



# semana 9: algunos impactos del cc en Chile – fines del siglo XXI

eh1d3 - calentamiento global:  
un análisis científico-humanista

Martín Jacques Coper  
martin@dgf.uchile.cl

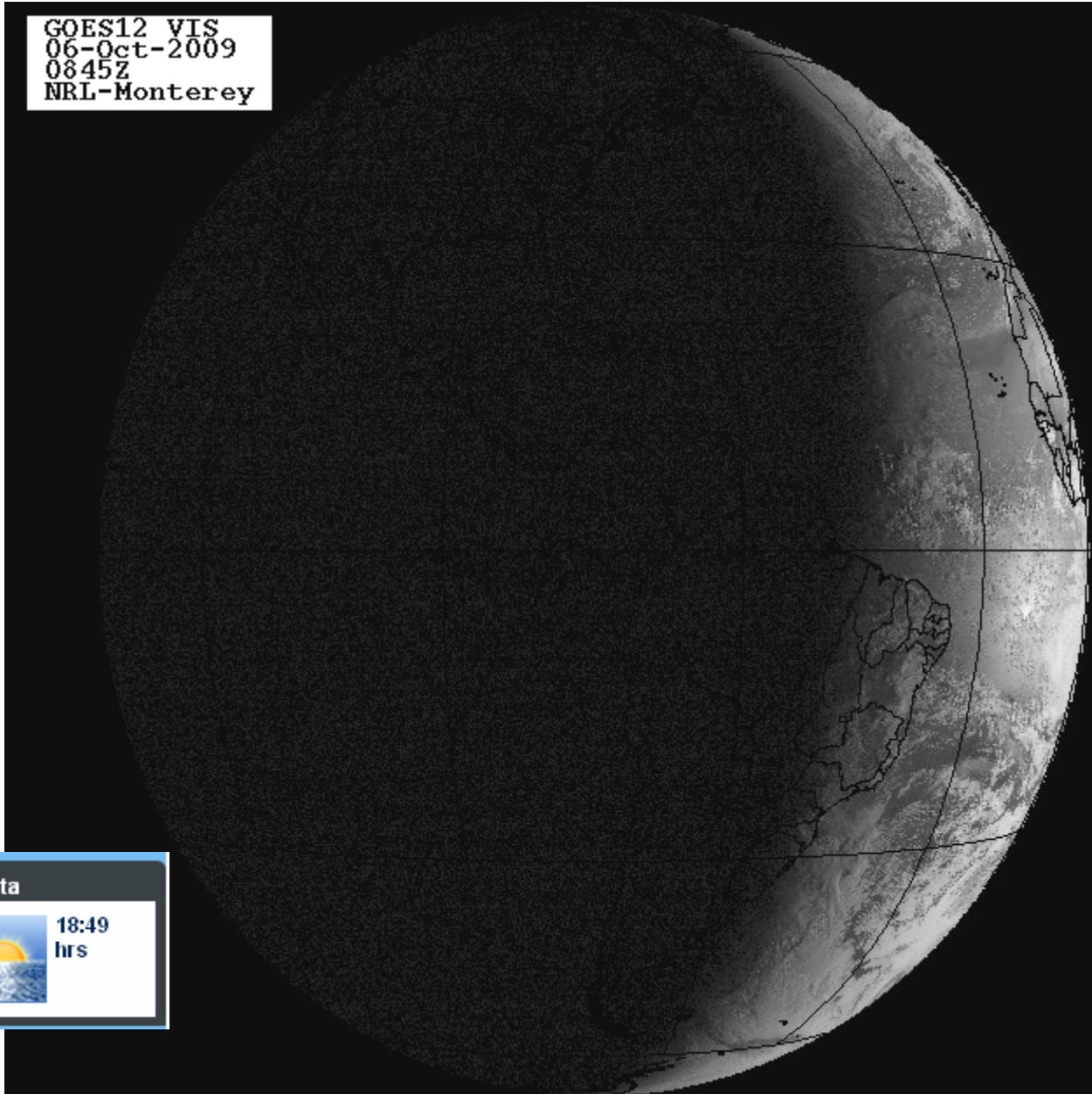
# contenidos



- [mapas y cartas... el pronóstico]
- variación del viento y la surgencia en la costa de Chile
  - aspectos básicos
  - consecuencias
- impactos silvoagropecuarios del cc: algunos ejemplos
  - modificación de zonas climáticas
- efectos del cc en la zona austral de Chile
  - reservas hídricas
- discusión

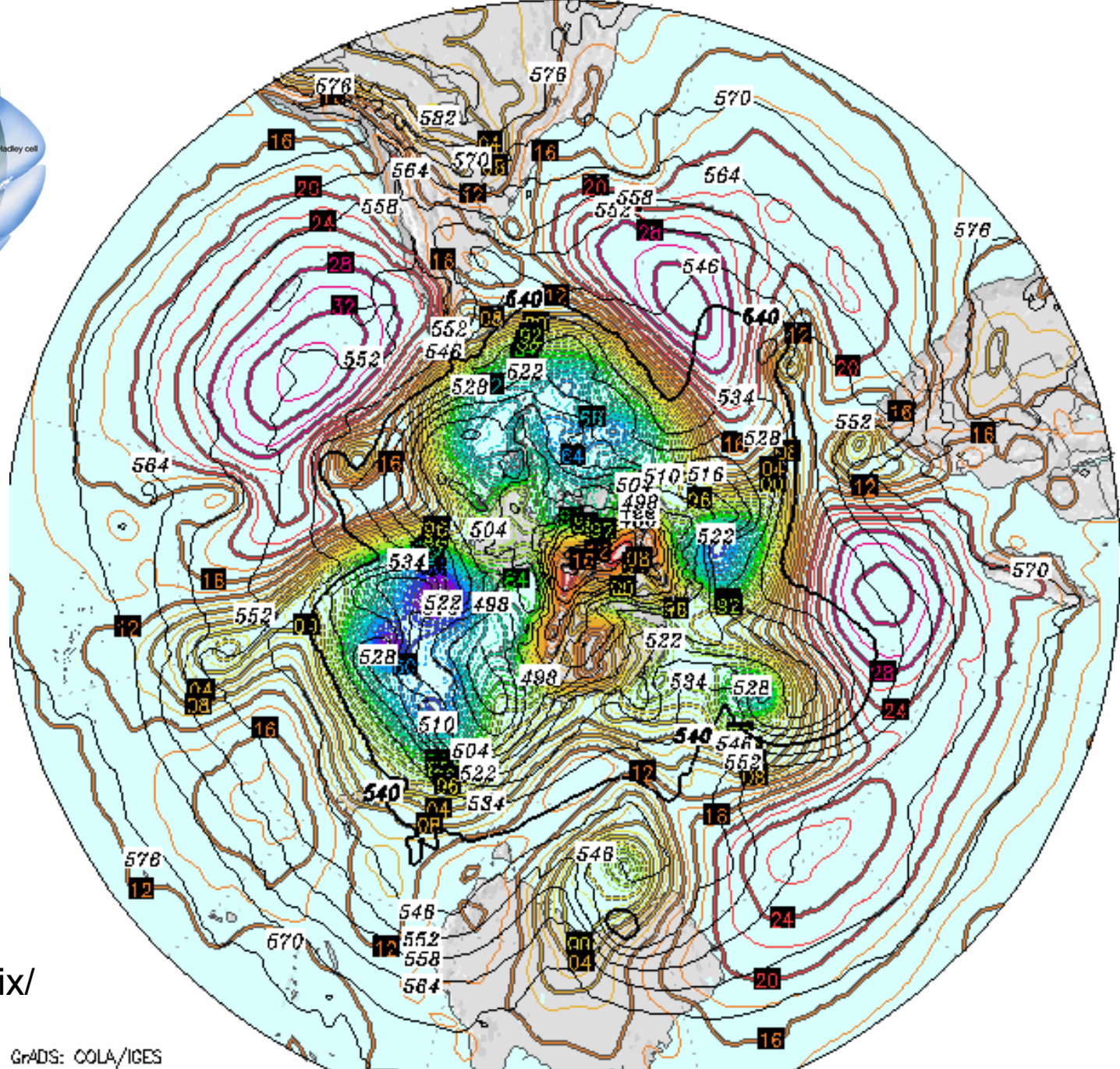
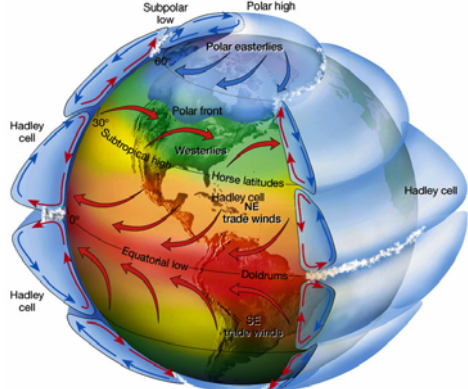
GOES12 VIS  
06-Oct-2009  
0845Z  
NRL-Monterey

visible...



martes, 06 de octubre de 2009  
... ES << >> 5:50

Salida	Puesta
 06:15 hrs	 18:49 hrs



<http://wxmaps.org/pix/>

GrADS: COLA/ICES

144Hr GFS Issued: 00Z06OCT2009 Valid: 00Z Mon 12 OCT 2009

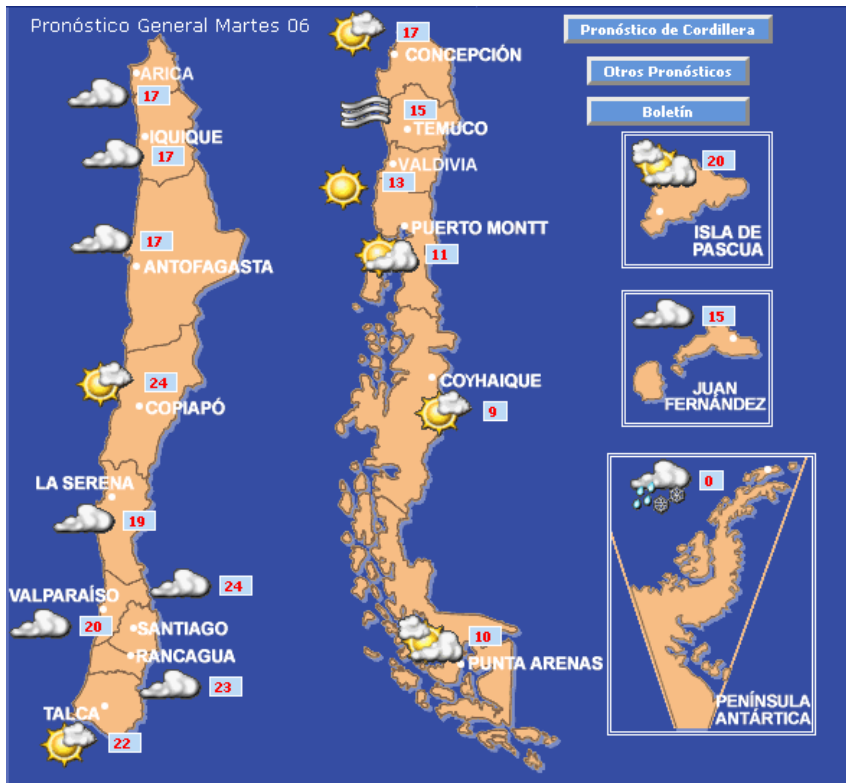
SLP (mb-1000), 1000-500mb Thickness (dam)

*“...las precipitaciones pasaron a la historia  
en el sur...”*

Iván Torres, [tvtiempo.cl](http://tvtiempo.cl)

