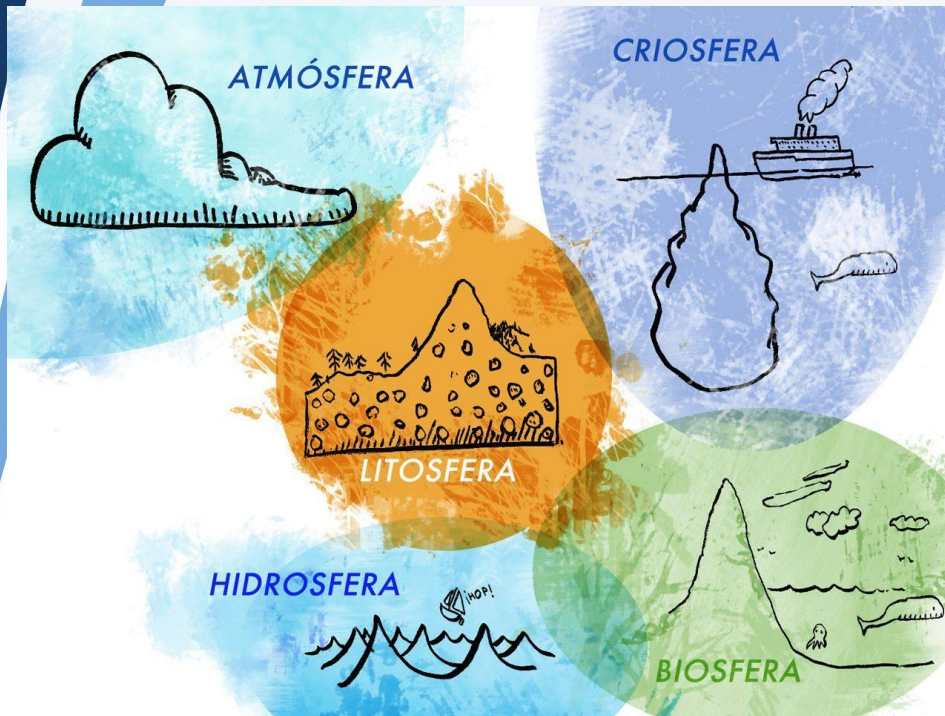
Impactos:



Tiempo y Clima como afectan en la planificación de tareas

Sistema Climático:

Componentes:



Tiempo y Clima como afectan en las planificación de tareas:

- **El tiempo:** es el estado de la atmósfera en un momento y lugar determinado. Viene dado por una combinación del estado de **variables** meteorológicas (Presión, temperatura, precipitación, humedad, viento y nubosidad etc.) y puede variar en días, horas o minutos. Los meteorólogos predicen el tiempo que va a hacer en los próximos días.



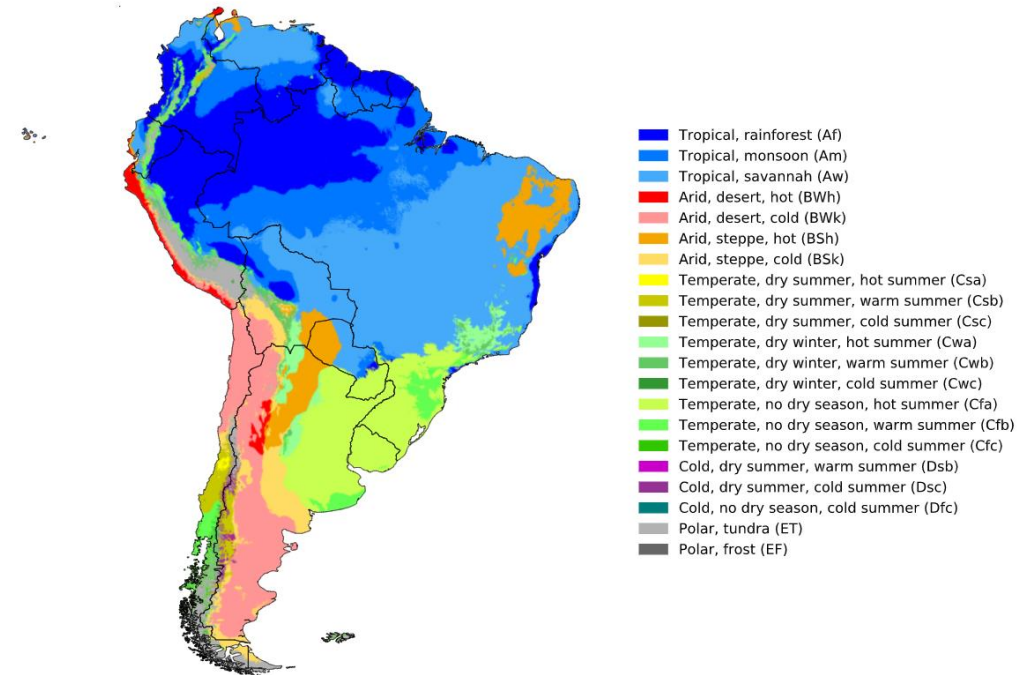
Días	Por horas	Más info	Fin de semana	Próxima semana			
	Hoy 30 Ene	Mañana 31 Ene	Vie 1 Feb	Sáb 2 Feb	Dom 3 Feb	Lun 4 Feb	Mar 5 Feb
	↑ 0° ↓ -4°	↑ 0° ↓ -4°	↑ -1° ↓ -4°	↑ -1° ↓ -6°	↑ -1° ↓ -4°	↑ -1° ↓ -4°	↑ -3° ↓ -8°
08:00	-3°	-3°	-2°	-5°	-3°	-1°	-3°
14:00	0°	-1°	-2°	-2°	-1°	-1°	-3°
20:00	0°	-1°	-3°	-1°	-2°	-3°	-6°
Lluvias	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm
Nieve	0.2 cm	0 cm	0.6 cm	0.8 cm	1 cm	1.4 cm	6.2 cm
Viento	↖ 29 km/h	↖ 23 km/h	↖ 24 km/h	↖ 26 km/h	↘ 28 km/h	↘ 25 km/h	↗ 24 km/h
↑	-	-	-	-	-	-	-
↓	-	-	-	-	-	-	-

Tiempo y Clima como afectan en las planificación de tareas:

- El **clima** es la media de los valores diarios recogidos de temperatura, precipitación, etc., en un lugar determinado durante un periodo largo de tiempo, normalmente 30 años. Es por tanto la media del tiempo que ha hecho en ese lugar durante ese periodo.



Köppen-Geiger climate classification map for South America (1980–2016)



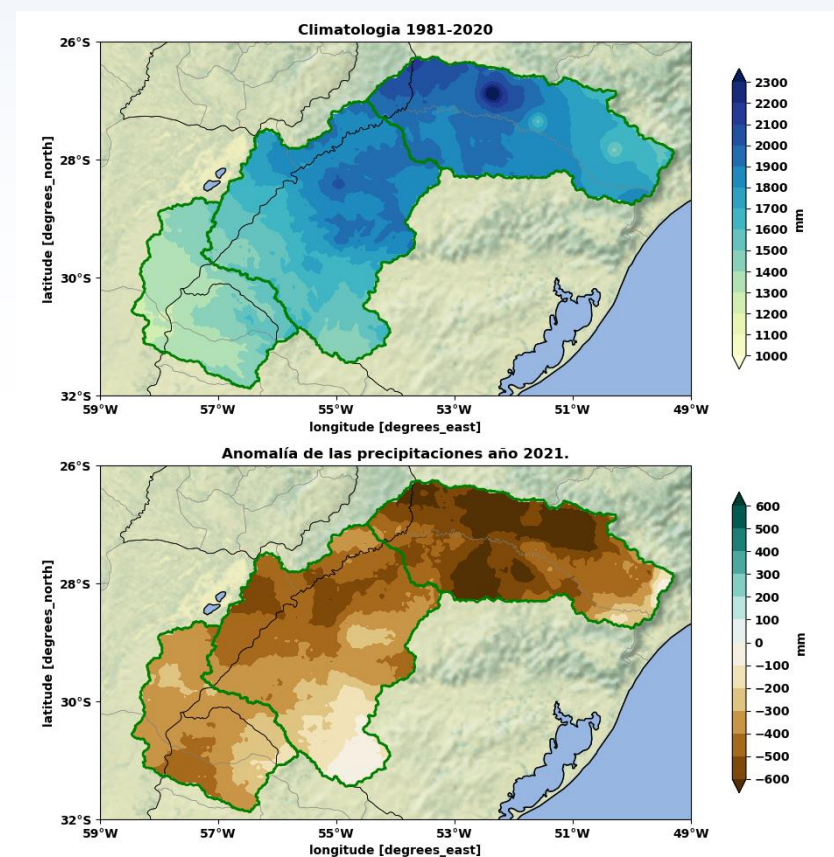
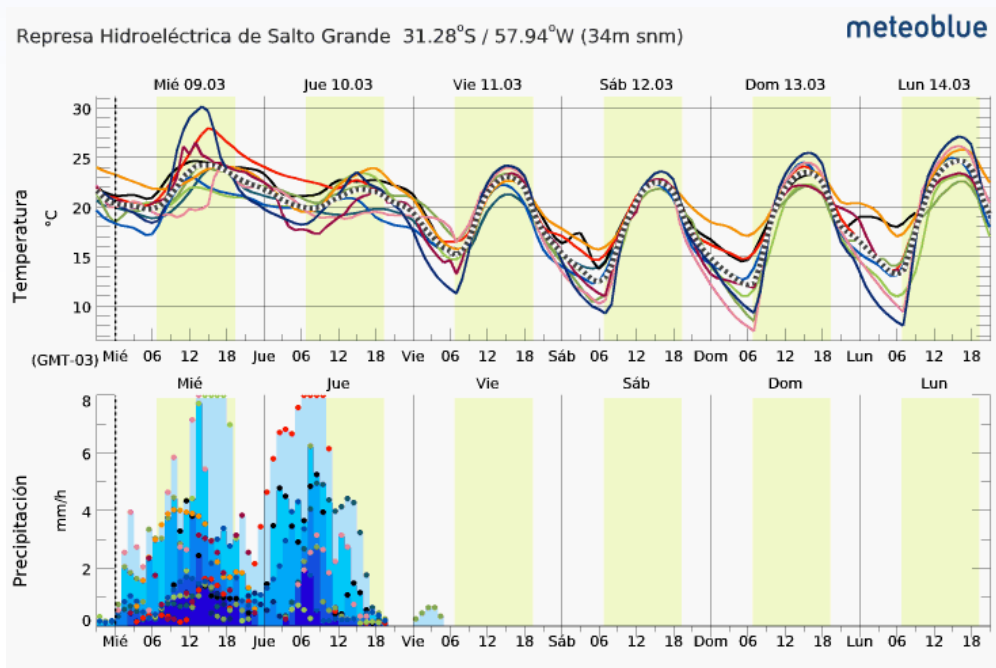
Clasificación
en base a
temperatura y
precipitación

Factores que determinan el clima de un lugar:

- Latitud, altitud, distancia al mar, orientación del relieve, corrientes oceánicas y dirección del viento etc.

Tiempo y Clima como afectan en las planificación de tareas:

- **El tiempo:** Varía día a día. ➡ Planificación operativa con horizonte semanal
- **El clima:** También puede variar (año a año por ejemplo o en décadas) ➡ Planificación tareas a largo plazo (trimestre, año)



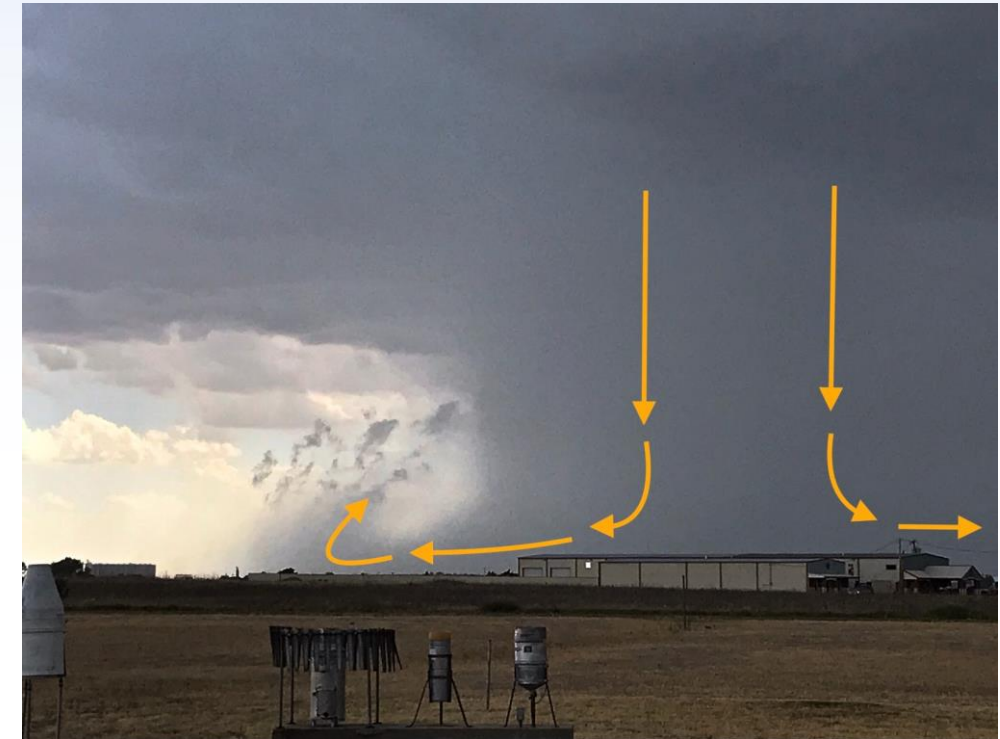
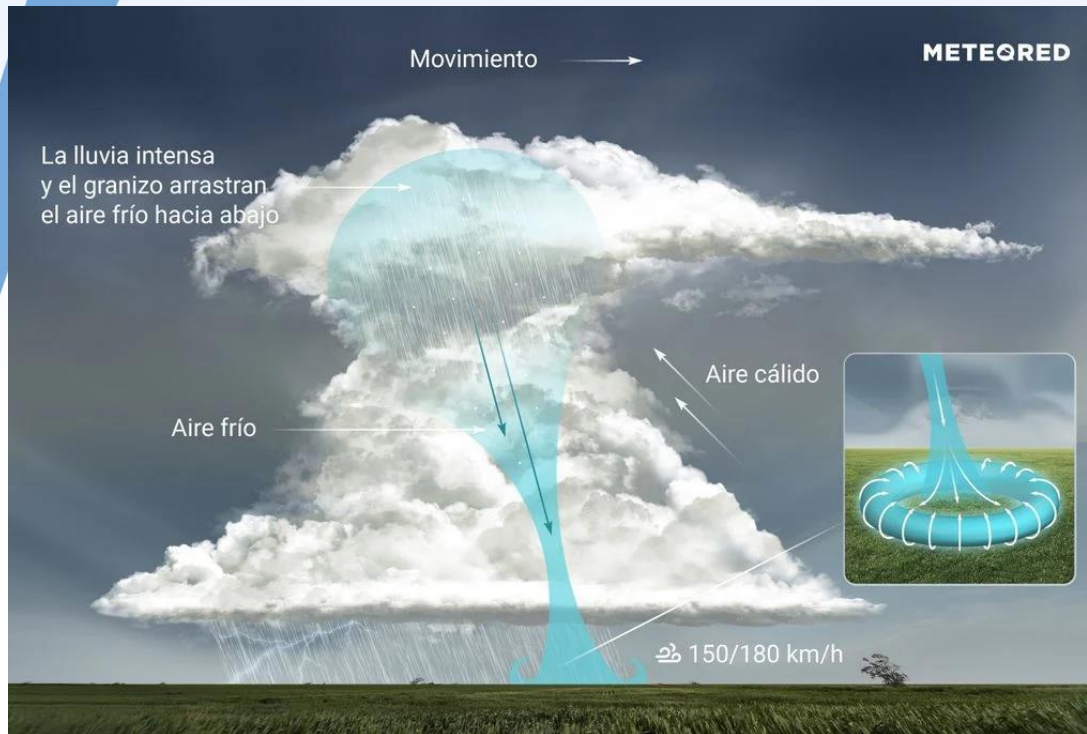
Tiempo y Clima como afectan en las planificación de tareas:

Escalas temporales y espaciales (Tiempo vs Clima)



Principales eventos meteorológicos que afectan la región

Downburst: es una corriente de aire descendente muy intensa que cae desde nubes convectivas o de tormenta.