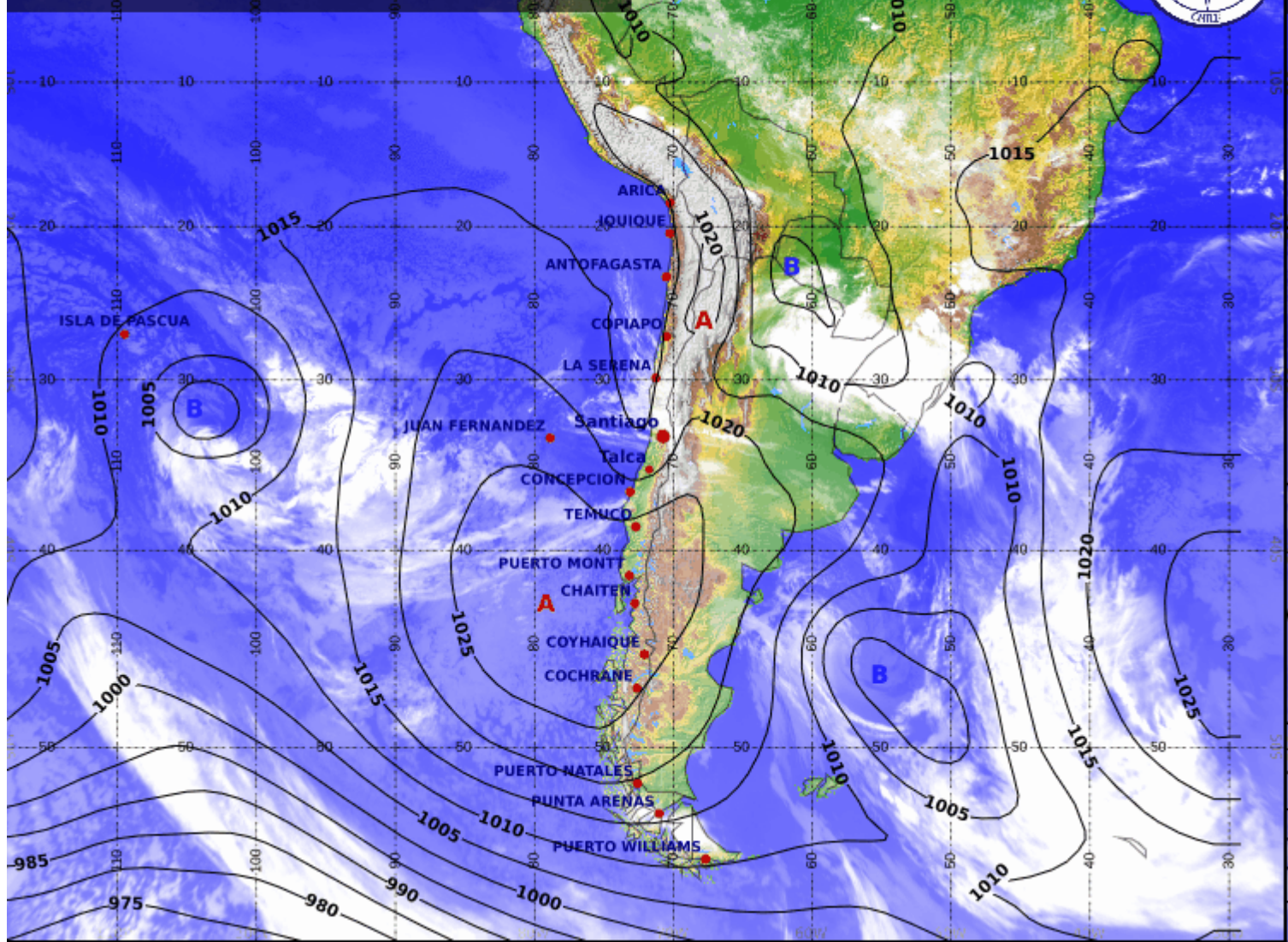
05.10.2009

# ¿será verdad?

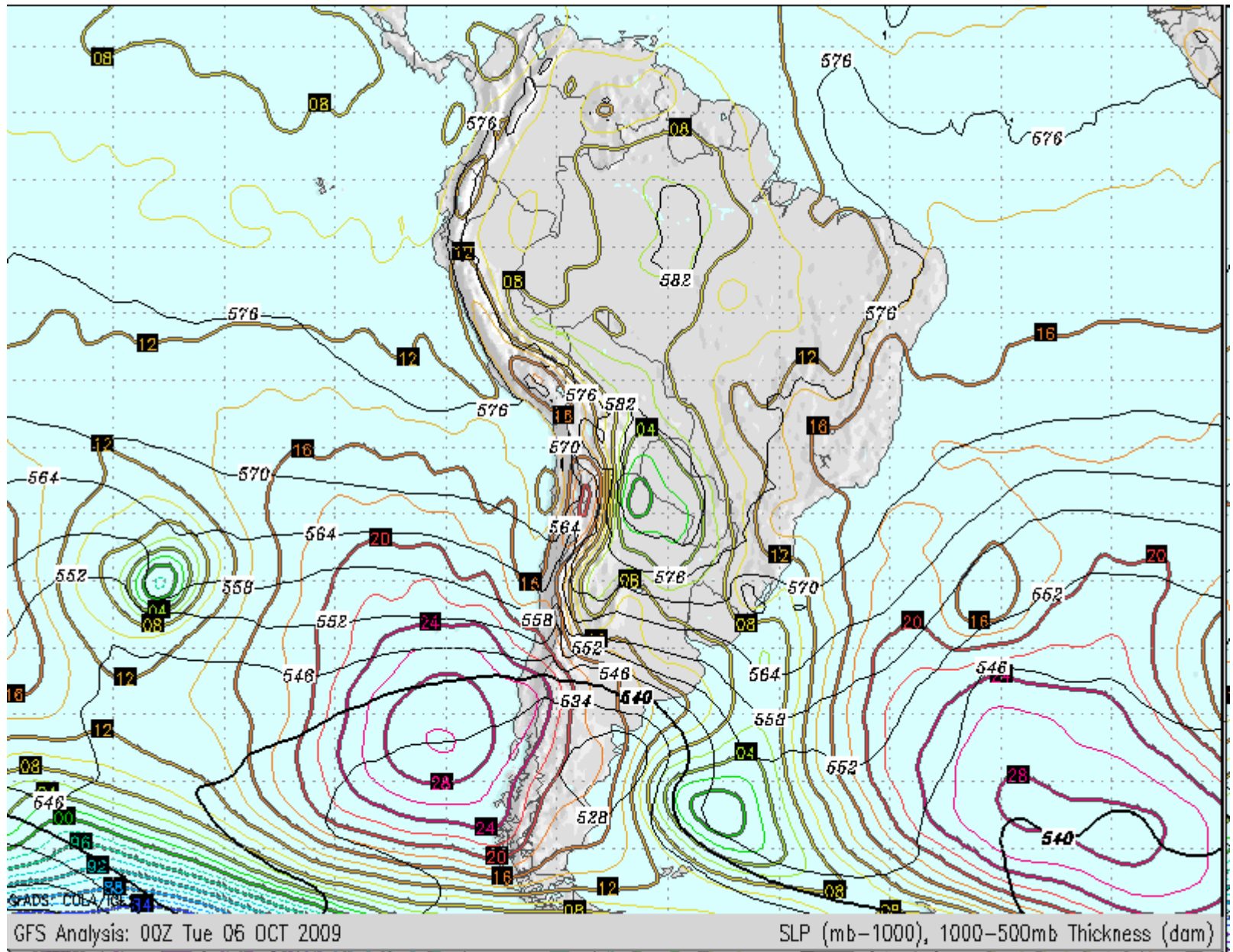


tvtempo.cl

**DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL  
DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE  
GOES-12 Infrarrojo, Presión a Nivel del Mar  
Martes 06.10.2009 08:45 UTC**



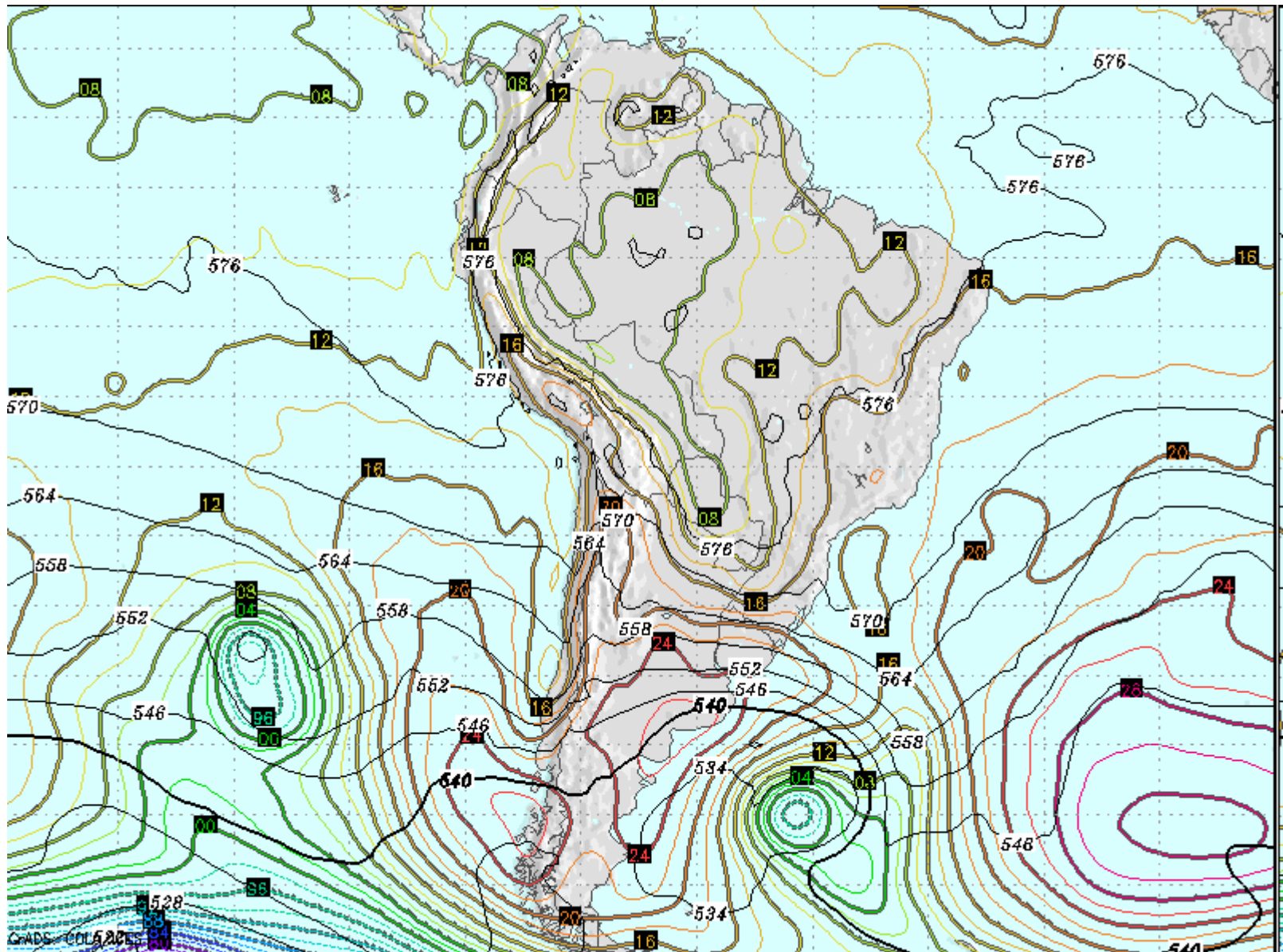
... IR y algo más



GFS Analysis: 00Z Tue 06 OCT 2009

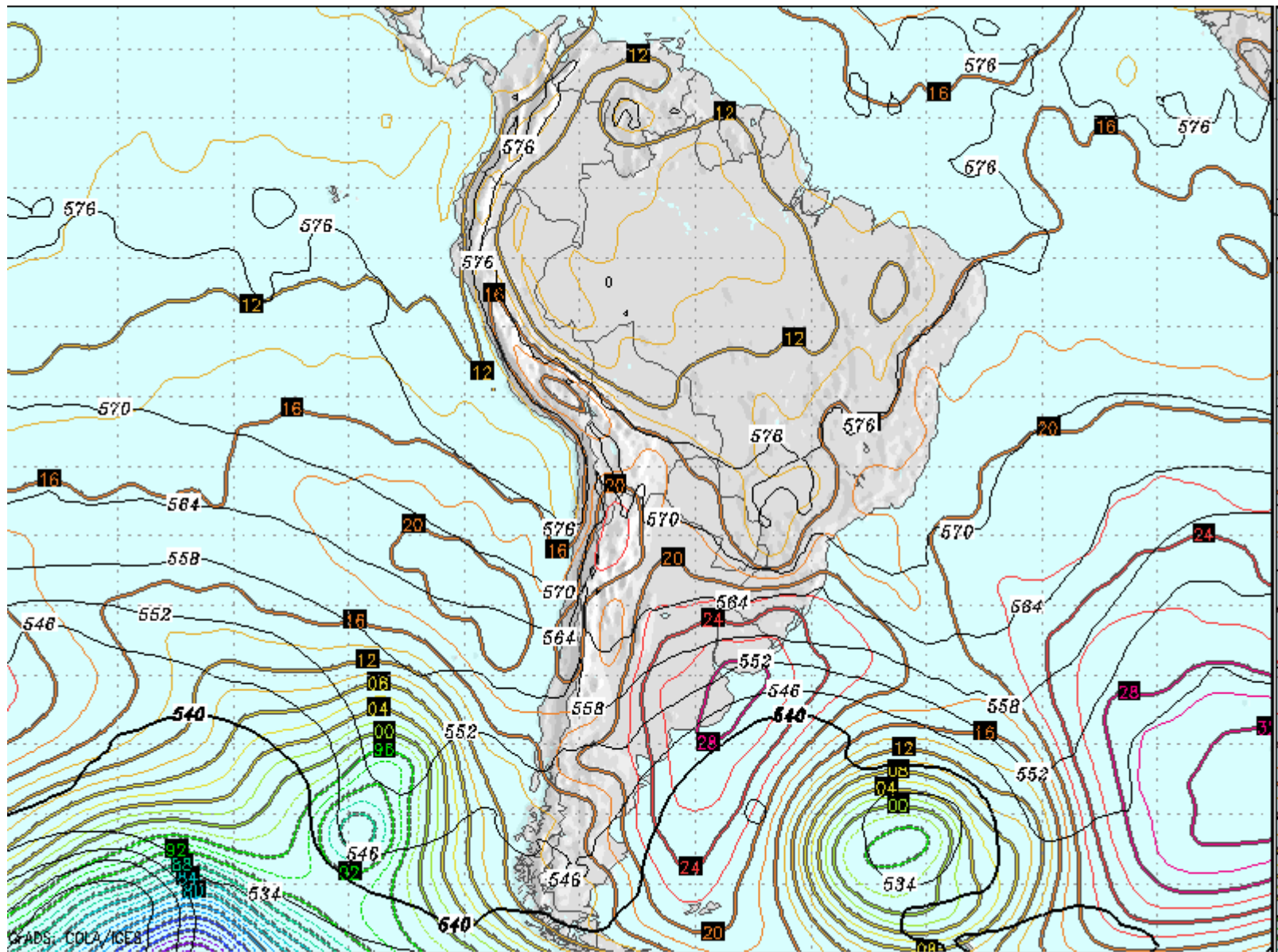
SLP (mb-1000), 1000-500mb Thickness (dam)





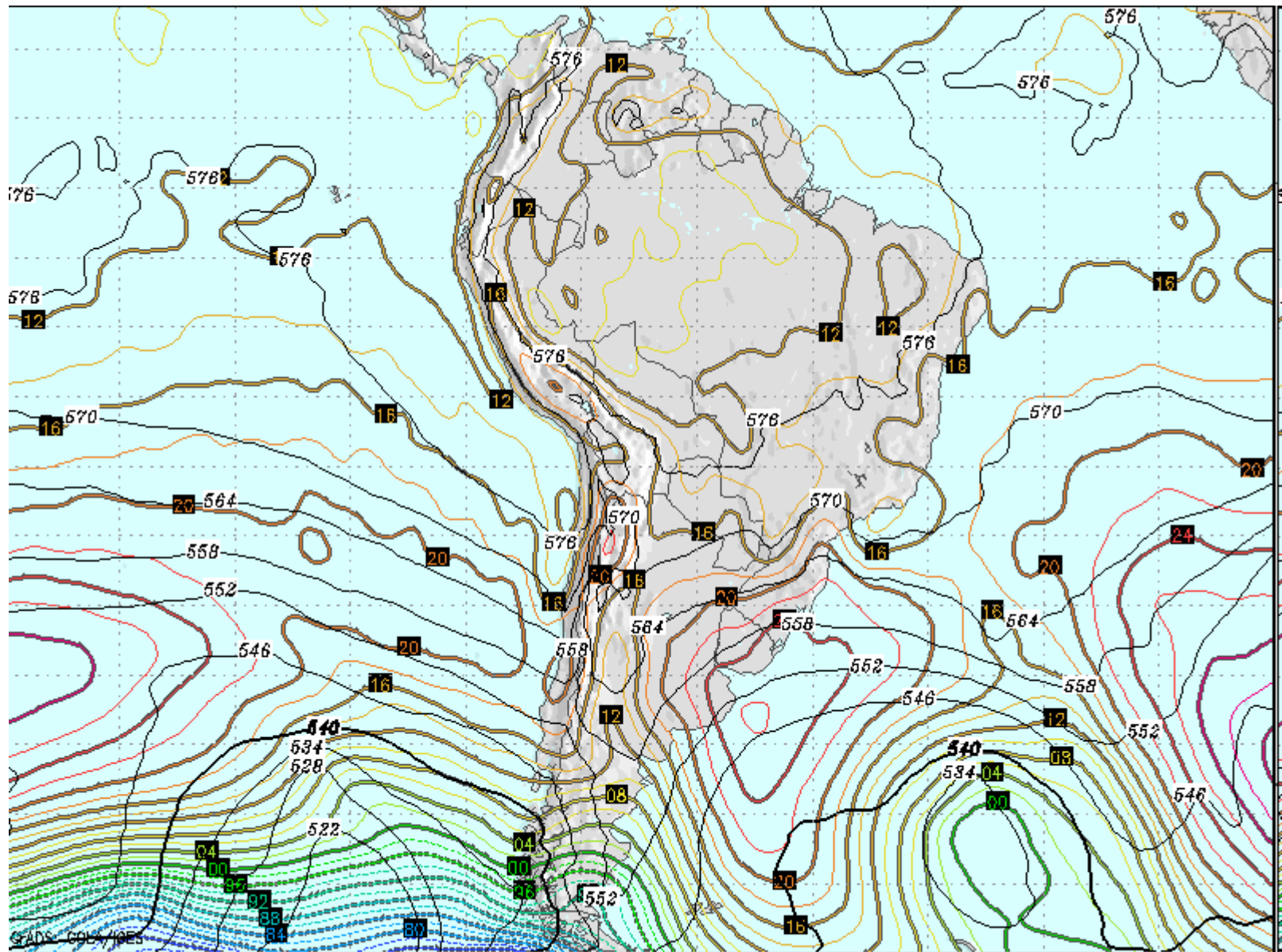
24Hr GFS Issued: 00Z06OCT2009 Valid: 00Z Wed 07 OCT 2009

SLP (mb-1000), 1000-500mb Thickness (dam)



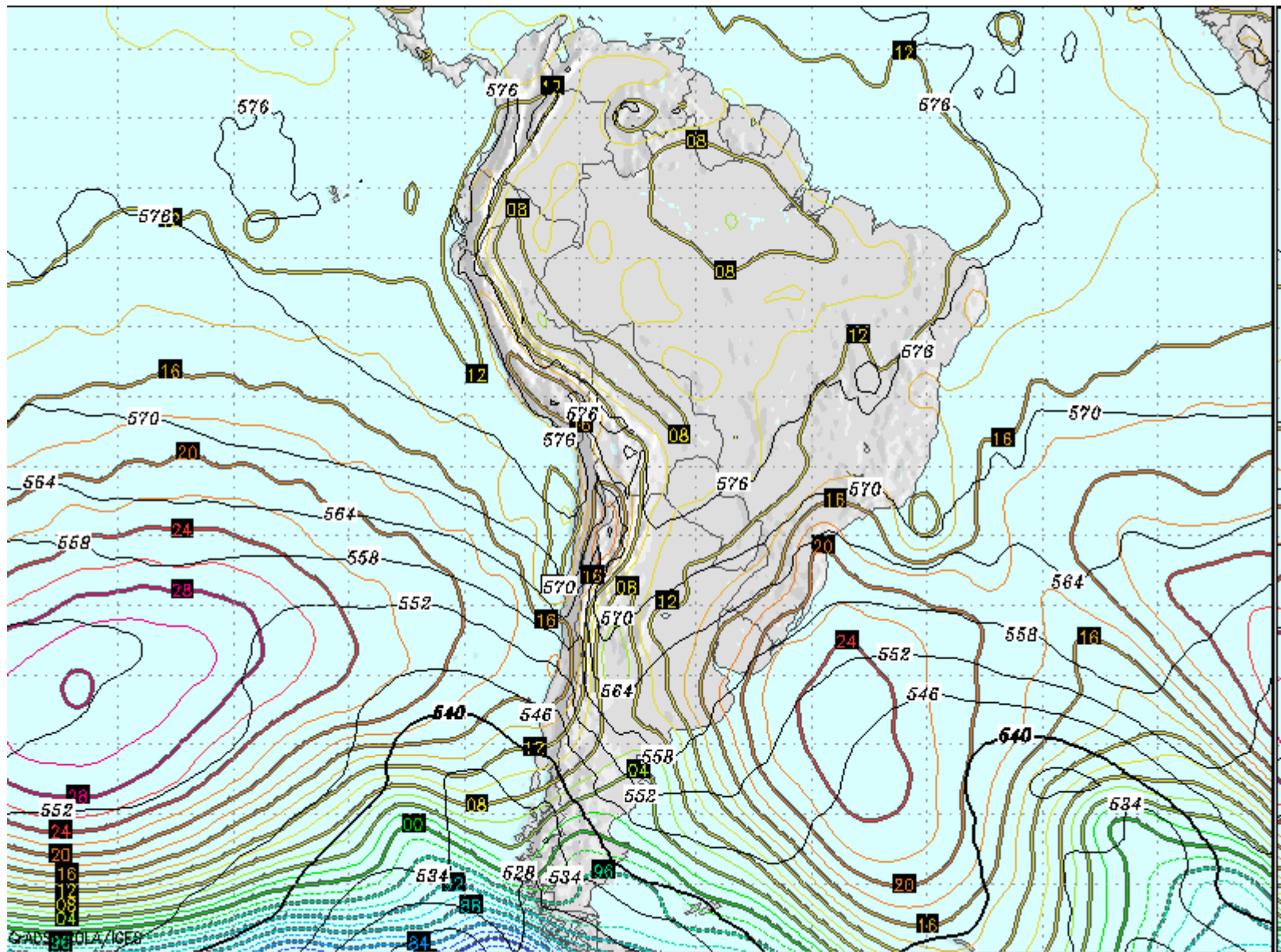
48Hr GFS Issued: 00Z06OCT2009 Valid: 00Z Thu 08 OCT 2009

SLP (mb-1000), 1000-500mb Thickness (dam)



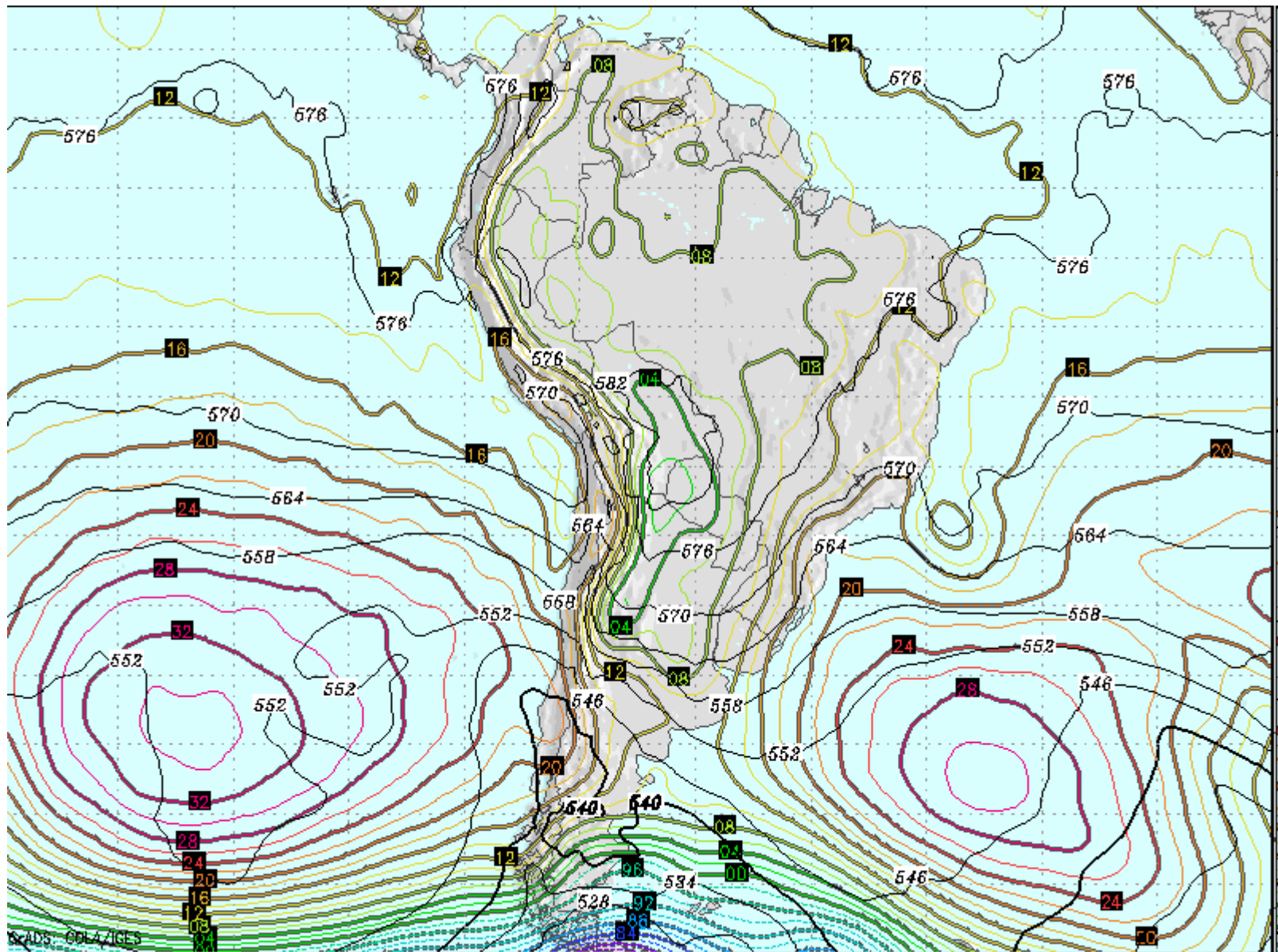
72Hr GFS Issued: 00Z06OCT2009 Valid: 00Z Fri 09 OCT 2009

SLP (mb-1000), 1000-500mb Thickness (dam)



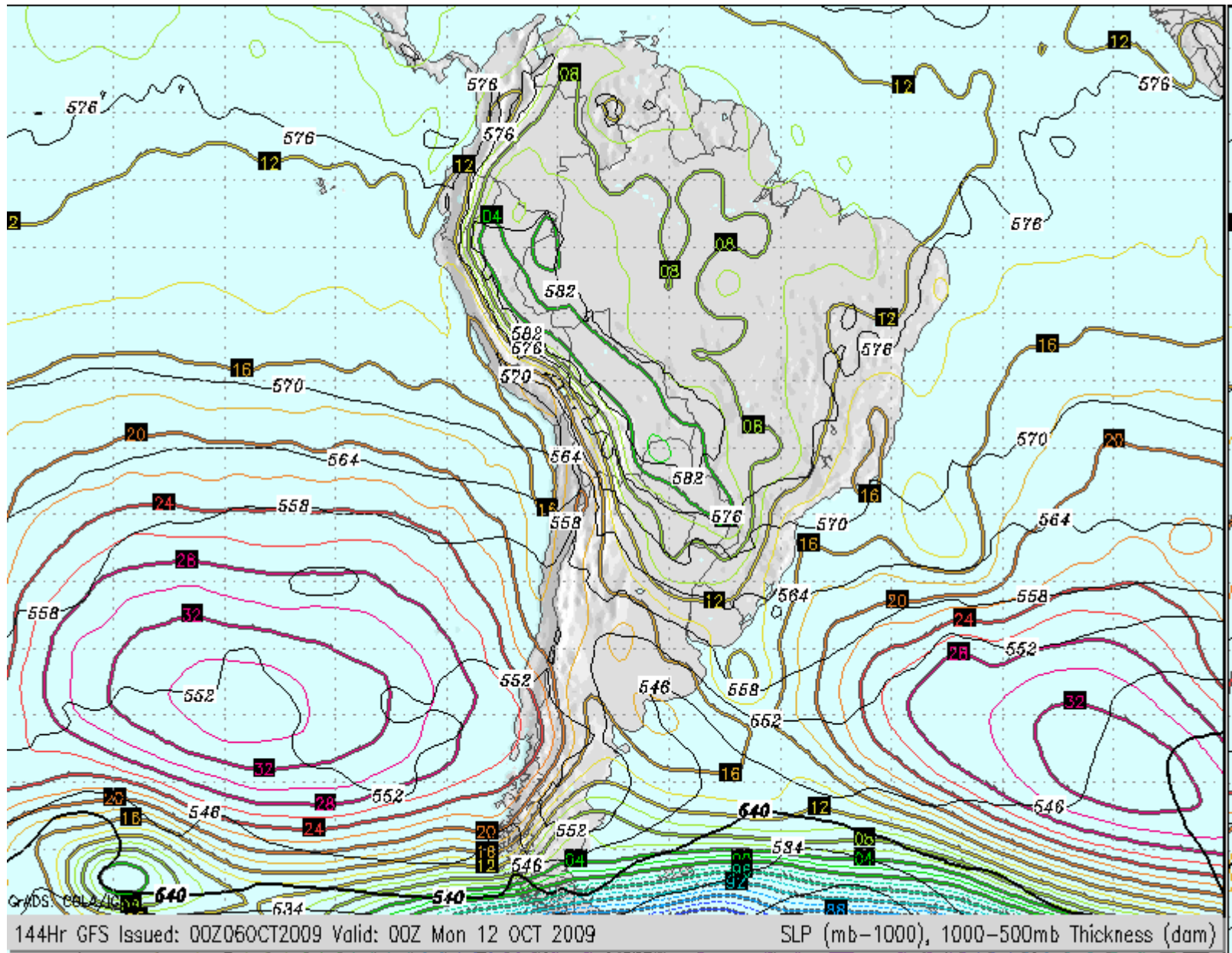
96Hr GFS Issued: 00Z06OCT2009 Valid: 00Z Sat 10 OCT 2009