Cuando la corriente descendente llega y choca contra el suelo, se producen vórtices horizontales donde el viento se acelera. Las rachas pueden alcanzar o superar los 100 km/h. Los downburst suelen durar de 5 a 20 minutos y pueden extenderse a lo largo de hasta 10 kilómetros.

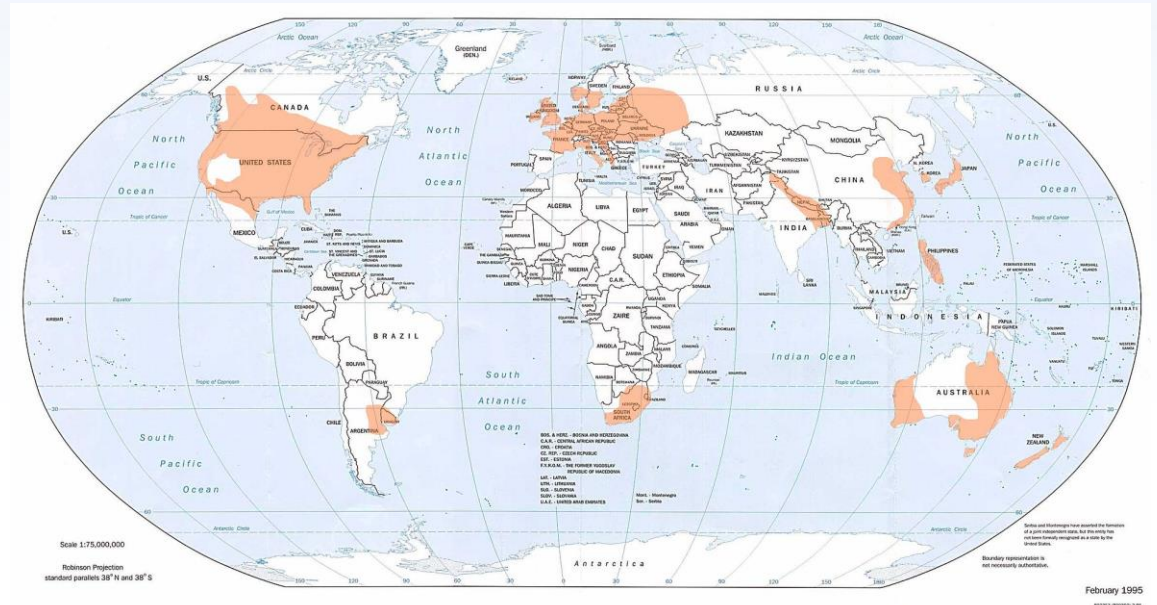


SALTO GRANDE
ARGENTINA - URUGUAY

POLO BINACIONAL
EDUCATIVO, CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO Y PRODUCTIVO

Principales eventos meteorológicos que afectan la región

Tornado: Es un vórtice o remolino de reducida extensión horizontal y gran intensidad que se prolonga hacia abajo desde la base de una nube de tormenta (cumulonimbo)



Se puede observar a simple vista una nube giratoria en forma de embudo que se extiende desde la base de la nube que le dio origen. Puede generar viento de hasta 500 km/h

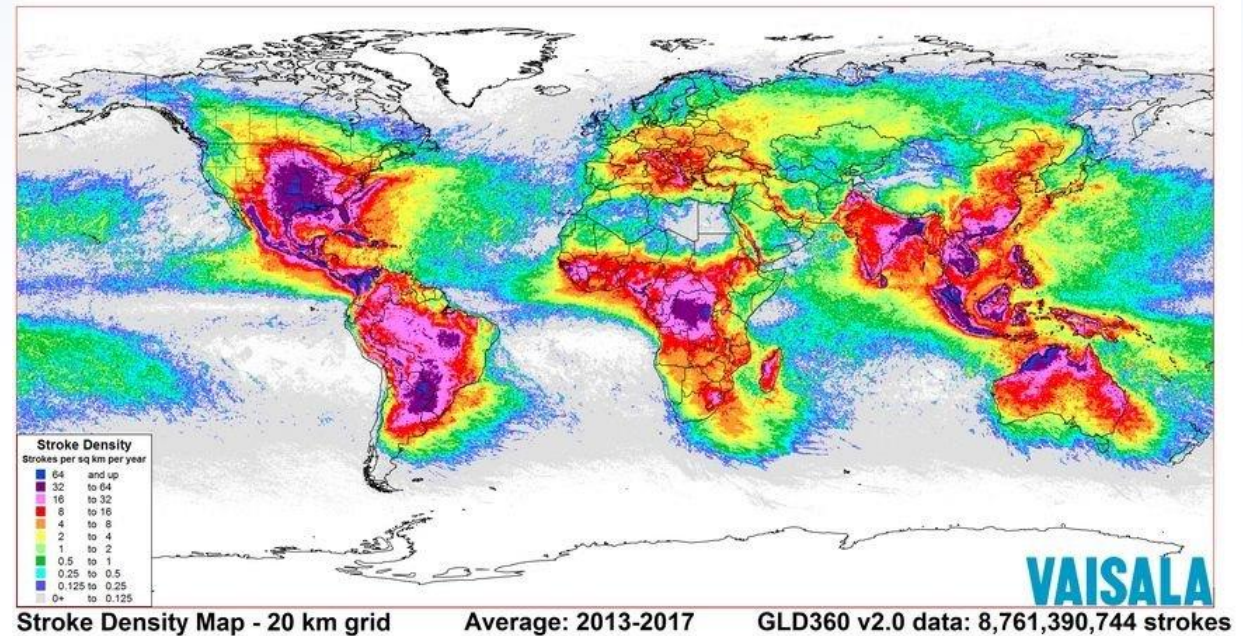


SALTO GRANDE
ARGENTINA - URUGUAY

POLO BINACIONAL
EDUCATIVO, CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO Y PRODUCTIVO

Principales eventos meteorológicos que afectan la región

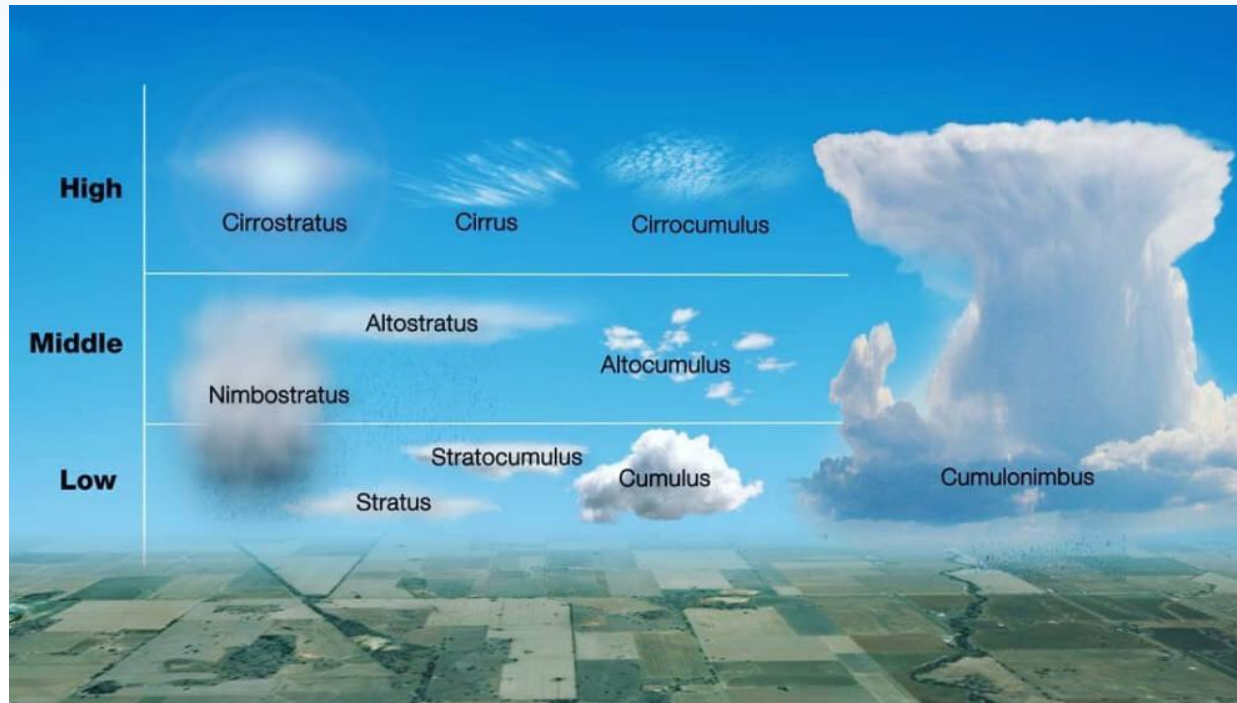
Thunderstorm: Tormenta eléctrica es una tormenta caracterizada por la presencia de rayos y truenos. Ocurren en un tipo de nube conocida como cumulonimbus. Están usualmente acompañada de fuertes vientos y frecuentemente producen intensas precipitaciones



Principales eventos meteorológicos que afectan la región

Nubes Cumulonimbus: Tienen un crecimiento vertical que se desarrollan entre los 18 y los 20 kilómetros de altura. En su presencia puede producirse tornados, lluvias intensas, vientos fuertes, descargas eléctricas, granizo etc.

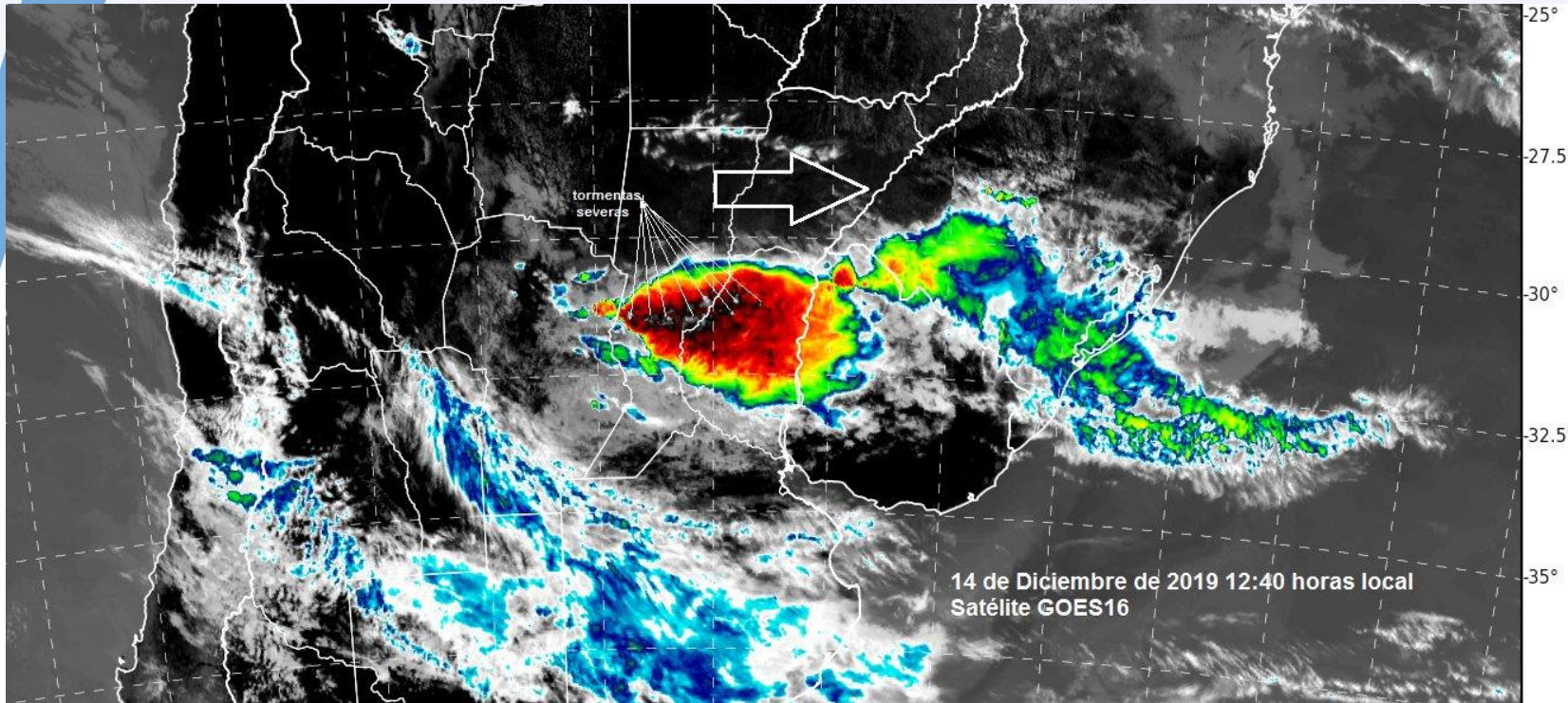
Tipos de Nube:



<https://www.youtube.com/watch?v=Myg04xBpvOk>

Principales eventos meteorológicos que afectan la región

Sistemas convectivos de Mesoescala: son unas estructuras atmosféricas conglomerados convectivos de grandes dimensiones potencialmente generadores de tiempo adverso y severo en superficie que pueden afectar a grandes extensiones de territorio, con ciclos de vida que van más allá de una simple tormenta, pudiendo persistir más de 24 horas

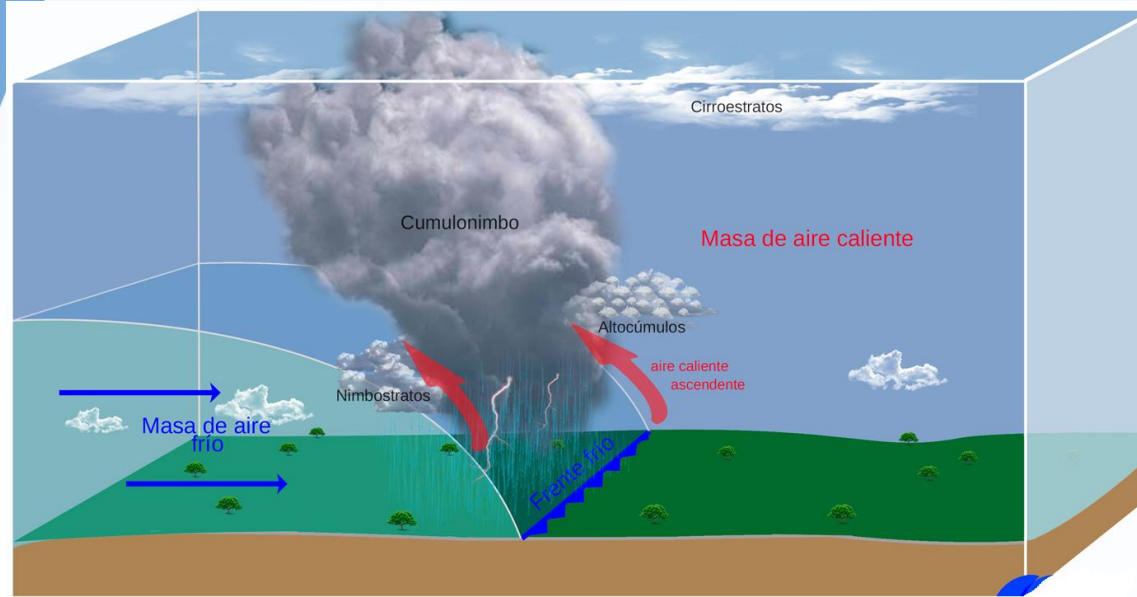


- Superficie: ~ 300 000 km² (R~ 300 km)
- Ciclo de vida: 10 – 24 horas
- Predominantemente nocturnos

Topes Nubosos asociados a nubes con gran desarrollo vertical (temperaturas menores): Canal Infrarrojo GOES 16

Principales eventos meteorológicos que afectan la región

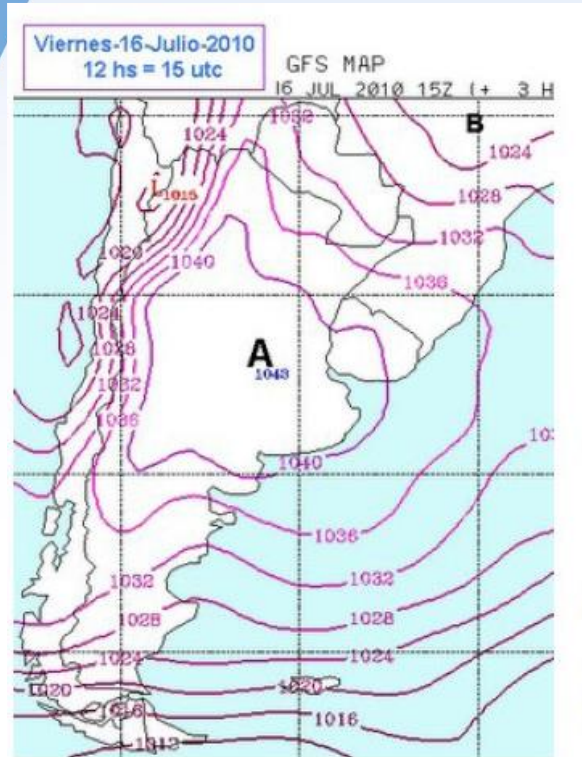
Frentes en superficie: Los frentes son la línea de unión entre dos masas de aire con características físicas diferentes como temperatura, humedad, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento. Se clasifican en; frente frío, frente cálido, frente ocluido y frente estacionario.



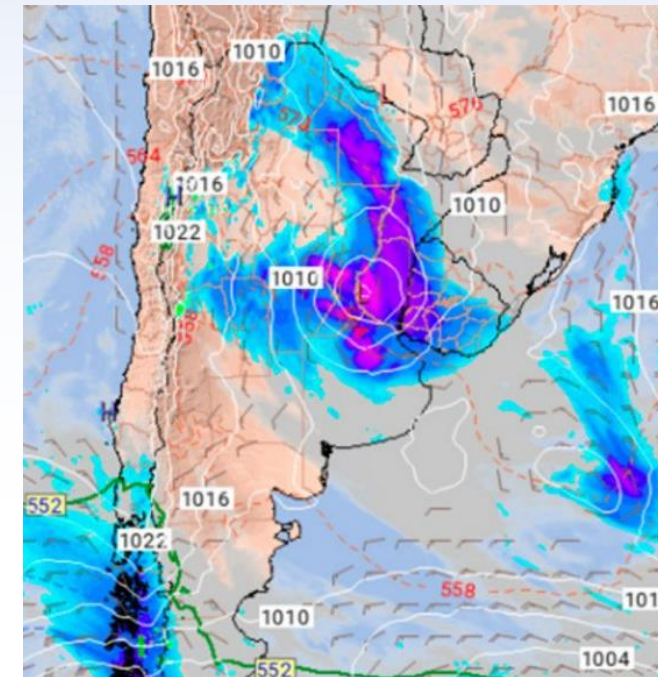
- Velocidades de desplazamiento: 40 y 60 km/h.
- Duración de 3 a 7 días.
- Tamaño: longitud de entre 500 y 5.000 km con un ancho de 5 a 50 km

Principales eventos meteorológicos que afectan la región

Sistemas de Alta y Baja (de presión) sinópticas



Sistema de alta presión los vientos tienden a ser débiles y soplar en sentido antihorario en el HS. También el aire es descendente, inhibiendo la formación de la nube. Los vientos suaves y cielos claros pueden dar lugar a la niebla durante la noche o heladas

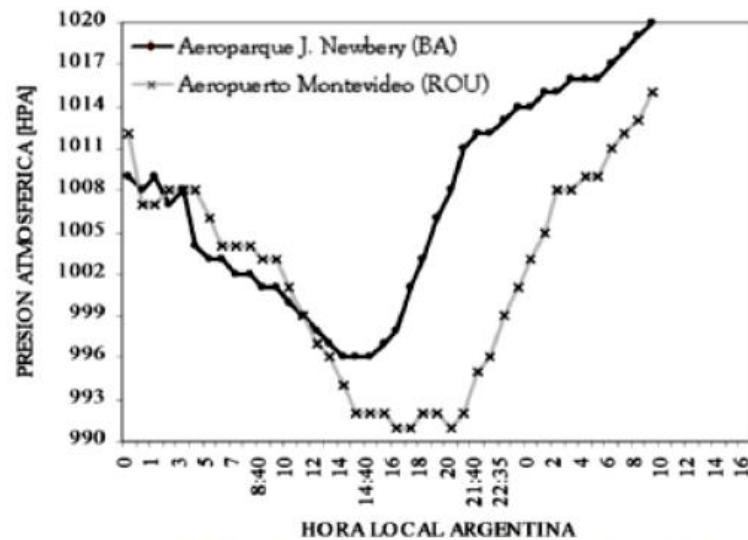


Sistema de baja presión: En una depresión el aire está en ascenso. A medida que asciende y se enfría, el vapor de agua se condensa para formar nubes y quizás precipitación. Genera nublado, húmedo y ventoso (con vientos que soplan en sentido horario en el HS). Por lo general hay **sistemas frontales** asociados a las depresiones. Muchas veces se les llama ciclón extratropical.

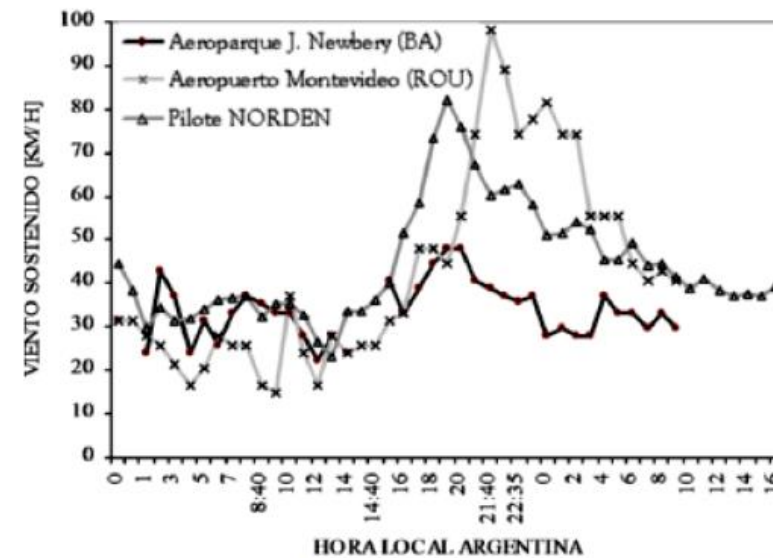
Principales eventos meteorológicos que afectan la región

Sistemas de Alta y Baja (de presión) sinópticas

Ciclón extratropical 23-24/08/2005



Marcha de presión al nivel medio del mar para Aeroparque (Buenos Aires) y Carrasco (Montevideo), entre las 00 horas del 23 y las 17 horas del 24.



Marcha horaria del viento sostenido en las estaciones del Aeroparque (Buenos Aires), Carrasco (Montevideo) y Pilote NORDEN (Río de la Plata), entre las 00 horas del 23 y las 17 horas del 24.

Principales eventos meteorológicos que afectan la región

Herramientas para la obtención de información meteorológica

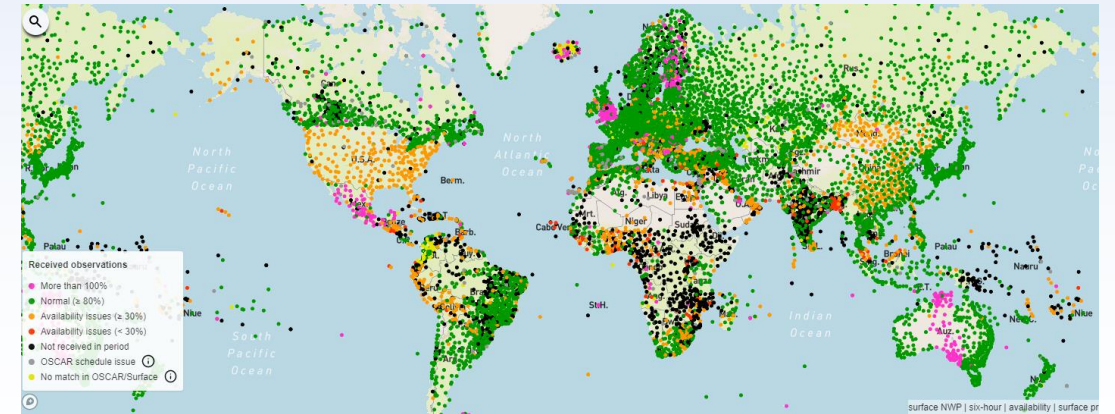
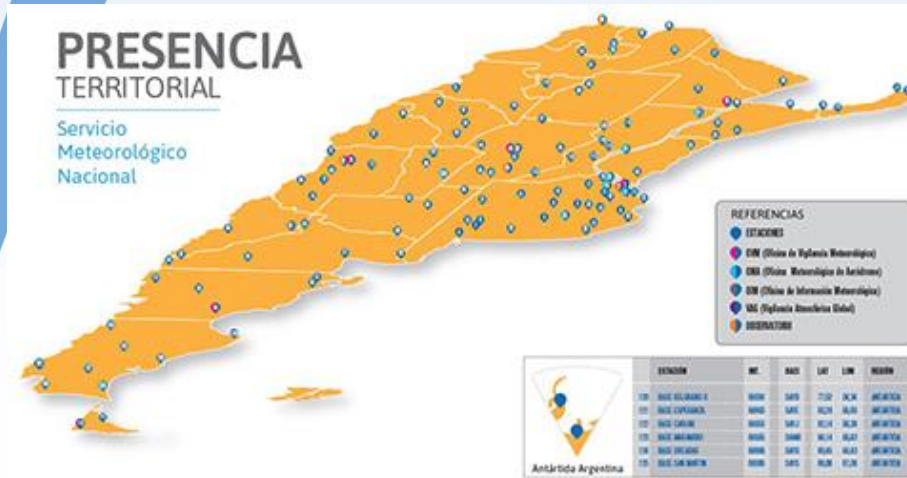
Como podemos obtener información acerca de la ocurrencia de estos eventos meteorológicos?