SLP (mb-1000), 1000-500mb Thickness (dam)



120Hr GFS Issued: 00Z06OCT2009 Valid: 00Z Sun 11 OCT 2009

SLP (mb-1000), 1000-500mb Thickness (dam)



# VIENTOS

**A**

10 - 20  
Km/hr

10 - 30  
Km/hr

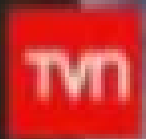
30  
Km/hr

**B**

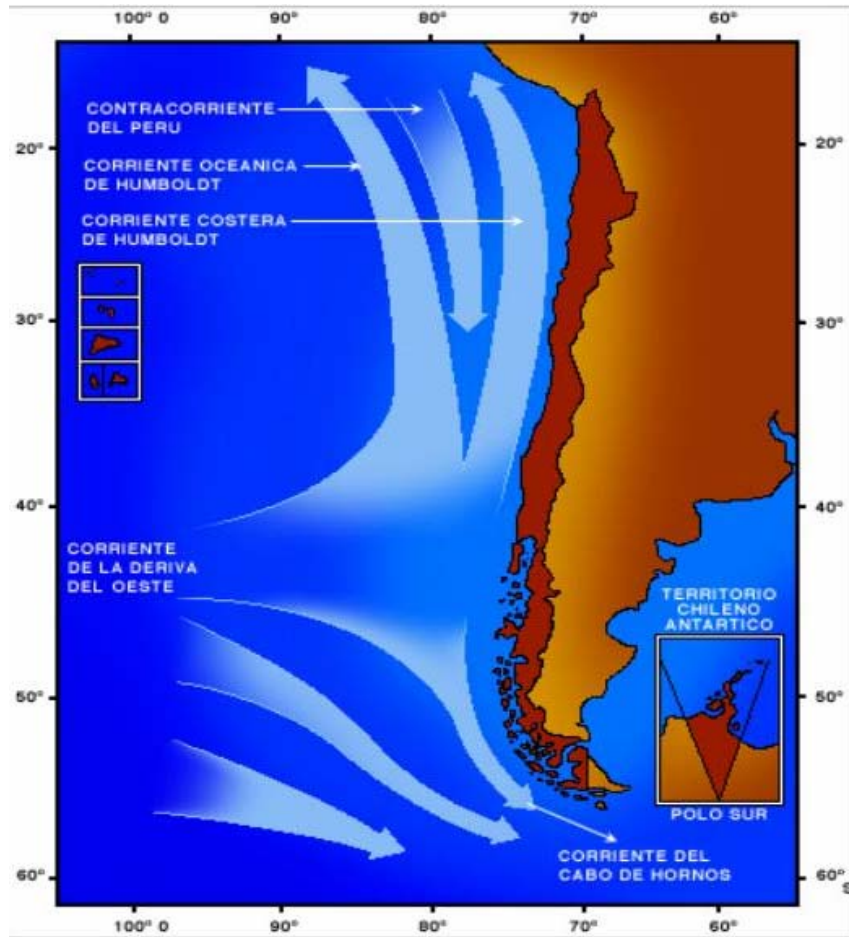
40 - 50  
Km/hr

60 - 80  
Km/hr

**B**



# surgencia costera



Perú: 13°-14°C (M-O), 15°-17°C (N-A)  
ecosistema más *productivo* del mundo  
(aprox. 20% de la pesca mundial)

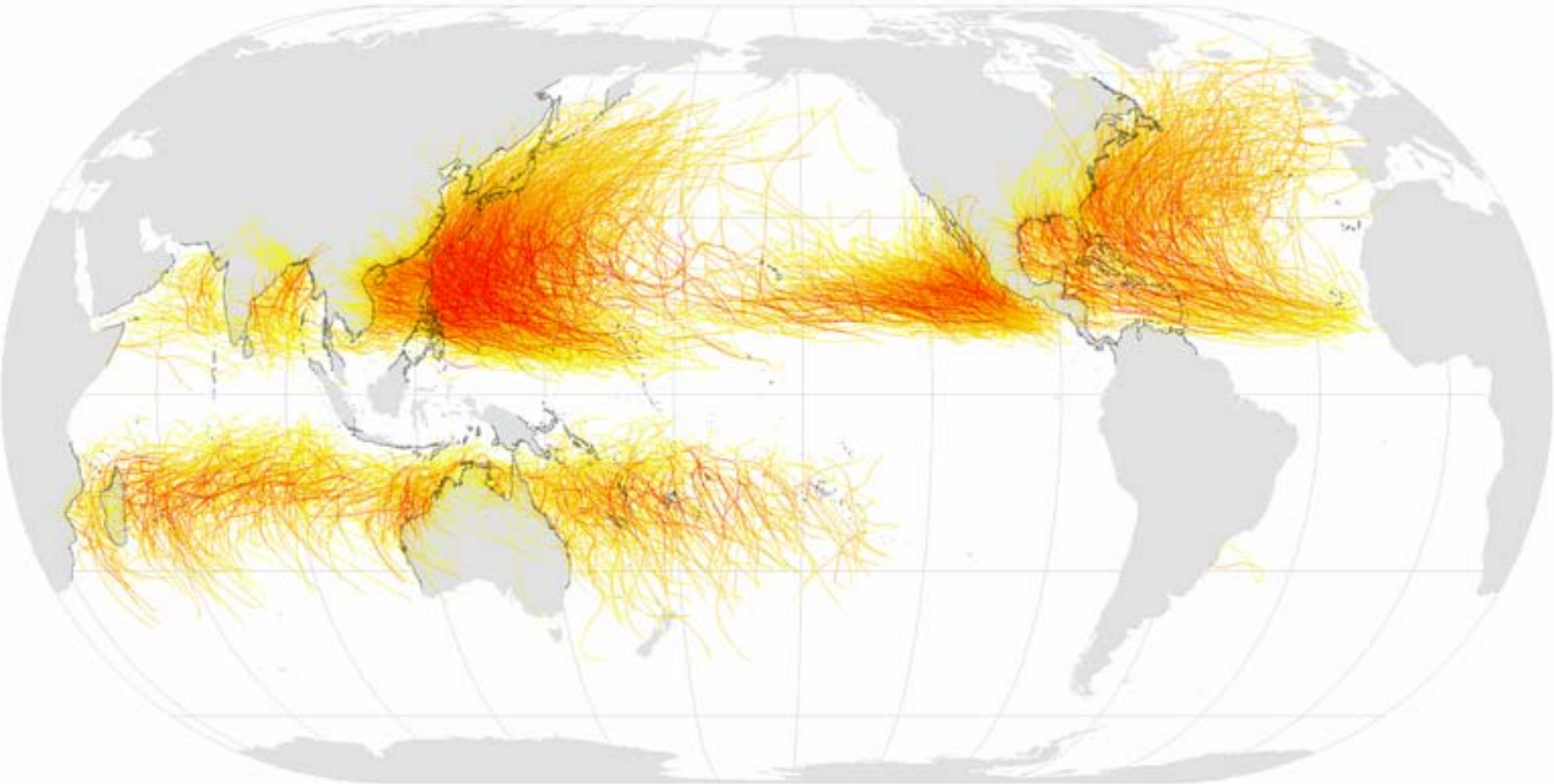
baja salinidad

nitratos, fosfatos...

fitoplancton...



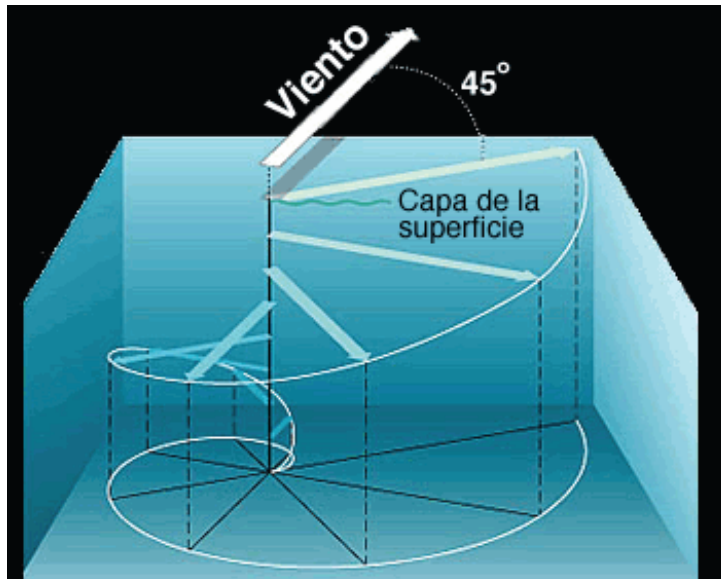
# Tropical Cyclones, 1945–2006



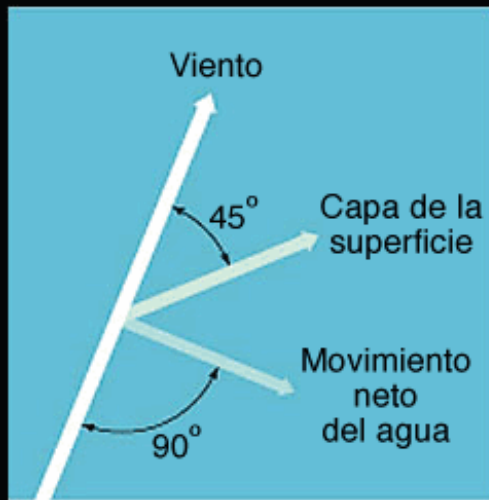
Saffir-Simpson Hurricane Scale:



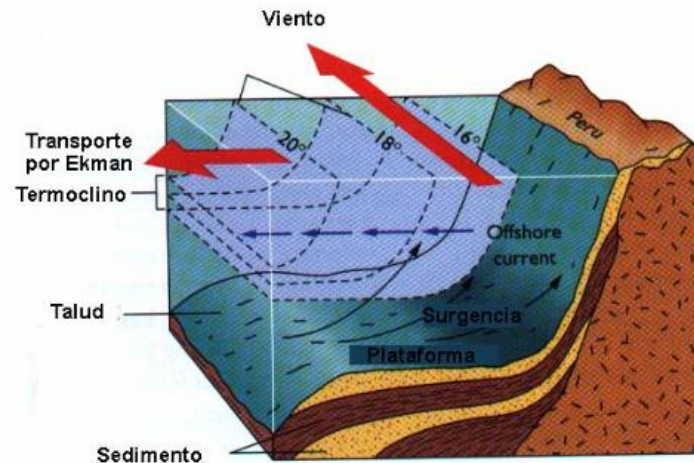
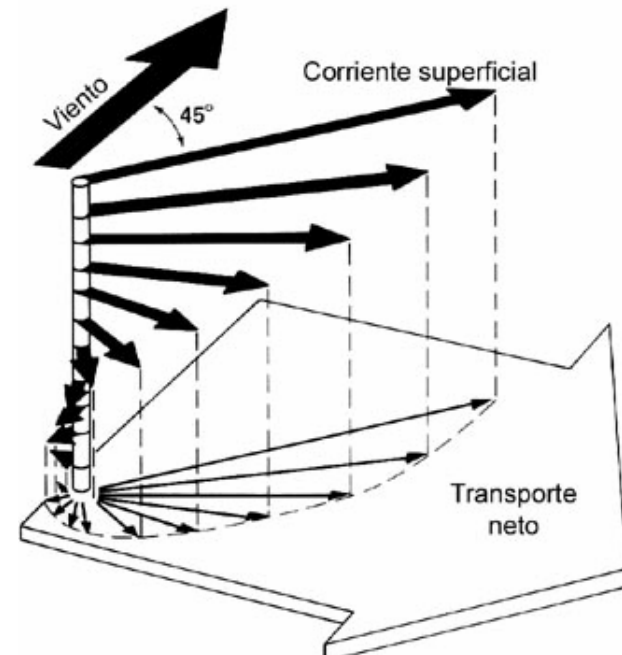
# surgencia costera



A



B

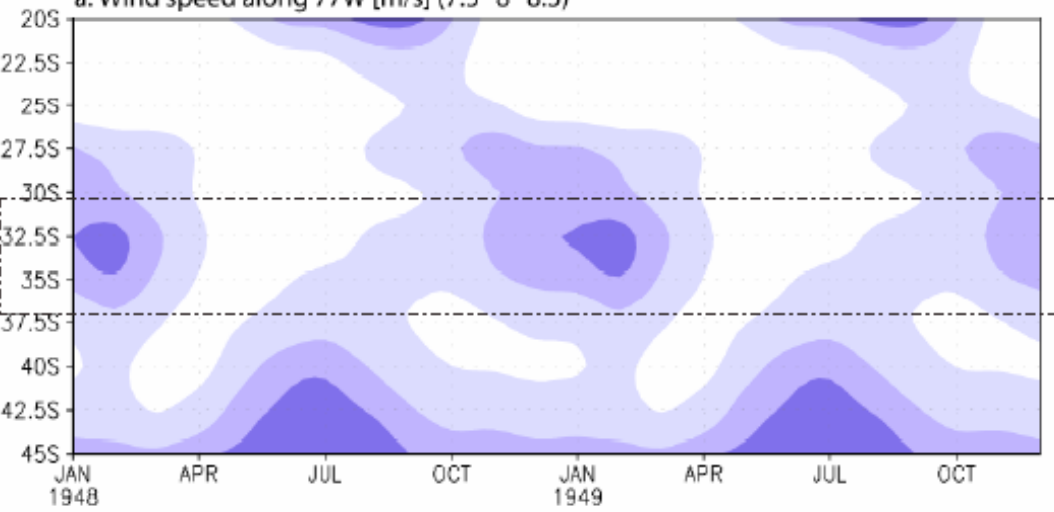


Sistema de Surgencia  
(tomado de Pinet, 2000: 355)