Básicamente existen 2 herramientas principales que son las herramientas de diagnóstico y herramientas de pronóstico:

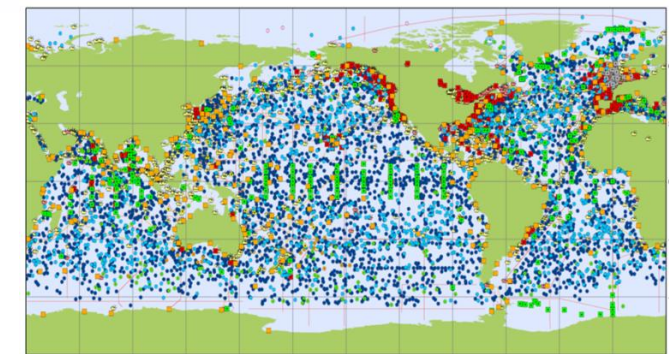
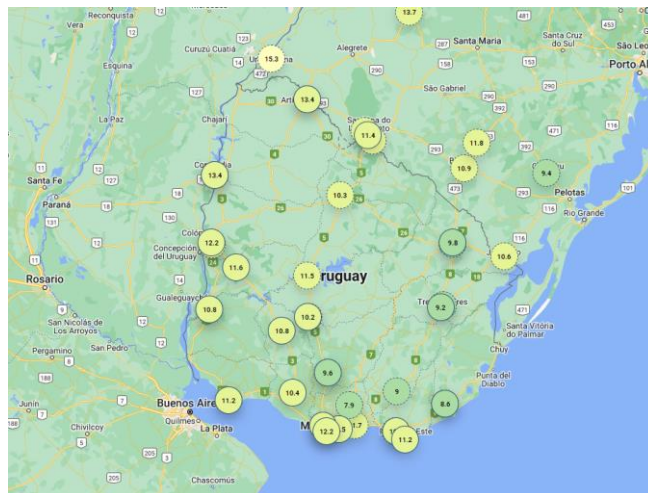
1. **Herramientas de diagnóstico:** Posibilitan diagnosticar la situación actual y en base a ellas se pueden realizar inferencias de la situación meteorológica futura en el corto plazo (horas):
 - i. Red de estaciones en superficie
 - ii. Radar Meteorológico
 - iii. Satélites
2. **Herramientas de pronóstico:** Posibilitan realizar pronóstico sobre las condiciones meteorológicas futuras para mediano plazo (días) en base modelos numéricos de predicción del tiempo. Sirven para pronosticar eventos meteorológicos de escala mayor a los cientos de km (sistemas convectivos de mesoescala, sistemas frontales, alta y bajas presiones). Además a través de estas herramientas es posible cuantificar la posibilidad de eventos de escala menor a las centenas de km.

Principales eventos meteorológicos que afectan la región

Herramientas para la obtención de información meteorológica: Red de estaciones meteorológicas en superficie



https://wdqms.wmo.int/nwp/land_surface/six_hour/availability/pressure/all/2022-09-20/18

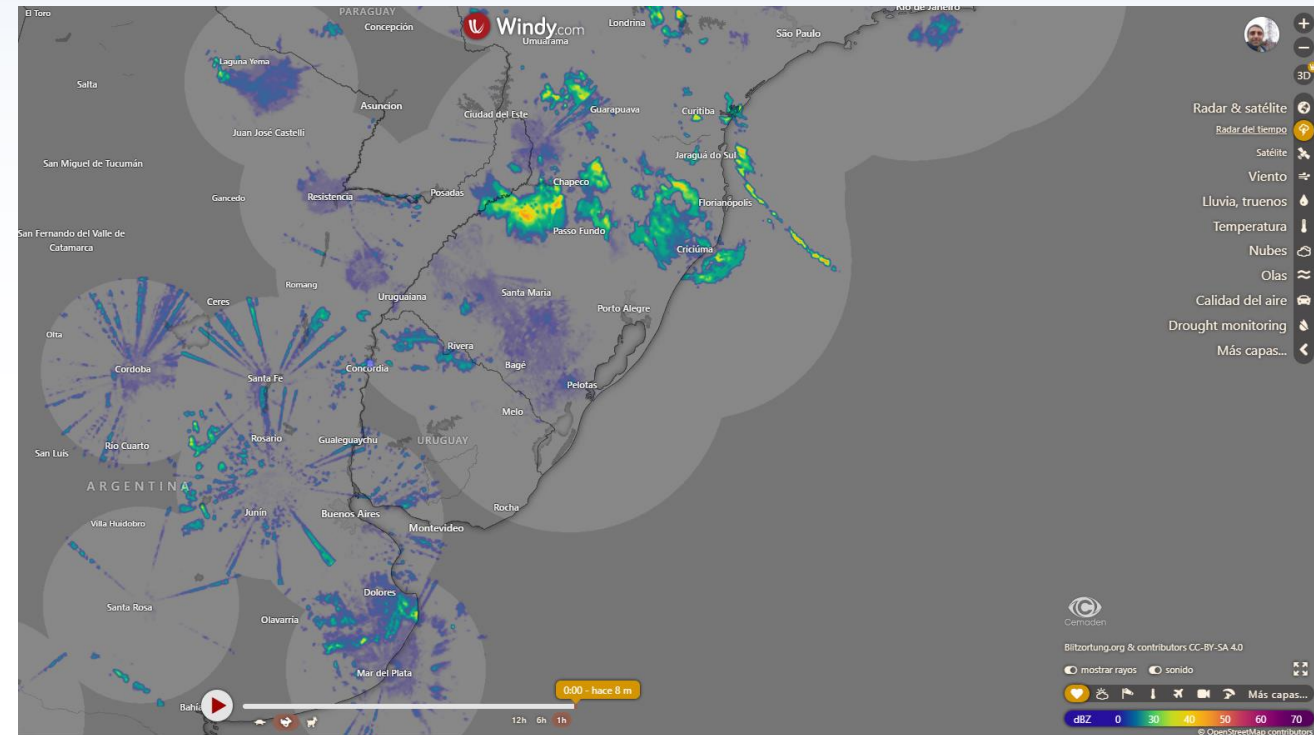
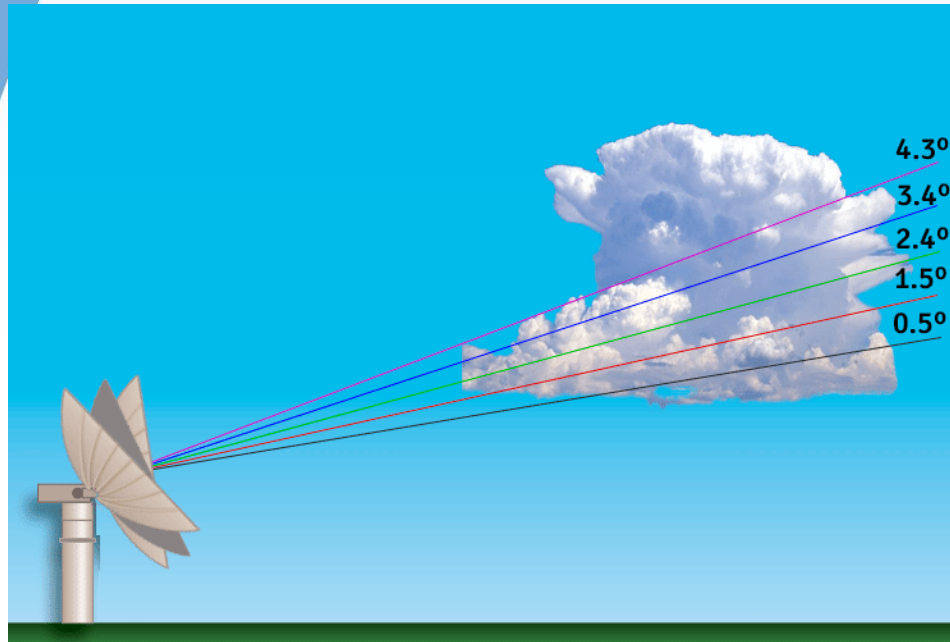


- Profiling Floats (Argo)**
 - Core (3836)
 - Deep (199)
 - BioGeoChemical (287)
 - Data Buoys (DBCP)**
 - Surface Drifters (1386)
 - Offshore Platforms (103)
 - Ice Buoys (35)
 - Moored Buoys (399)
 - Tide Gauges (252)
 - Timeseries (OceanSITES)**
 - Repeating Hydrography (GO-SHIP)
 - Research Vessel Lines (61)
 - Sea Level (GLOSS)
 - Ship based Measurements (SOT)**
 - Automated Weather Stations (247)
 - Manned Weather Stations (1603)
 - Radiosondes (19)
 - expendable Bathy/Thermographs (37)
- Generated by www.jamstec.go.jp 10/12/2017

Principales eventos meteorológicos que afectan la región

Herramientas para la obtención de información meteorológica: Radar Meteorológico

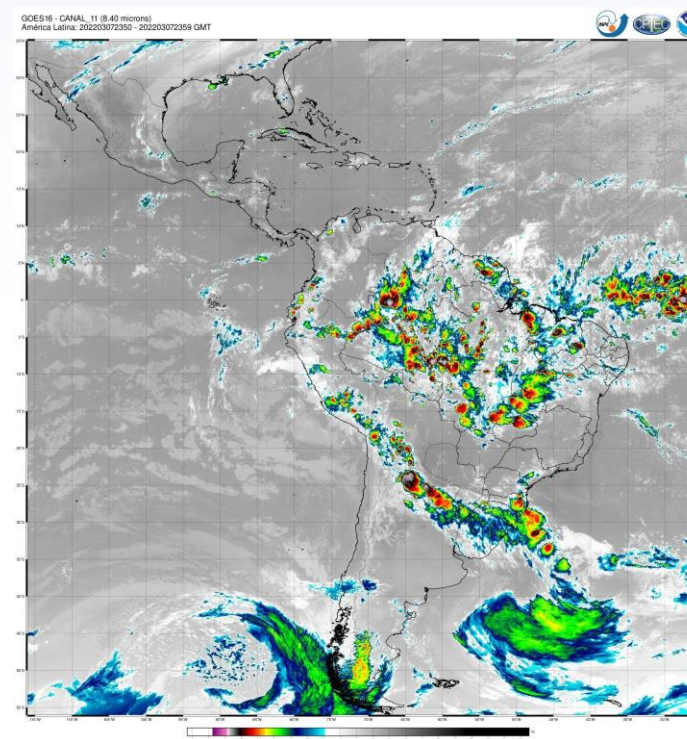
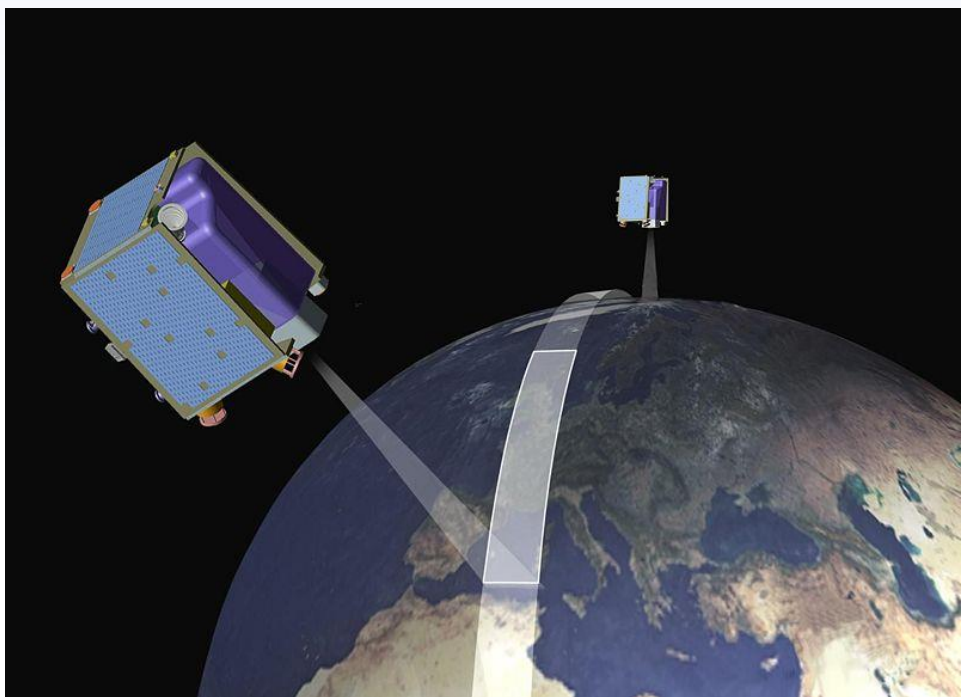
Un radar meteorológico sirve para localizar precipitaciones, calcular sus trayectorias y estimar sus tipos (lluvia, nieve, granizo, etc.). Además, los datos tridimensionales pueden analizarse para extraer la estructura de las tormentas y su potencial de trayectoria y de daño.



Principales eventos meteorológicos que afectan la región

Herramientas para la obtención de información meteorológica: Satélites

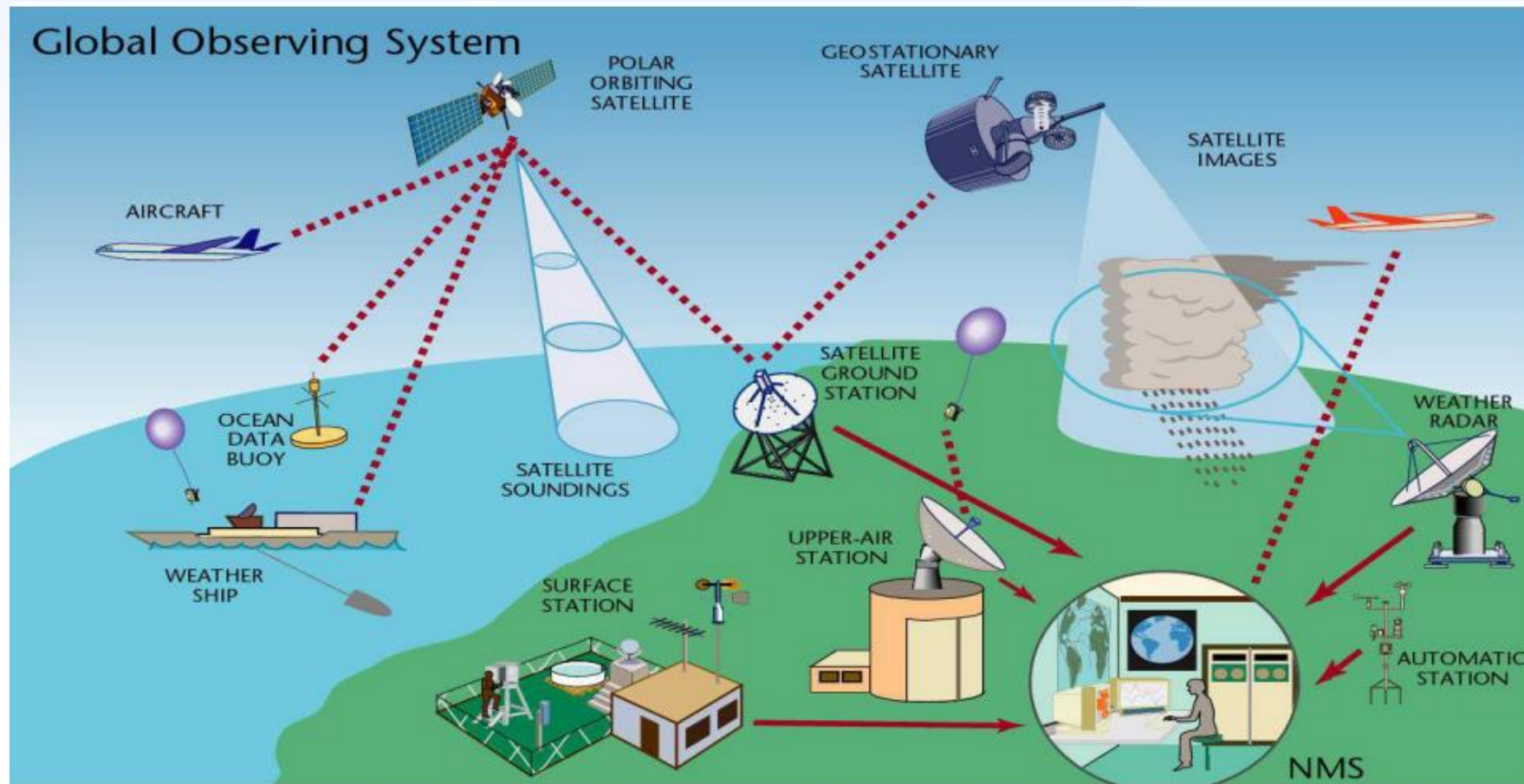
Un satélite meteorológico es un tipo de satélite artificial que se utiliza principalmente para supervisar el tiempo atmosférico y el clima de la Tierra. Los satélites pueden seguir una órbita polar, cubriendo la Tierra entera asincrónicamente, o geoestacionaria, permaneciendo sobre un mismo punto en el ecuador del planeta.



Principales eventos meteorológicos que afectan la región

Herramientas para la obtención de información meteorológica:

Sistema de observación mundial de la OMM



Principales eventos meteorológicos que afectan la región

Herramientas para la obtención de información meteorológica: Modelos Numéricos de predicción

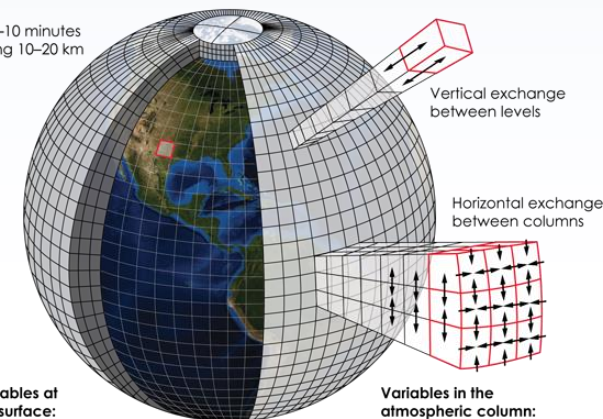
Los modelos de Predicción Numérica del Tiempo (PNT) son modelos físico-matemáticos que se utilizan para predecir el estado futuro de la atmósfera partiendo del estado actual que estimamos por medio de las observaciones atmosféricas y un proceso que se conoce como asimilación de datos.

Momentum equations $\frac{\partial u}{\partial t} = -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - w \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + f_v$ $\frac{\partial v}{\partial t} = -u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial y} - w \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - f_u$ $\frac{\partial w}{\partial t} = -u \frac{\partial w}{\partial x} - v \frac{\partial w}{\partial y} - w \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g$ Thermodynamic equation $\frac{\partial \theta}{\partial t} = -u \frac{\partial \theta}{\partial x} - v \frac{\partial \theta}{\partial y} - w \frac{\partial \theta}{\partial z} + \frac{Q}{\rho}$	Mass continuity equation $\frac{\partial \rho}{\partial t} = -u \frac{\partial \rho}{\partial x} - v \frac{\partial \rho}{\partial y} - w \frac{\partial \rho}{\partial z} - \rho \nabla \cdot \mathbf{V}$ Moisture equation $\frac{\partial q}{\partial t} = -u \frac{\partial q}{\partial x} - v \frac{\partial q}{\partial y} - w \frac{\partial q}{\partial z} + \text{micro}(q)$ Ideal gas law $p = \rho R T$
---	--



Weather forecast modeling

Timestep 5-10 minutes
Grid spacing 10-20 km



Variables at the surface:

- Temperature
- Humidity
- Pressure
- Moisture fluxes
- Heat fluxes
- Radiation fluxes

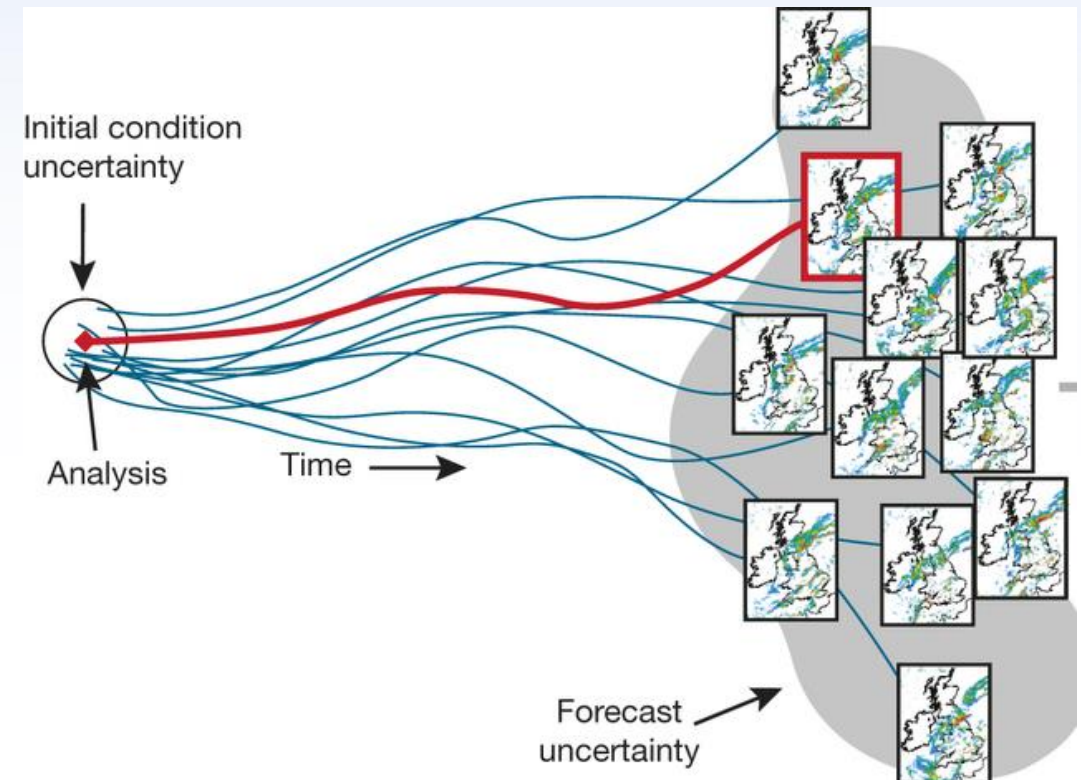
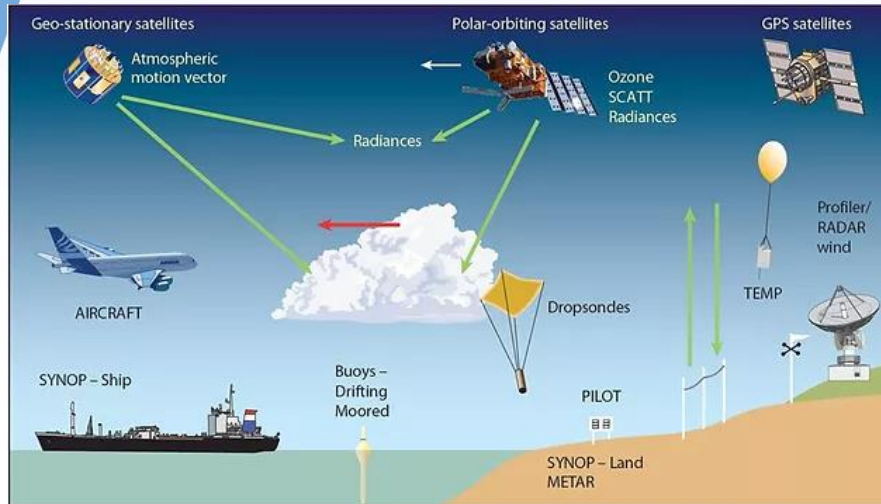
Variables in the atmospheric column:

- Wind vectors
- Humidity
- Clouds
- Temperature
- Height
- Precipitation
- Aerosols

Su resultado depende fuertemente de las condiciones iniciales!

Principales eventos meteorológicos que afectan la región

Herramientas para la obtención de información meteorológica: Modelos Numéricos de predicción



Su resultado depende fuertemente de las condiciones iniciales!

Principales eventos meteorológicos que afectan la región

Herramientas para la obtención de información meteorológica: Modelos Numéricos de predicción

Modelos y características

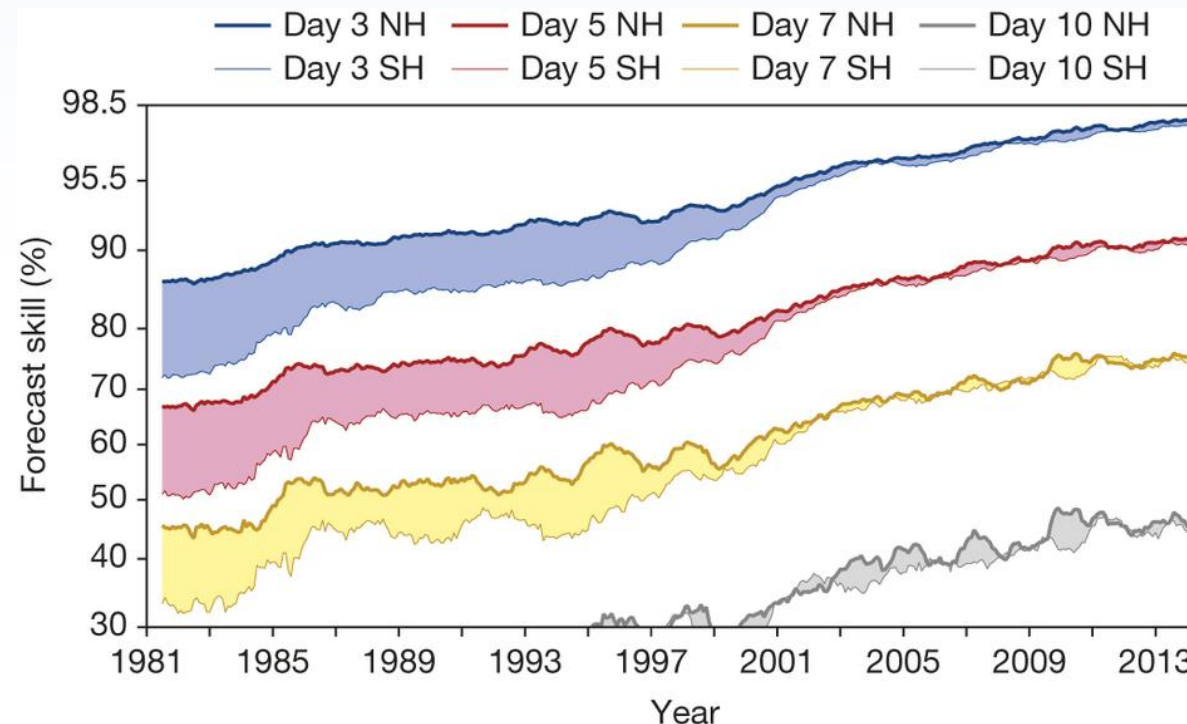
ECWMF-IFS	Global	30 km	144 h (@ 3 h)	16:51 GMT-03	European Centre for Medium-R...
UKMO-17	Global	17 km	144 h (@ 3 h)	14:18 GMT-03	UK MET OFFICE
ICON7	Europa	7 km	120 h (@ 3 h)	13:27 GMT-03	Deutscher Wetterdienst
ICON13	Global	13 km	180 h (@ 3 h)	15:21 GMT-03	Deutscher Wetterdienst
ICON2	Alemania y Alpes	2.2 km	48 h	23:46 GMT-03	Deutscher Wetterdienst
GFS22	Global	22 km	180 h (@ 3 h)	13:35 GMT-03	NOAA NCEP
GFS40	Global	40 km	180 h (@ 3 h)	14:53 GMT-03	NOAA NCEP
GFSSENS05	Global	40 km	384 h (@ 3 h)	18:53 GMT-03	NOAA NCEP
NAM3	América del Norte	3 km	60 h	13:08 GMT-03	NOAA NCEP
NAM5	América del Norte	5 km	60 h	14:22 GMT-03	NOAA NCEP
NAM12	América del Norte	12 km	84 h (@ 3 h)	12:39 GMT-03	NOAA NCEP
FV3-5	Alaska	5 km	60 h	20:27 GMT-03	NOAA NCEP
GEM2	América del Norte	2.5 km	48 h	15:34 GMT-03	Environment Canada
GEM15	Global	15 km	168 h (@ 3 h)	15:24 GMT-03	Environment Canada
AROME2	Francia	2 km	42 h	13:07 GMT-03	METEO FRANCE
ARPEGE11	Europa	11 km	96 h	13:06 GMT-03	METEO FRANCE
ARPEGE40	Global	40 km	96 h (@ 3 h)	13:28 GMT-03	METEO FRANCE
HRMN5	Europa Central	5 km	48 h	20:21 GMT-03	KNMI
HIRLAM7	Europa	7 km	54 h	15:26 GMT-03	Finnish Meteorological Institute

Principales eventos meteorológicos que afectan la región

Herramientas para la obtención de información meteorológica: Modelos Numéricos de predicción

¿Que tan buenos son los modelos de predicción?