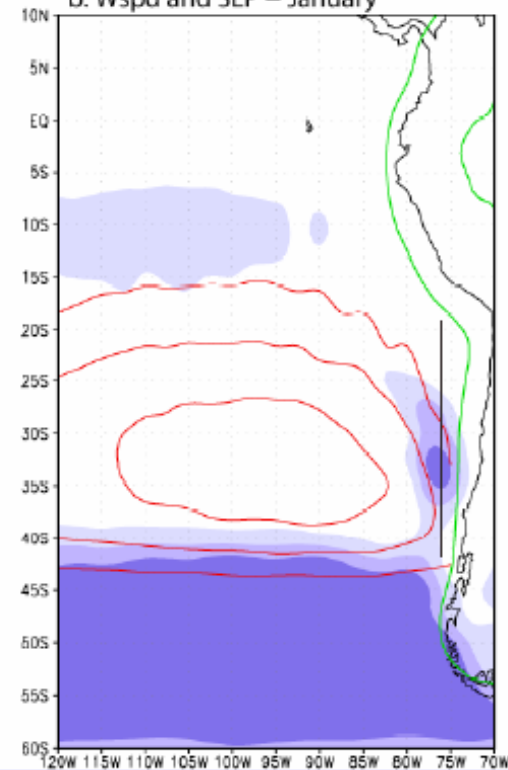
# algunos aspectos destacables...

- aumento de T en Chile Central
  - 3 veces menor al detectado sobre el continente (inercia térmica del mar)
  - la mitad del observado sobre el océano a similares latitudes
    - actúa un mecanismo de escala regional
- LLJ en Chile central
  - aumenta frecuencia e intensidad en verano
  - enfriamiento de TSM
  - formación de remolinos/turbulencia en superficie
  - depende de la intensidad del APSE

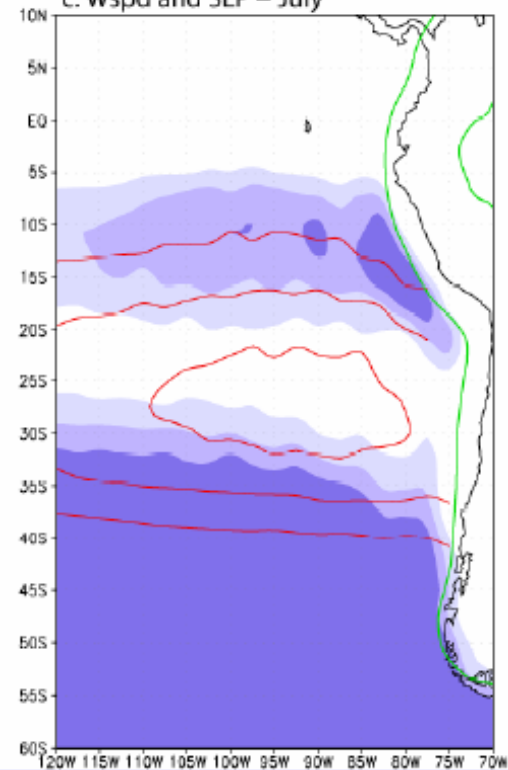
a. Wind speed along 77W [m/s] (7.5-8-8.5)



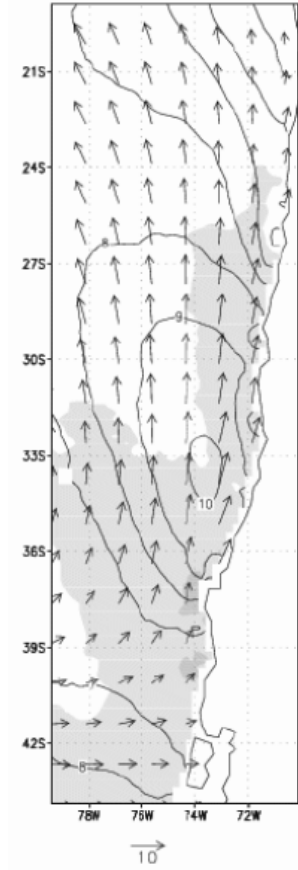
b. Wspd and SLP - January



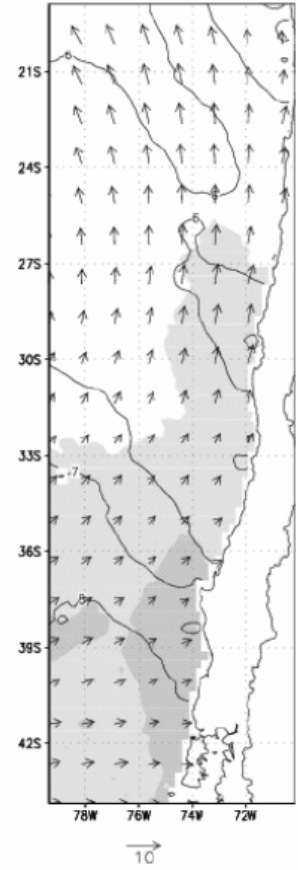
c. Wspd and SLP - July



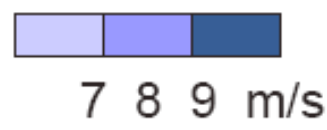
a. Group JET (63%)

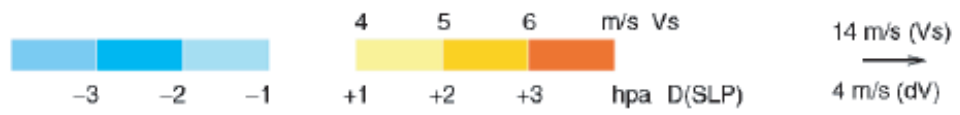
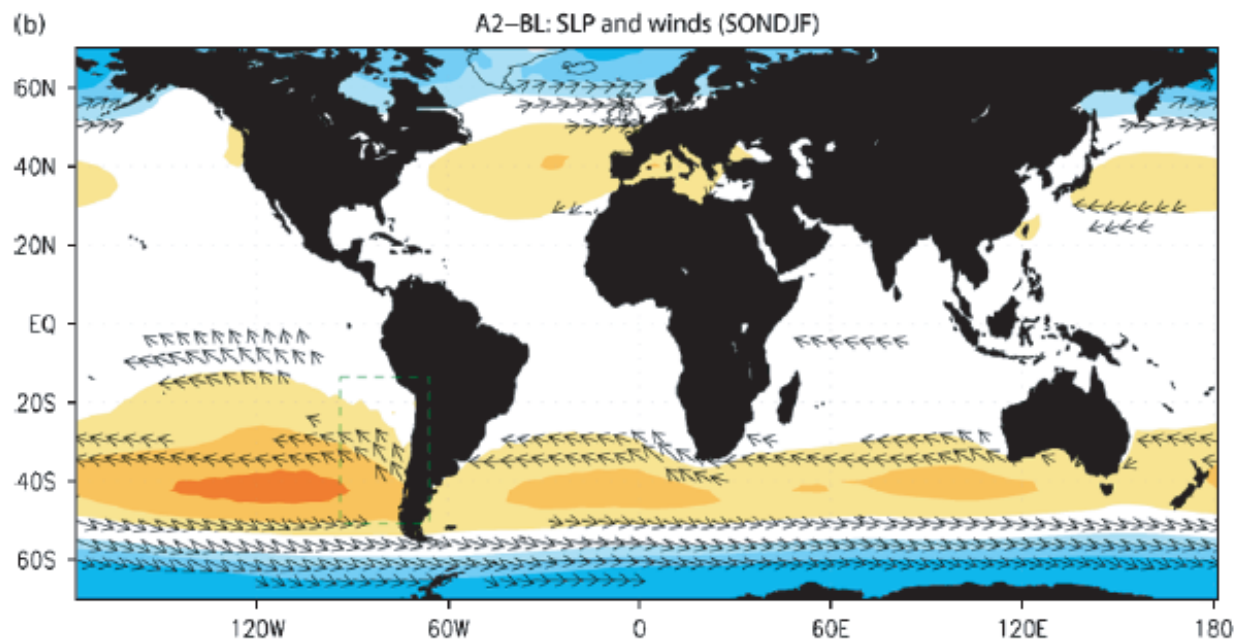
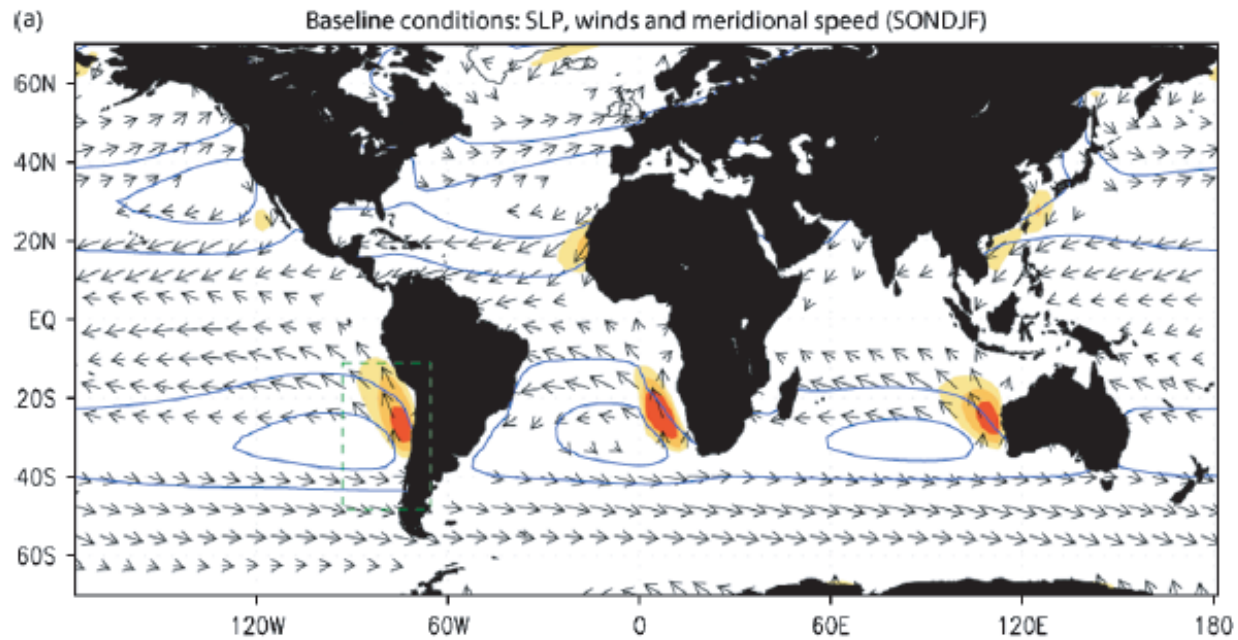


b. Group no-JET (37%)