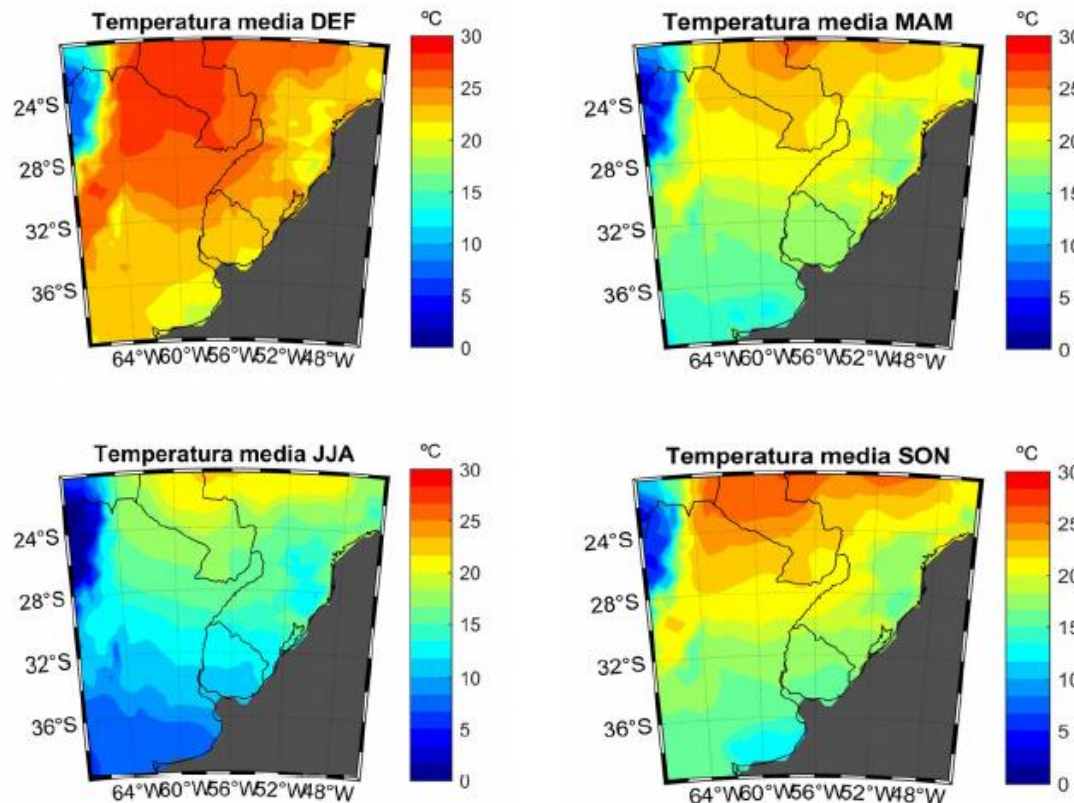
Esta figura muestra la mejora en el acierto de la predicción (*forecast skill*) a tres días (azul), cinco días (rojo), siete días (amarillo) y diez días (gris) tanto en el hemisferio norte (curva más oscura superior) como en el hemisferio sur (curva más clara inferior).



Características Climáticas de la región

Características Climáticas de la región

Motivación: Región de Salto Grande y su cuenca ubicada en una región de gran variabilidad climática y comparte características de la región del sudeste de Sudamérica 20°-40°S y 60°W-50°W. Igualmente se notan diferencias dentro de esta región que vale la pena recalcar



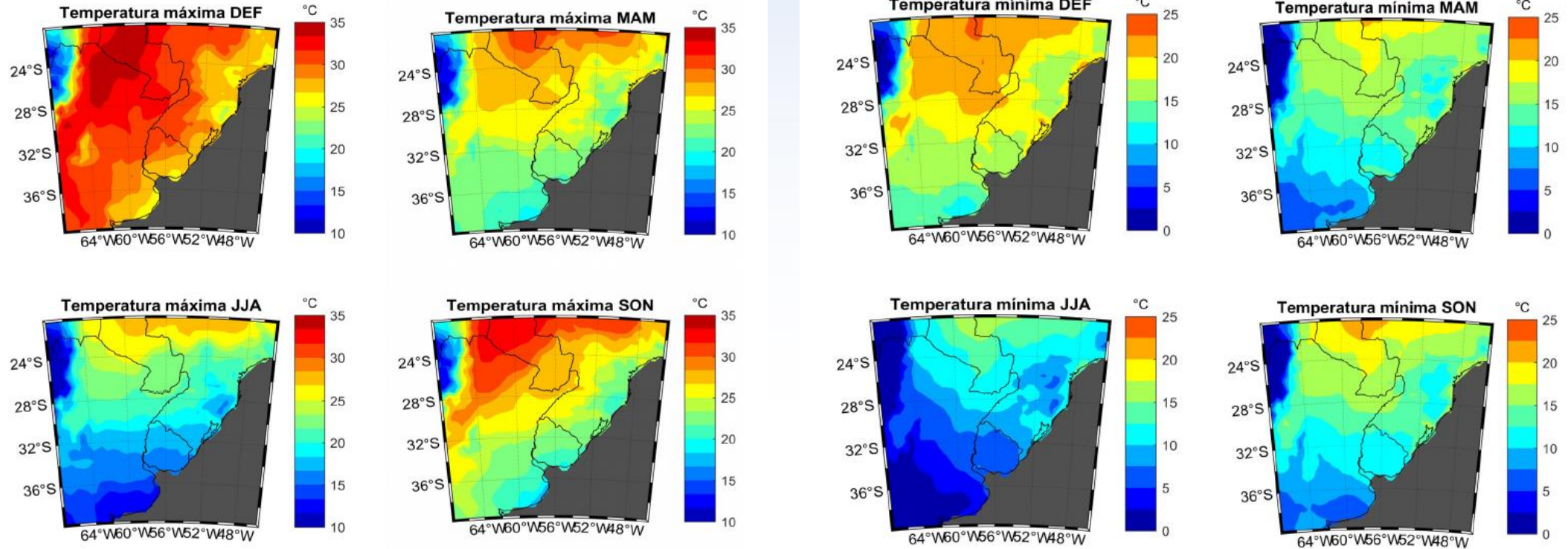
- Región ubicada en una zona de transición gradiente meridional.
- Estacionalidad.
- Durante verano (DEF) la región adquiere temperaturas comparables con regiones mas tropicales, durante el invierno (JJA) adquiere temperaturas mas similares al sur.



SALTO GRANDE
ARGENTINA - URUGUAY

POLO BINACIONAL
EDUCATIVO, CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO Y PRODUCTIVO

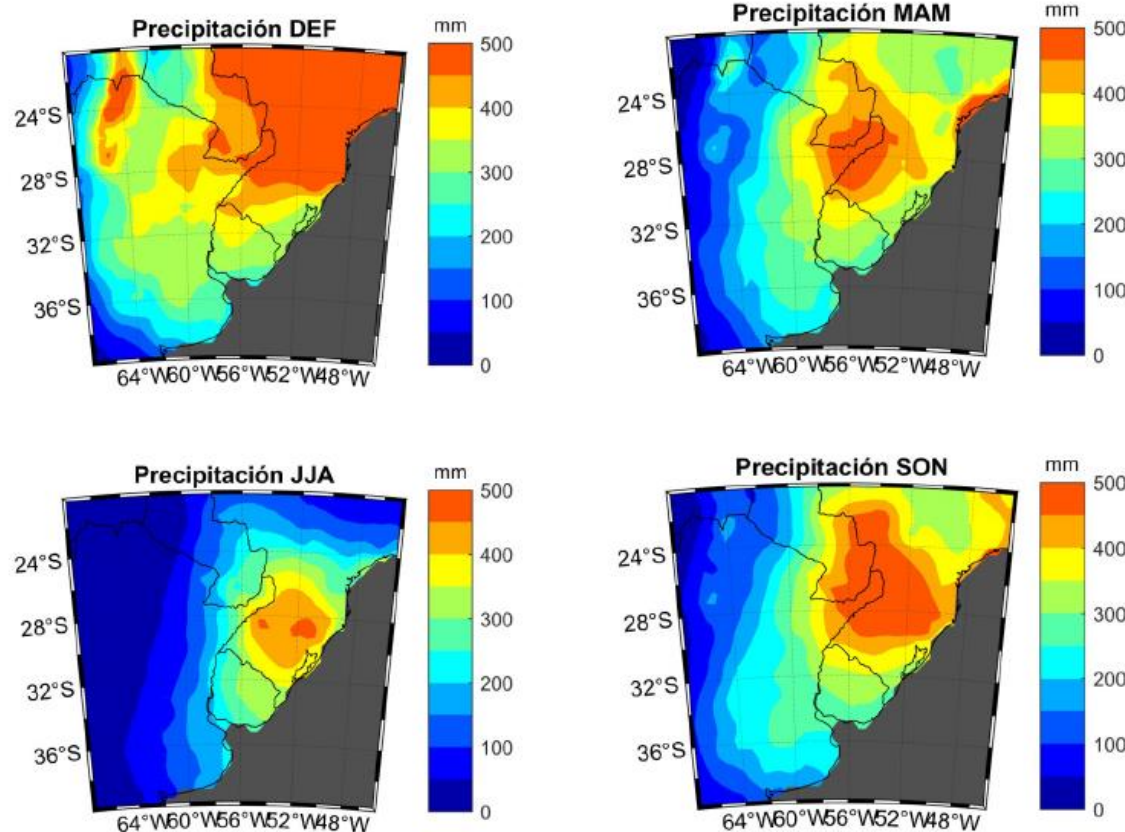
Características Climáticas de la región



Las temperaturas máximas y mínimas tienen las mismas características que la temperatura media.

- Contrastes mayores norte – sur Tmax.
- Contrastes menores norte – sur Tmin.

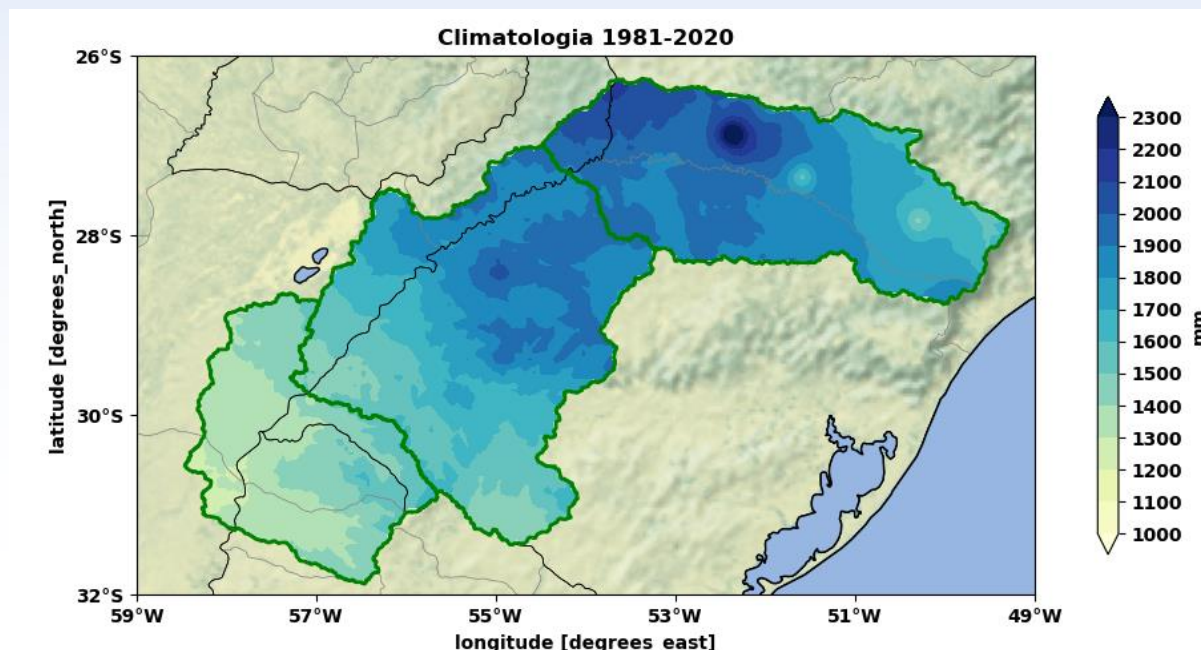
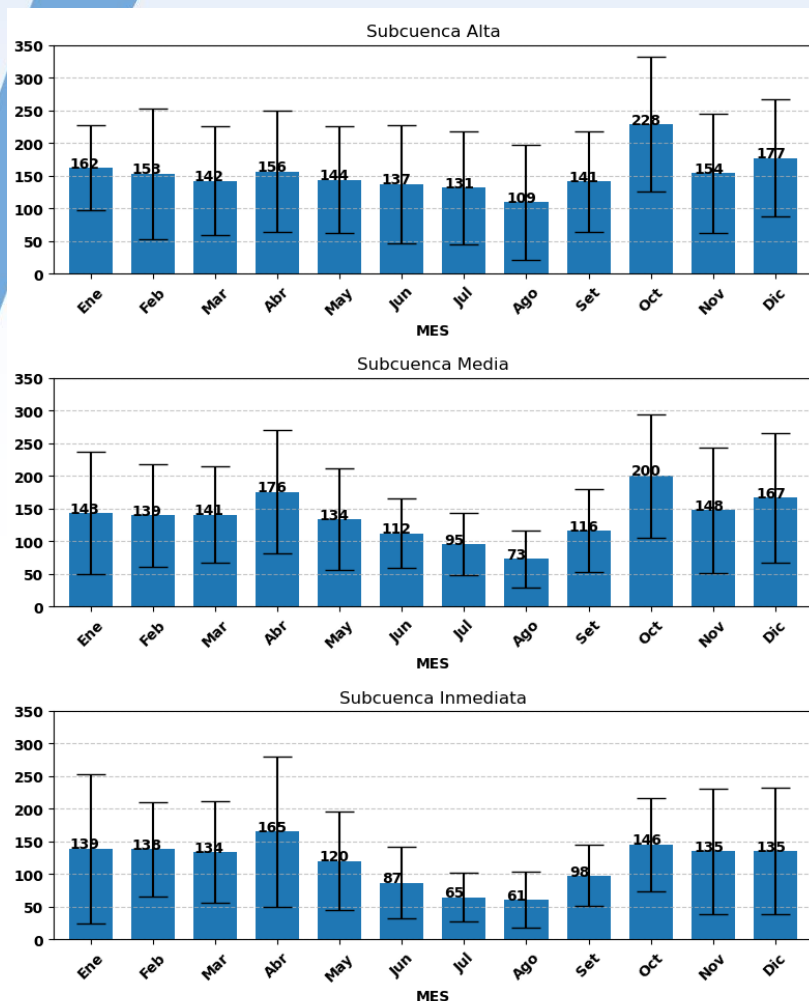
Características Climáticas de la región