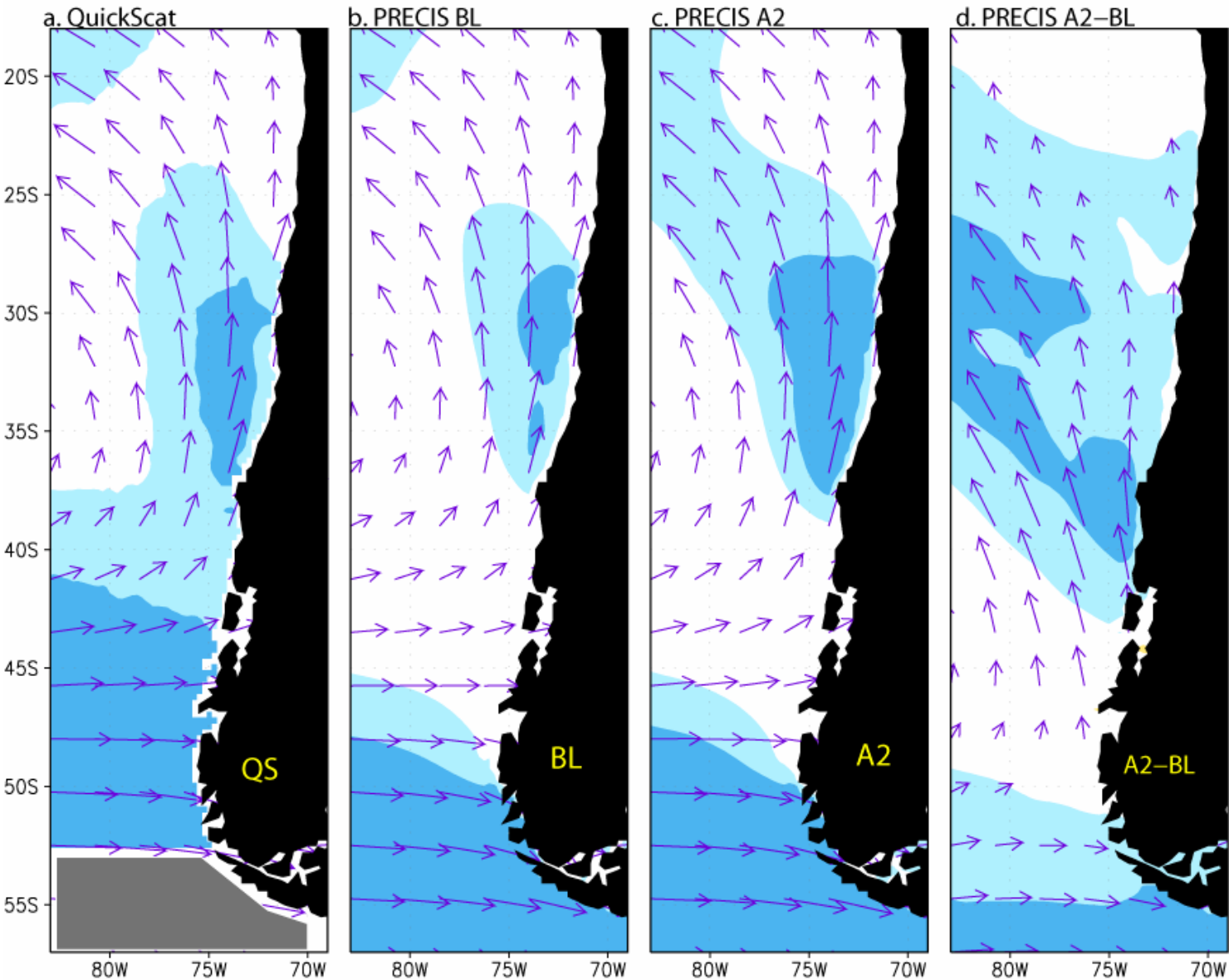
Garreaud & Falvey





Garreaud & Falvey

# Surface Wind – SONDJ



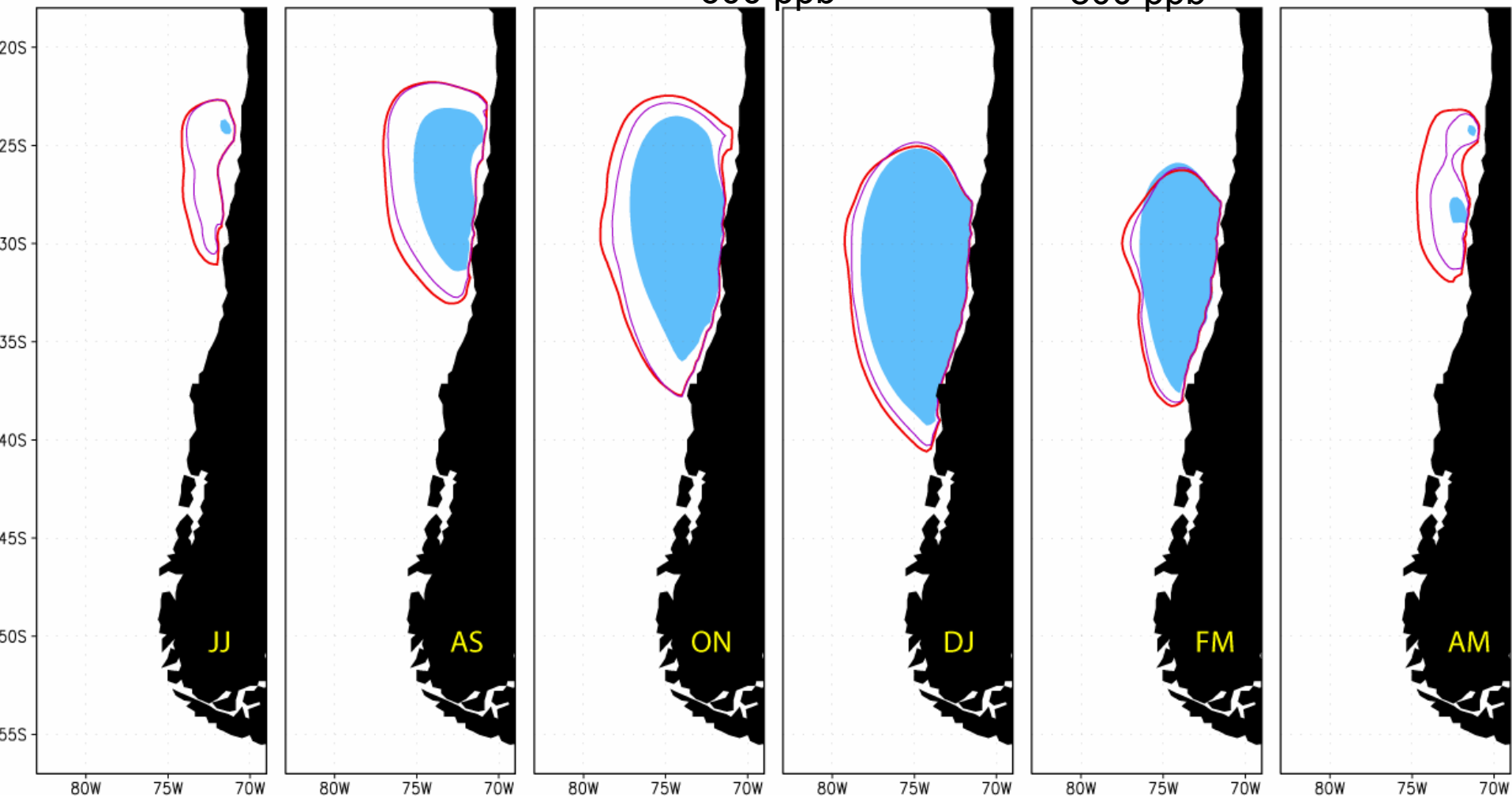
Corriente en chorro costera extiende sus dominios en escenario A2

# 10-m Meridional wind – Outlines of $v > 6$ m/s

Baseline (1960–1990)

B2 (2070–2100)  
600 ppb

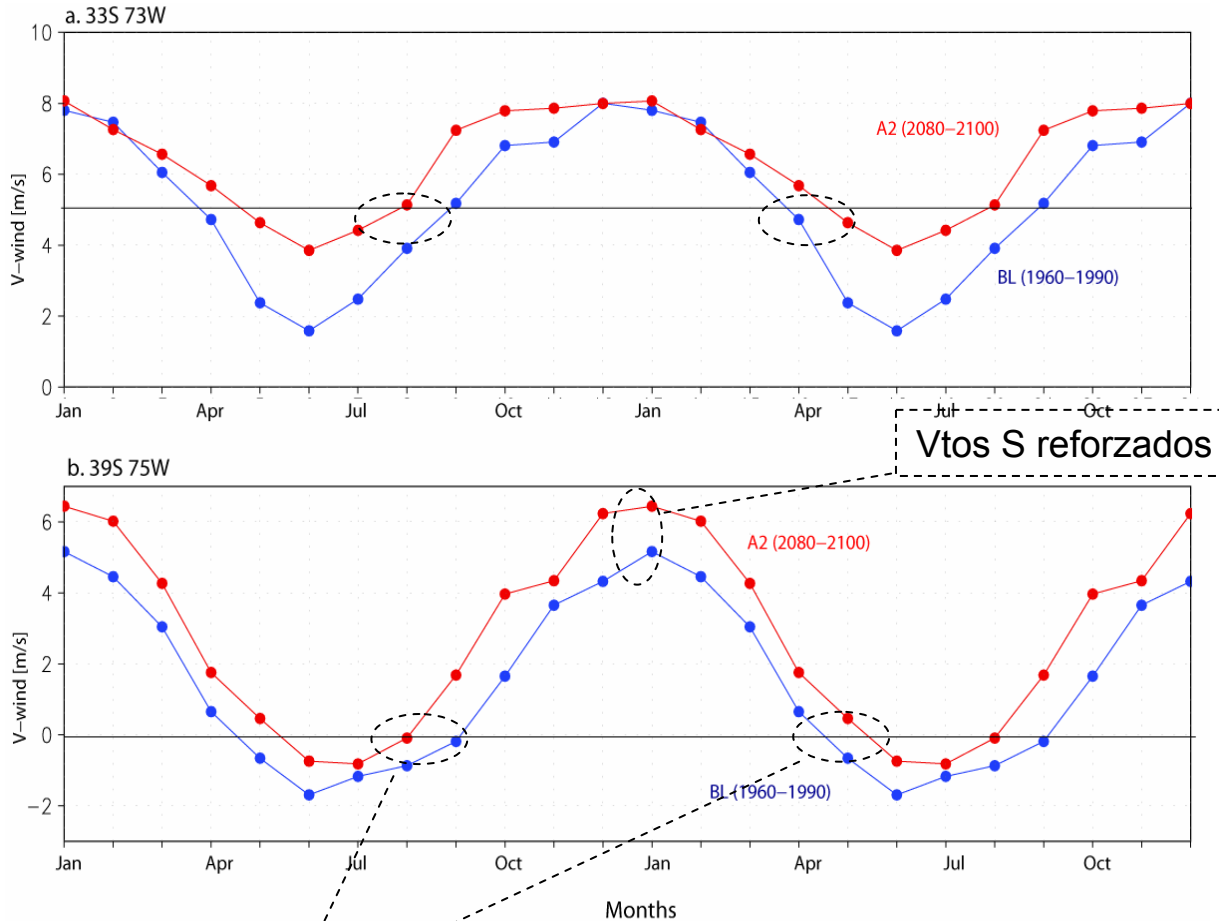
A2 (2070–2100)  
800 ppb



**Garreaud & Falvey**

área con condiciones de viento favorables a la surgencia de aguas semiprofundas  
amplía sus dominios durante todo el año

# Resultados PRECIS



Surgencia 2 meses más prolongada (inicio más temprano y fin más tardío)



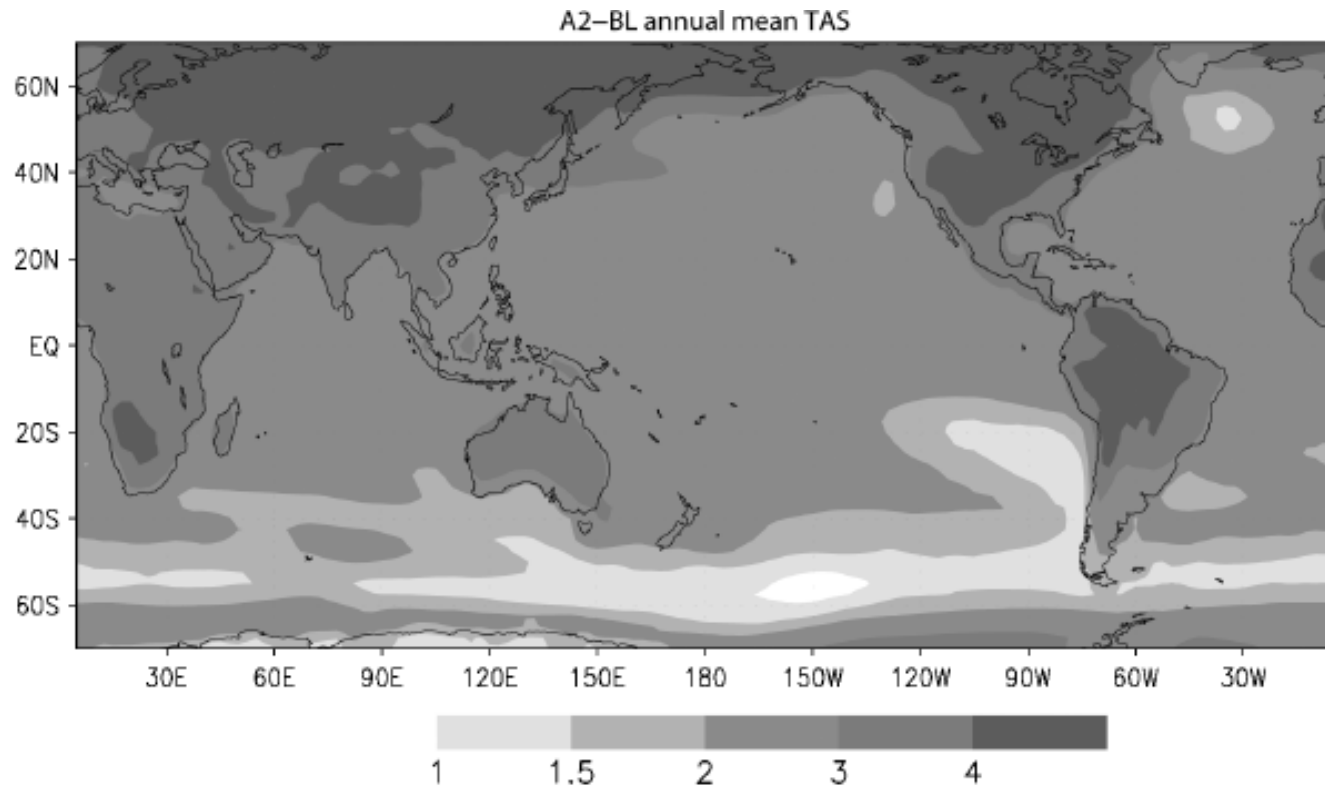
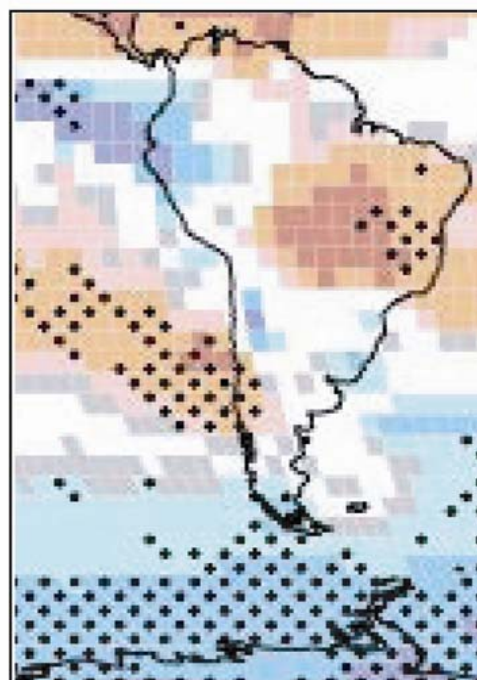
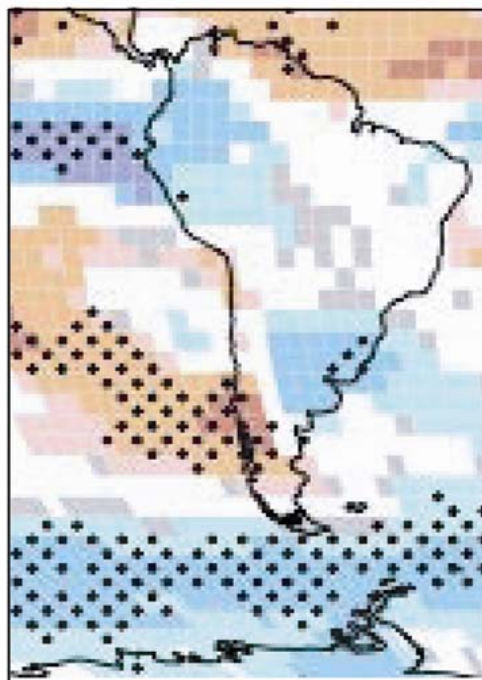
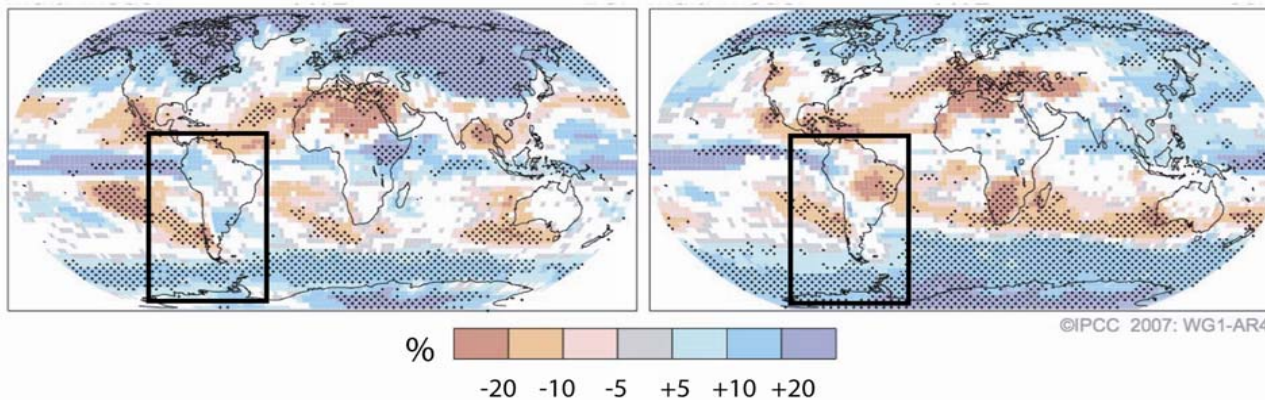


Figure 9. (a) Multi-model average of annual mean surface air temperature difference between A2 (2071–2100) and 20C (1961–1990) simulations, shaded according to the scale at the bottom. The multi-model average was obtained by interpolating the outputs from 15 coupled GCMs runs performed for CMIP3 (see Table I for details) to a uniform  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$  lat–lon grid, and subsequently averaging the long-term mean of each model.

Verano (Diciembre - Febrero)

Invierno (Junio - Agosto)



● = 90% de los modelos concuerdan

# Consecuencias del cambio climático en Chile

La siguiente es una estimación de escenarios climáticos para Chile durante el siglo XXI (período 2071-2100), como consecuencia del cambio climático global según un informe de la Conama.



## TEMPERATURAS

El cambio de temperatura media sobre Chile continental varía entre 2° y 4° C (en el escenario más severo del informe), siendo más acentuado hacia las regiones andinas y disminuyendo de norte a sur. Sólo en la región austral (bajo el escenario más moderado) hay sectores pequeños con calentamiento menor a 1° C. Estacionalmente el calentamiento es mayor en verano excediendo los 5° C en algunos sectores cordilleranos.



## SITUACIÓN HIDROLÓGICA

Reducción del área andina capaz de almacenar nieve, por lo que las crecidas invernales de los ríos se verán incrementadas, aumentando las cuencas y disminuyendo la reserva nival de agua, generando gran impacto en la agricultura y en la generación hidroeléctrica del sistema interconectado.



## VARIACIÓN DEL MAR

Para el litoral chileno se estima hacia fines del siglo alzadas del nivel del mar de entre 28 y 16 cm para el escenario más severo y entre 24 y 14 cm para el más moderado.

Fuente: Estudio "Variabilidad climática en el territorio chileno en el siglo XXI", del Departamento de Geofísica y Matemáticas de la Universidad de Chile.



## PRECIPITACIONES

### NORTE GRANDE

Aumento de precipitaciones en primavera y verano en el Altiplano.

### NORTE CHICO

Aumento pluviométrico durante el invierno.

### ZONA CENTRAL

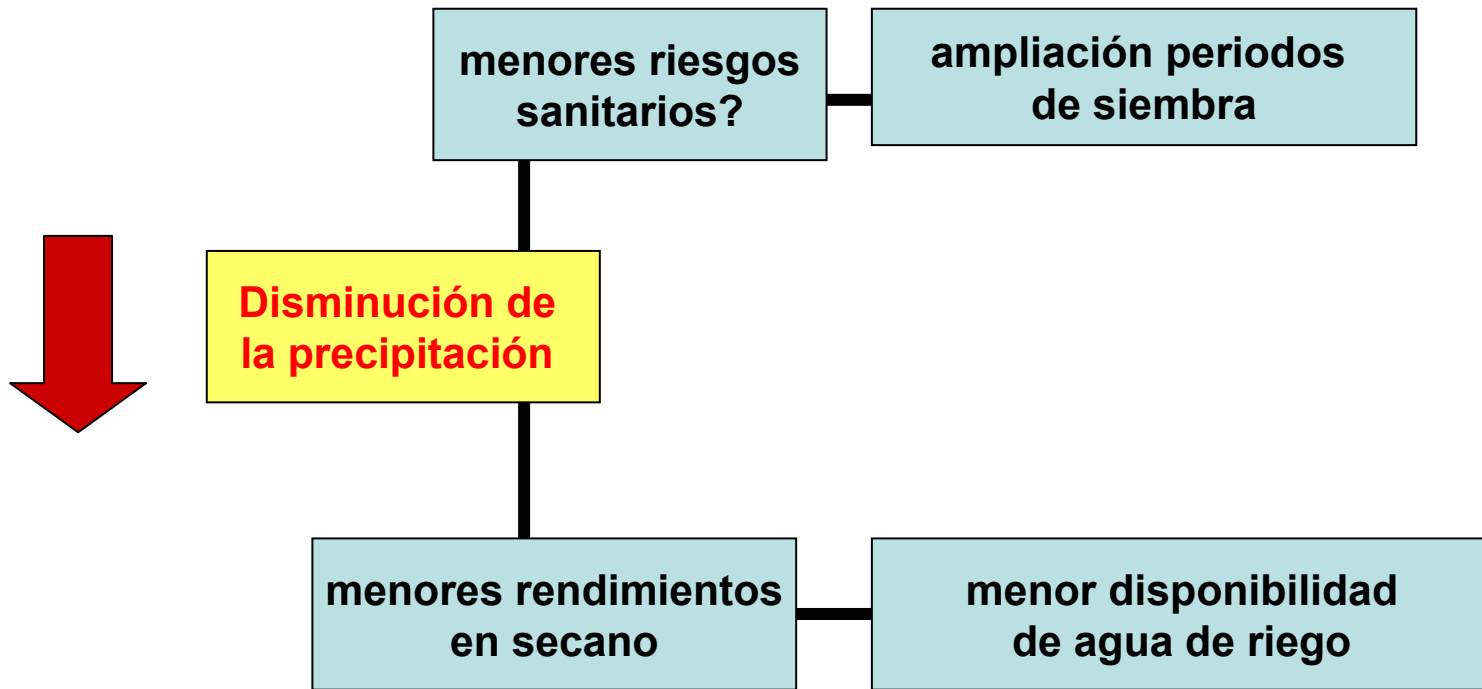
Disminución de precipitaciones particularmente en latitudes medias, en verano y otoño.

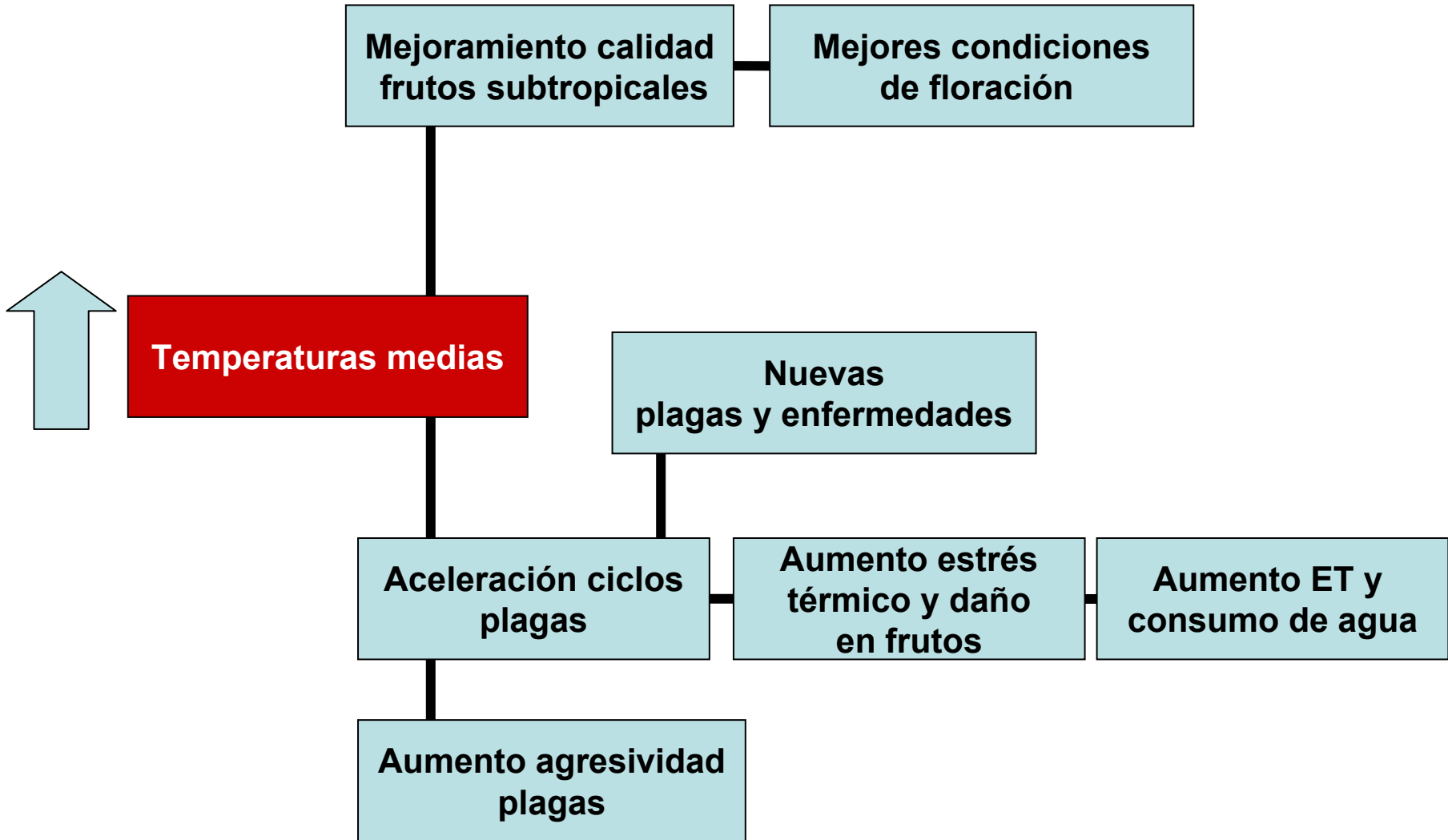
### ZONA SUR

Disminución de precipitaciones de hasta un 50% en verano.

### ZONA AUSTRAL

Disminución de la precipitación de un 25% en verano, normalizándose hacia el invierno. En el extremo austral se apreciaría un leve aumento de hasta un 20%, que se mantendría durante todo el año.