- Verano máximo de precipitación sobre la región norte (SACZ)
- En la región en general llueve durante las 4 estaciones del año (350-400 mm/trim)
- Durante el invierno llueve menos en la región de SG. (200-250 mm/trim). En el resto de las estaciones algo mas (350-400 mm/trim)
- Máximos en la parte alta de la cuenca de SG en las estaciones intermedias
- A nivel regional cambios en el gradiente de las precipitaciones

Características Climáticas de la región

Precipitaciones promedio mensuales en la cuenca de SG (1981-2020), variabilidad:



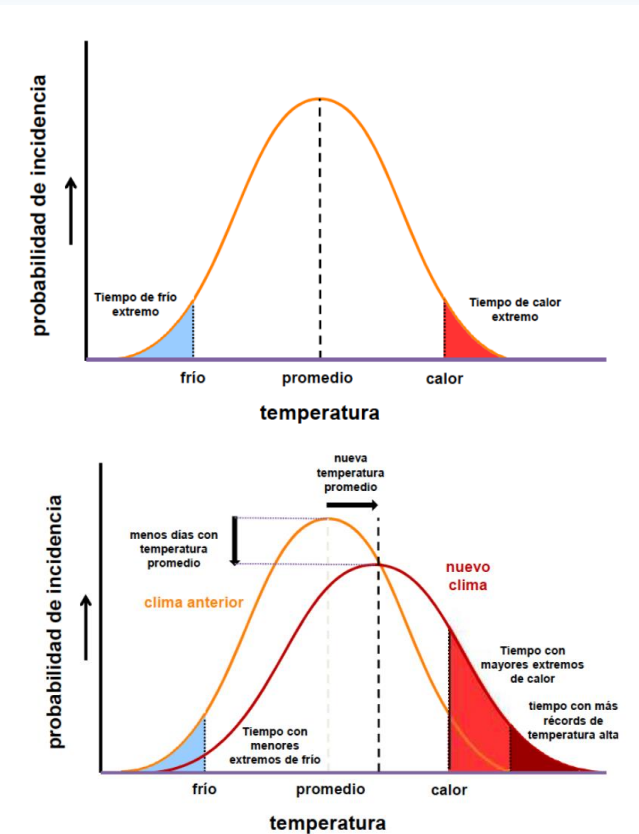
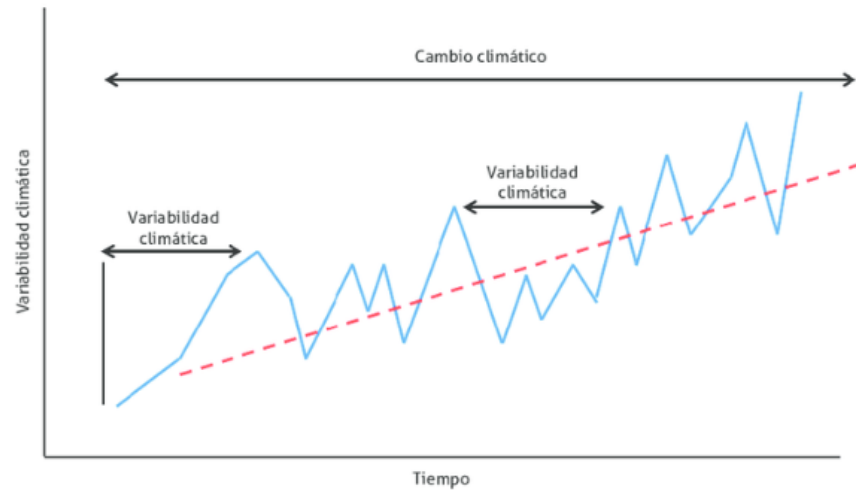
- Ciclo estacional marcado
- En general en la subcuenca alta llueve mas
- Fuerte variabilidad año a año!!

Características Climáticas de la región

Variabilidad Climática vs Cambio Climático

Variabilidad climática se refiere a fluctuaciones naturales de las propiedades estadísticas del clima sobre períodos de meses, años, décadas, o miles o millones de años.

“Cambio climático”: se reserva a aquellas variaciones en el clima debido a la acción humana.





SALTO GRANDE
ARGENTINA - URUGUAY

POLO BINACIONAL
EDUCATIVO, CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO Y PRODUCTIVO

Características Climáticas de la región

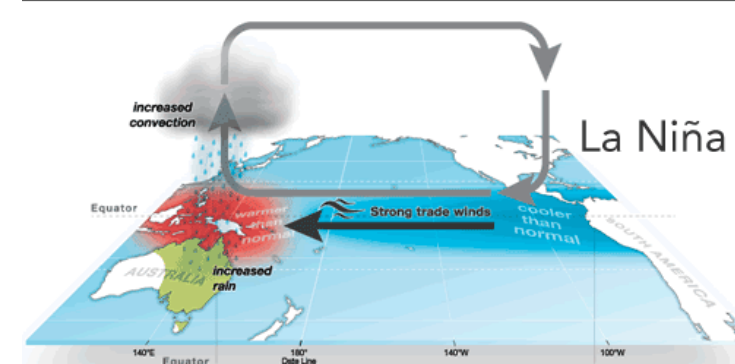
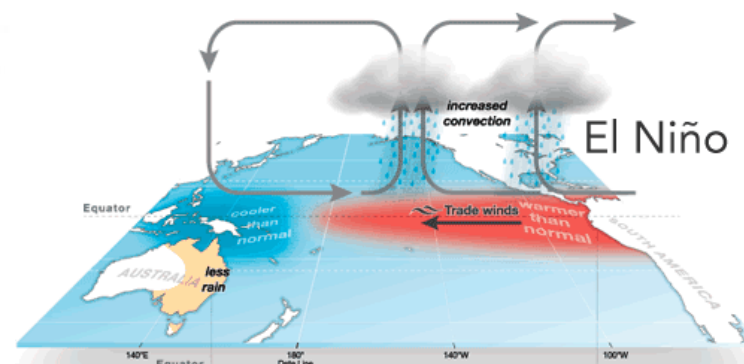
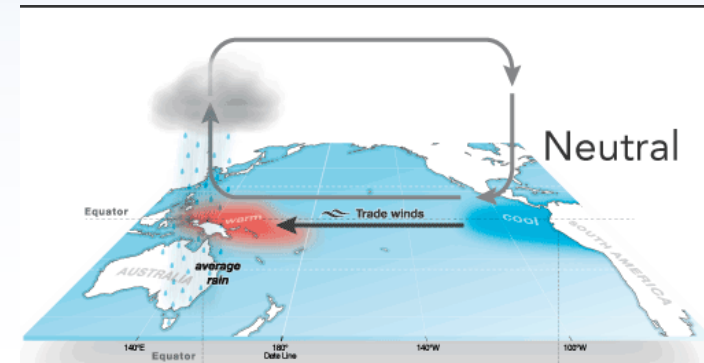
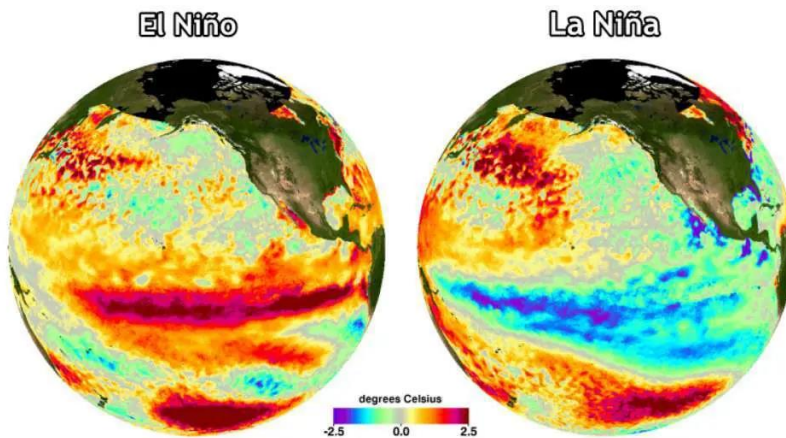
Variabilidad Climática: Desviaciones del clima respecto a las medias climáticas

Consideraremos la variabilidad mas importante en nuestra región la que ocurre año a año: variabilidad interanual:

Forzada principalmente por el estado de los océanos (tropicales).

Fenómenos de mayor relevancia: **El Niño Oscilación Sur (ENSO)**

ENSO tiene 2 fases: El Niño o La Niña

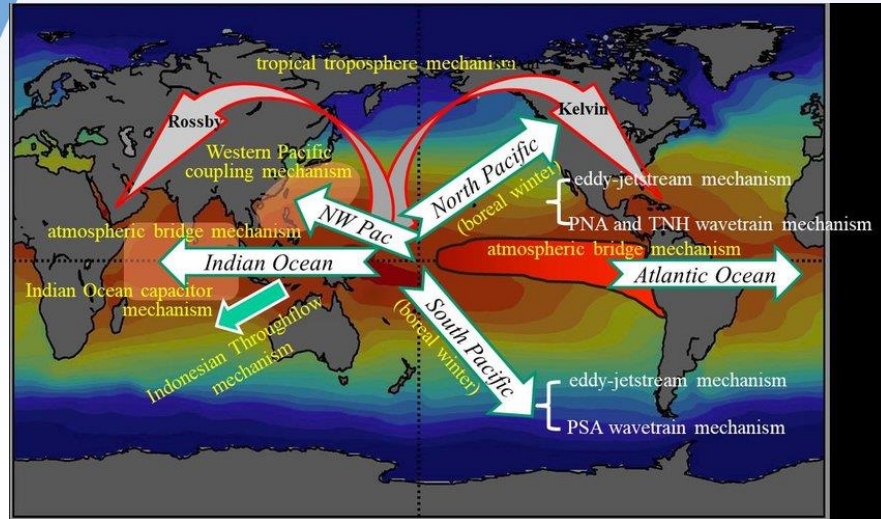




SALTO GRANDE
ARGENTINA - URUGUAY

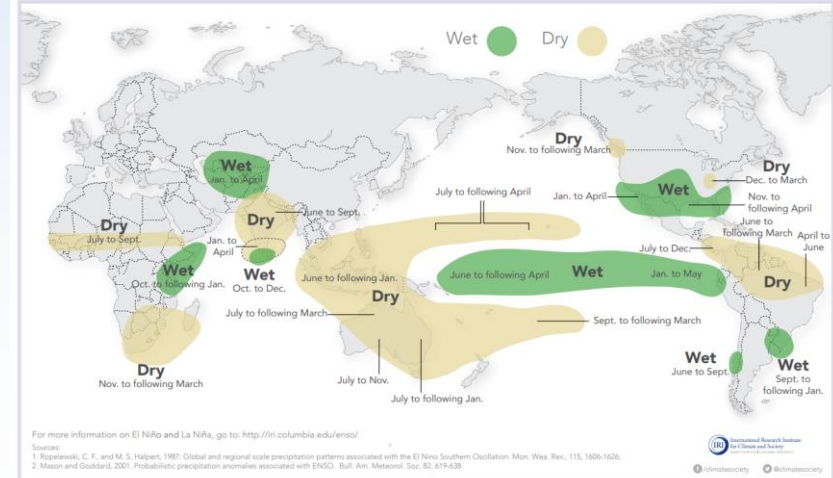
POLO BINACIONAL
EDUCATIVO, CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO Y PRODUCTIVO

Características Climáticas de la región



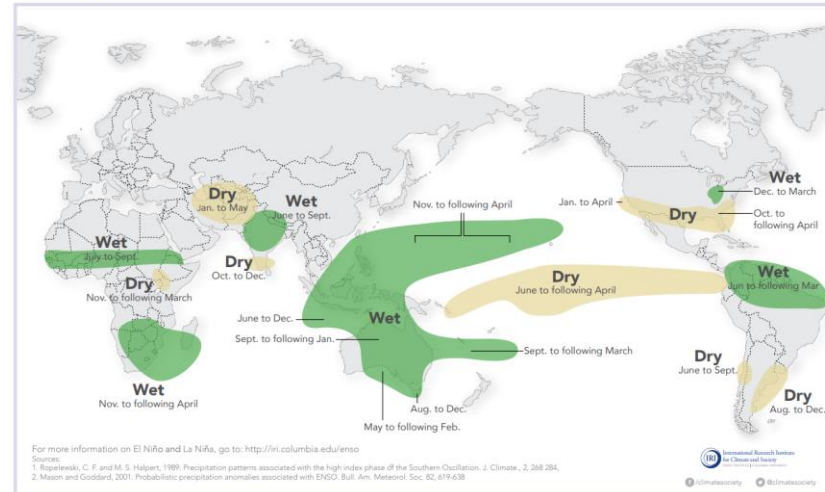
El Niño and Rainfall

El Niño conditions in the tropical Pacific are known to shift rainfall patterns in many different parts of the world. Although they vary somewhat from one El Niño to the next, the strongest shifts remain fairly consistent in the regions and seasons shown on the map below.

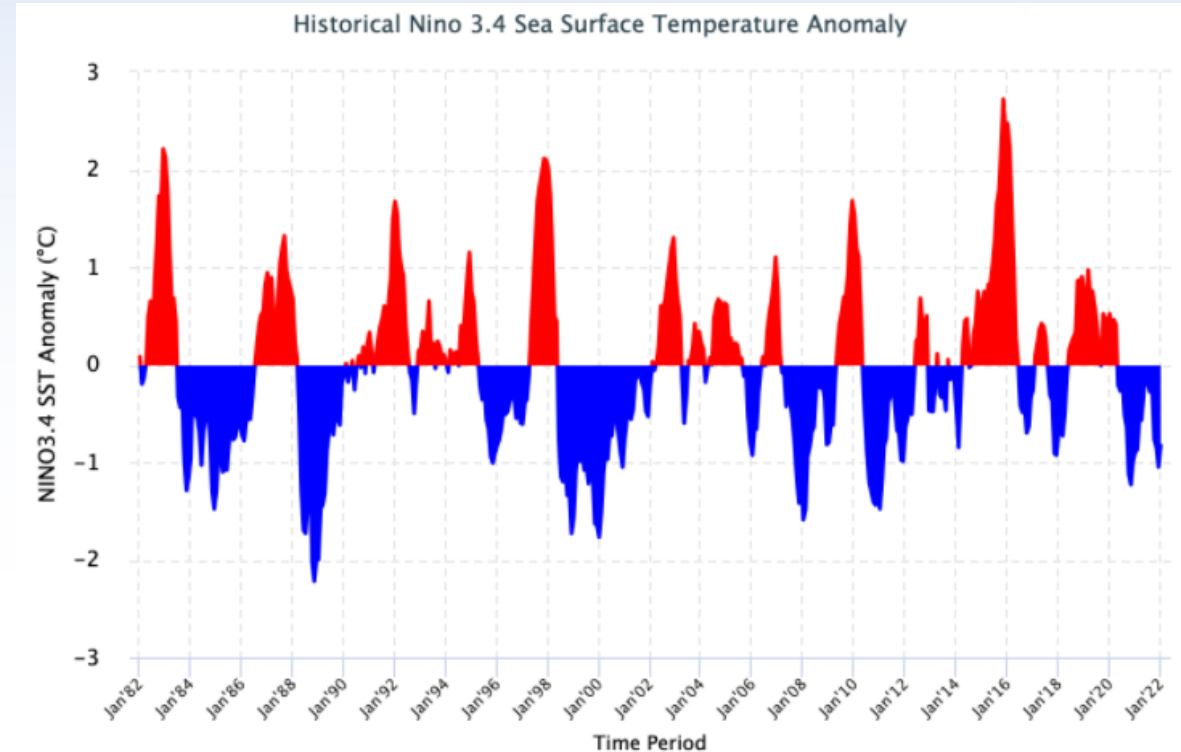
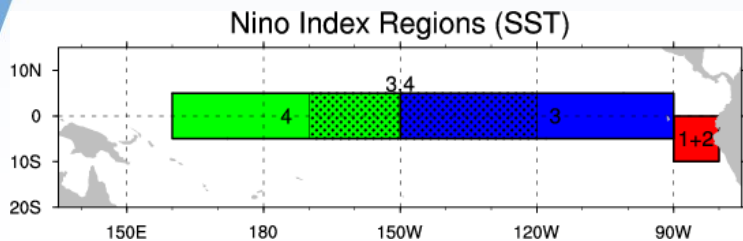


La Niña and Rainfall

La Niña conditions in the tropical Pacific are known to shift rainfall patterns in many different parts of the world. Although they vary somewhat from one La Niña to the next, the strongest shifts remain fairly consistent in the regions and seasons shown on the map below.



Características Climáticas de la región

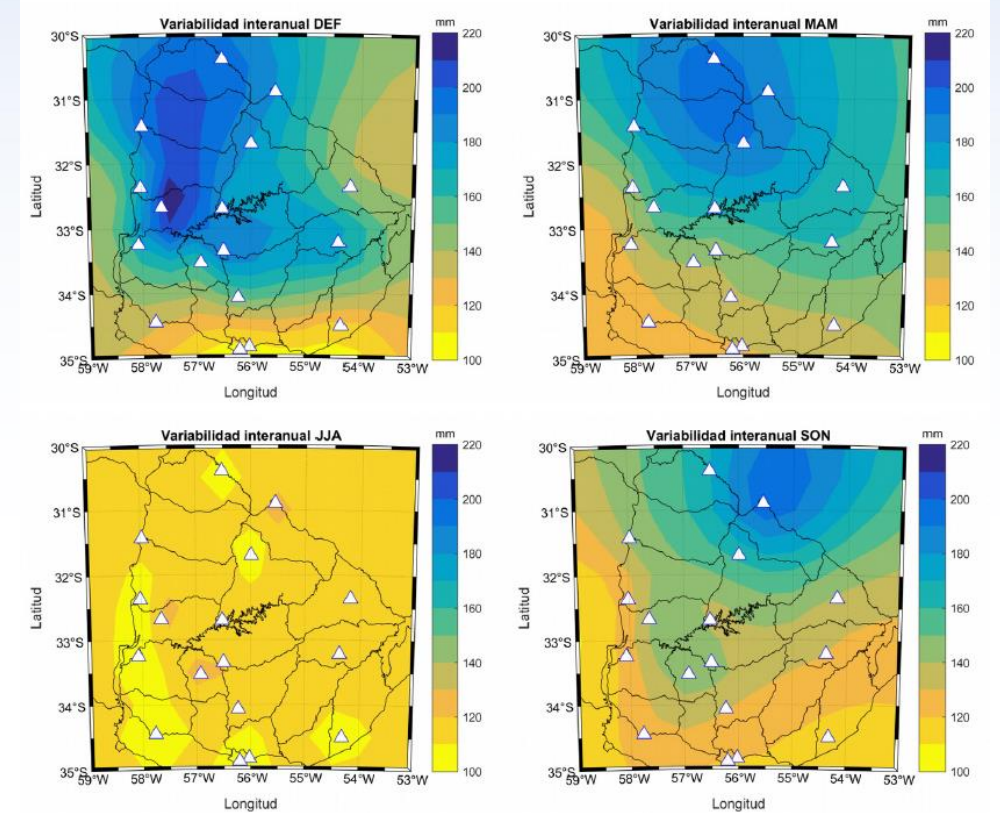
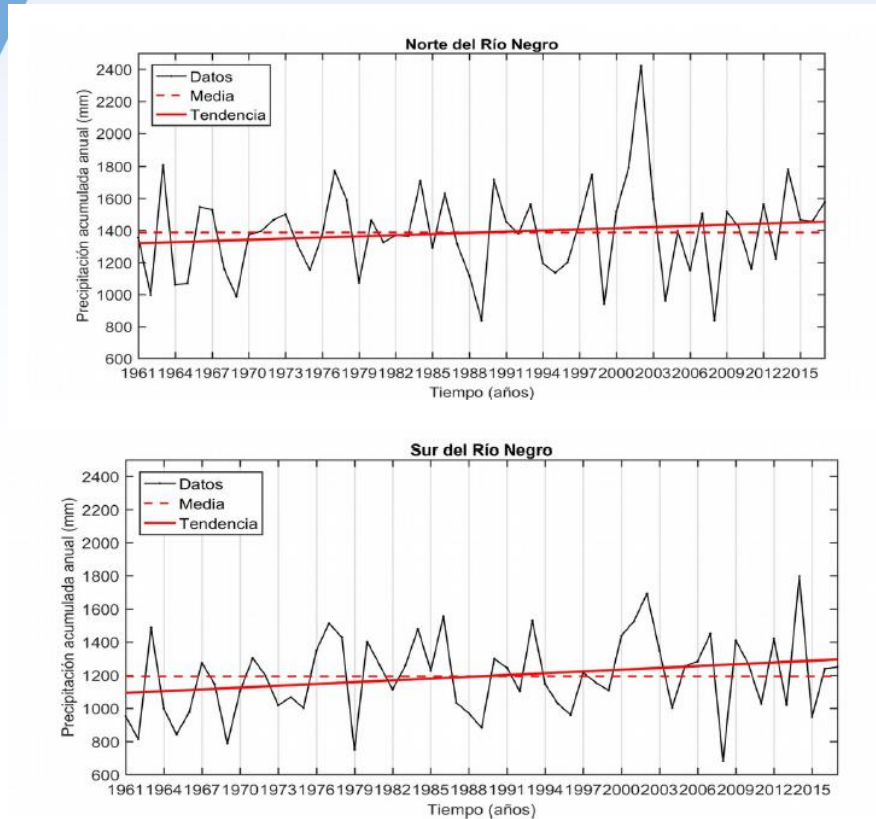


Se consideran los siguientes años Niño y Niña de acuerdo al índice ONI:

- Niño : 1952, 1954, 1958, 1959, 1964, 1966, 1970, 1973, 1977, 1978, 1980, 1983, 1987, 1988, 1992, 1995, 1998, 2003, 2005, 2007, 2010, 2015, 2016, 2018-2019
- Niña : 1950, 1955, 1956, 1965, 1971, 1972, 1974, 1975, 1976, 1984, 1985, 1989, 1996, 1999, 2000, 2001, 2006, 2008, 2009, 2011, 2012, 2017, 2020, 2021, 2022

Características Climáticas de la región

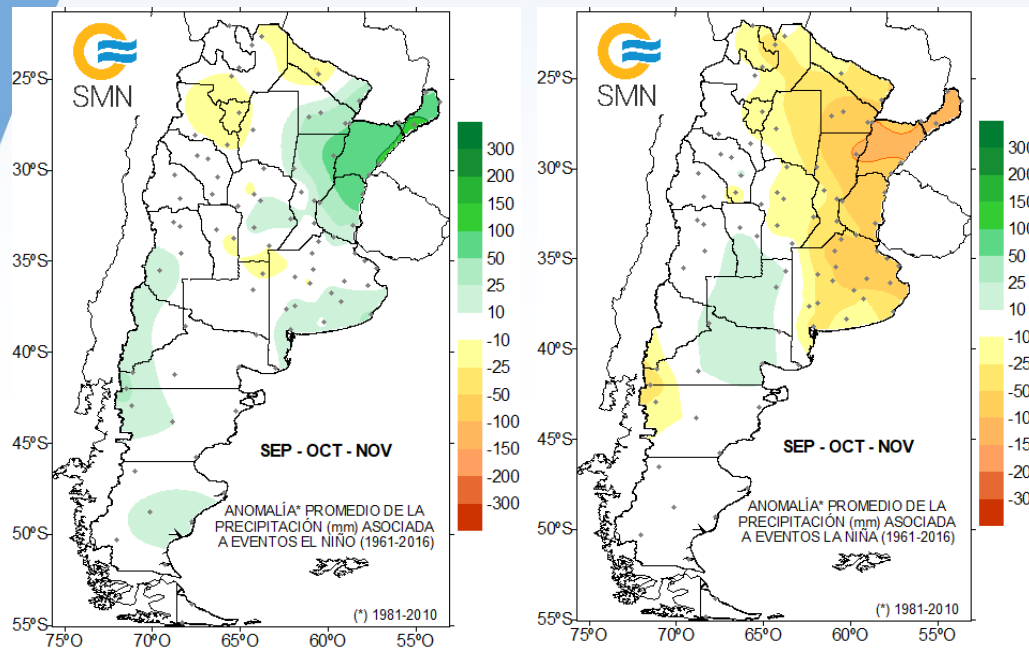
Variabilidad en las Precipitaciones: Evolución anual (1961-2017)



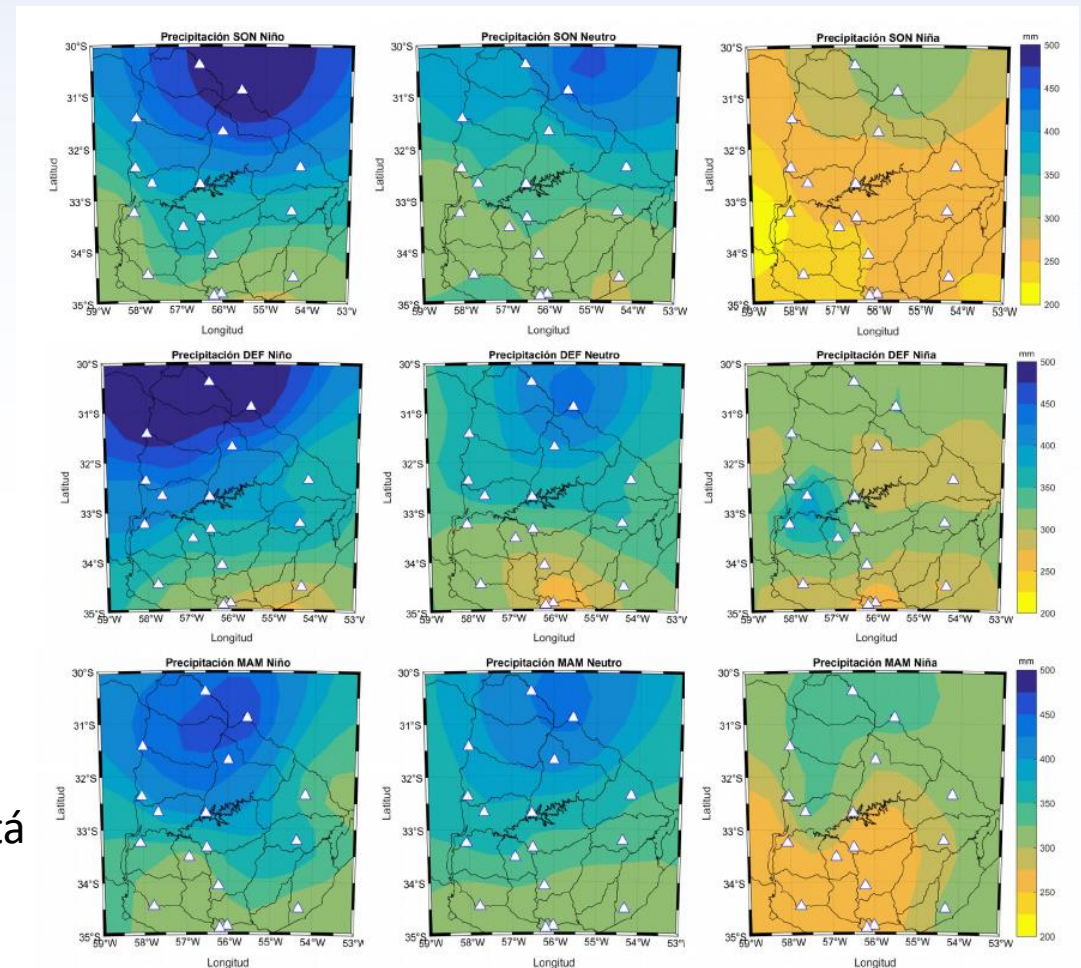
- Gran variabilidad año a año (Ej 1989: 800mm, 2022: 2400mm)
- Mayor variabilidad año a año en el norte
- Invierno es la estación con menor variabilidad interanual

Características Climáticas de la región

Precipitaciones típicas sobre la región durante años caracterizados por eventos El Niño y La Niña, así como para años neutros.



- Gran parte de la variabilidad interanual en la región está relacionada con ENOS.
- Años Niño → PP anomalías positivas en la región SG
- Años Niña → PP anomalías negativas en la región SG



Muchas Gracias!