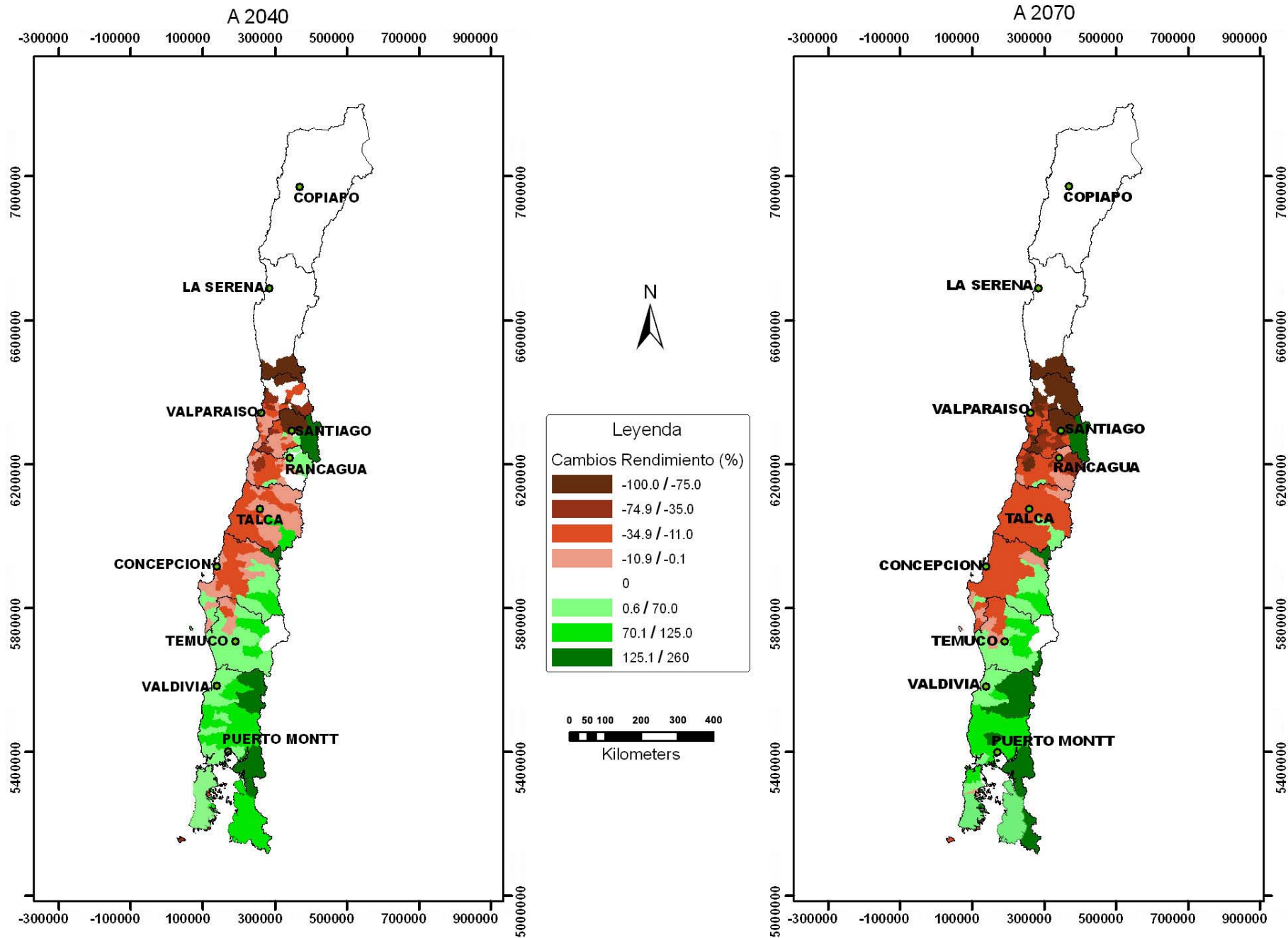


# impactos productivos en el sector silvoagropecuario de Chile frente a escenarios de CC

- escenarios considerados: A2 y B2, a partir de los resultados de PRECIS-DGF
- variables de interés: días-grado, horas de frío, periodo libre de heladas, índices de humedad...
- modelo SIMPROC (simulador de productividad de cultivos, AGRIMED UChile)
  - representa procesos ecofisiológicos regulados por el clima
  - e.g.: producción fotosintética bruta (rad. solar), velocidad de crecimiento (agua, T), etc.

- **zona central**
  - desplazamiento de zonas climáticas hacia el sur
  - cambio en el ciclo anual de caudales fluviales
  - cambio en fechas de siembra (atenuación régimen de heladas → aprovechamiento de lluvias de invierno)
- **productividad de biomasa/cubierta vegetal**
  - estrecha relación con la precipitación
  - afectada principalmente desde Coquimbo al sur
- **trigo**
  - en riego: altas T aceleran su ciclo de vida → pierde productividad
  - seco: aumenta prod. en Los Ríos (precordillera)
- **maíz**
  - exigente en T → aumenta potencial de producción en la costa y precordillera (Rgs. IV a VIII)
- **vid**
  - combinación temperaturas diurnas/nocturnas y luminosidad

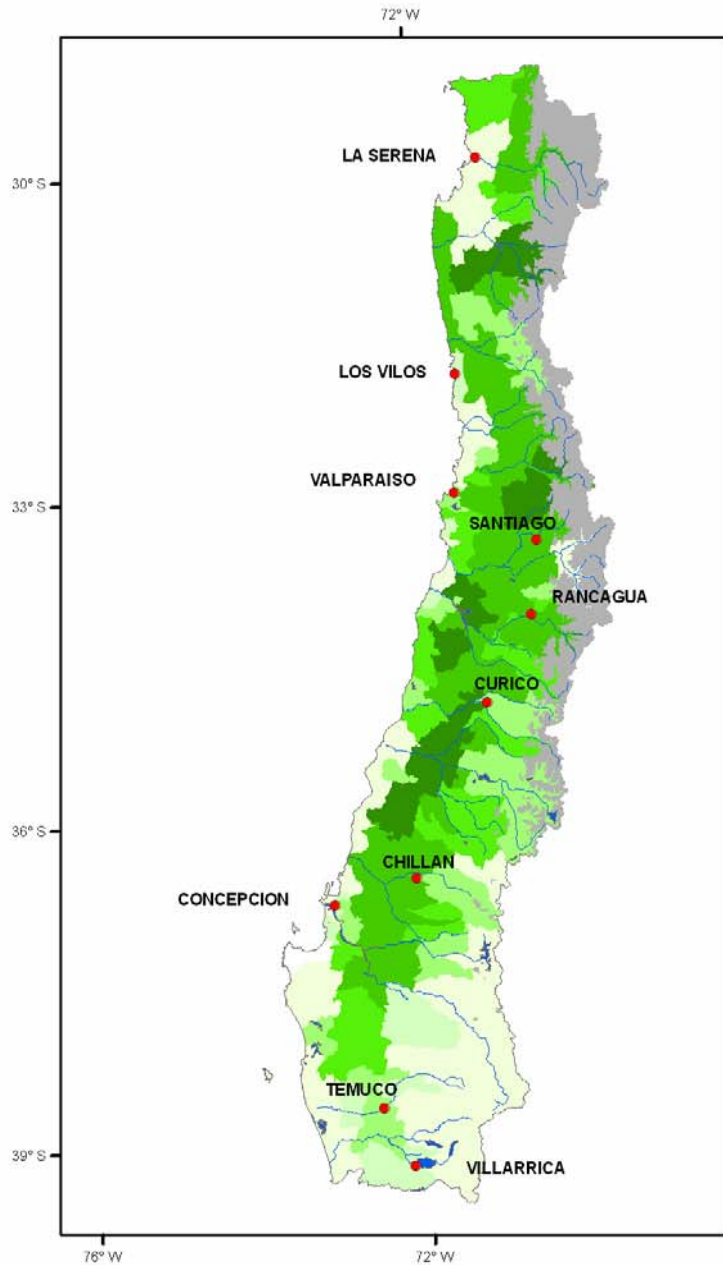
# Cambios en rendimiento trigo en seco



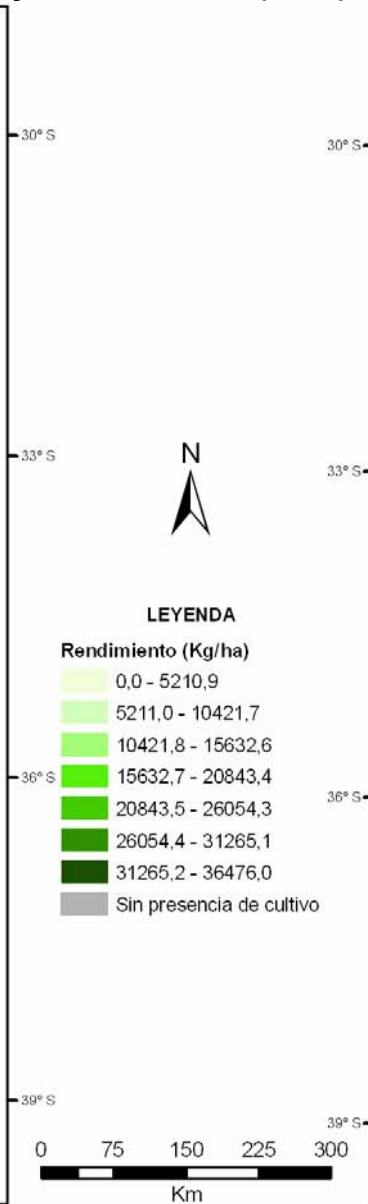


# RENDIMIENTO VID ZONA CENTRO

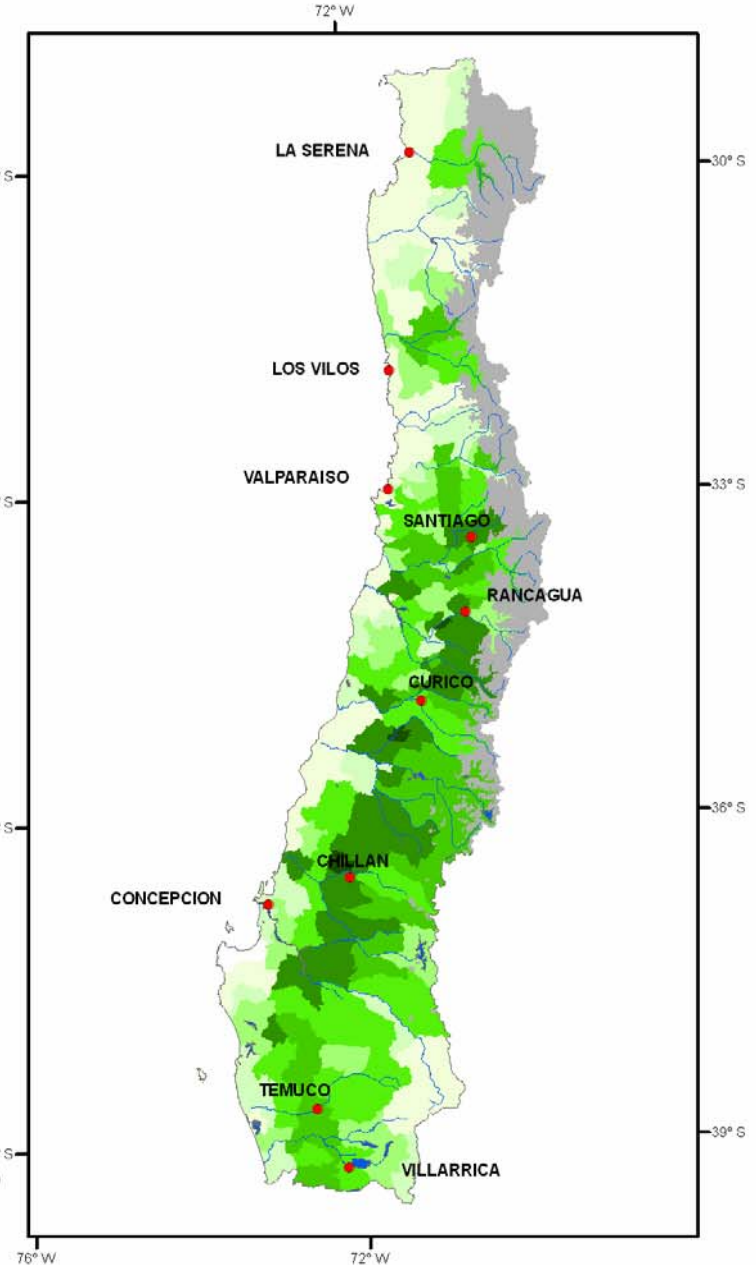
Linea Base



Según F. Santibáñez  
y P. Santibáñez (2008)



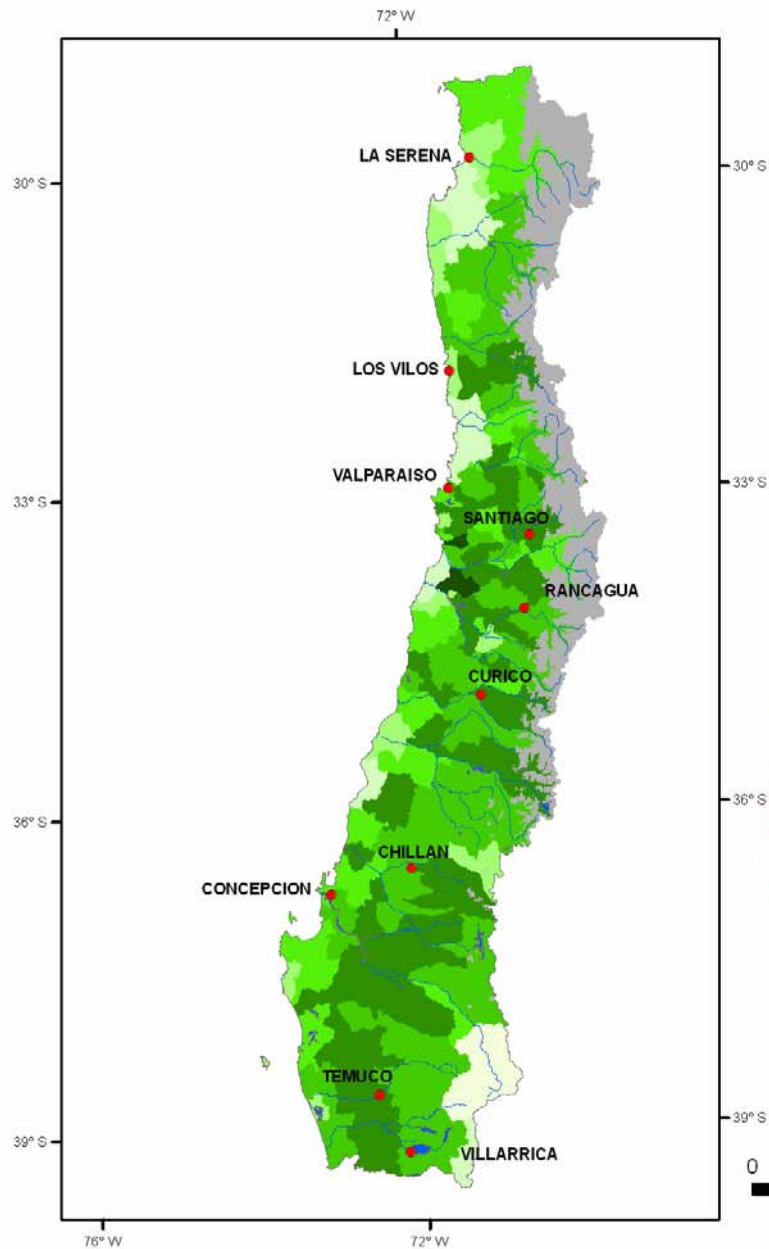
A2 2040



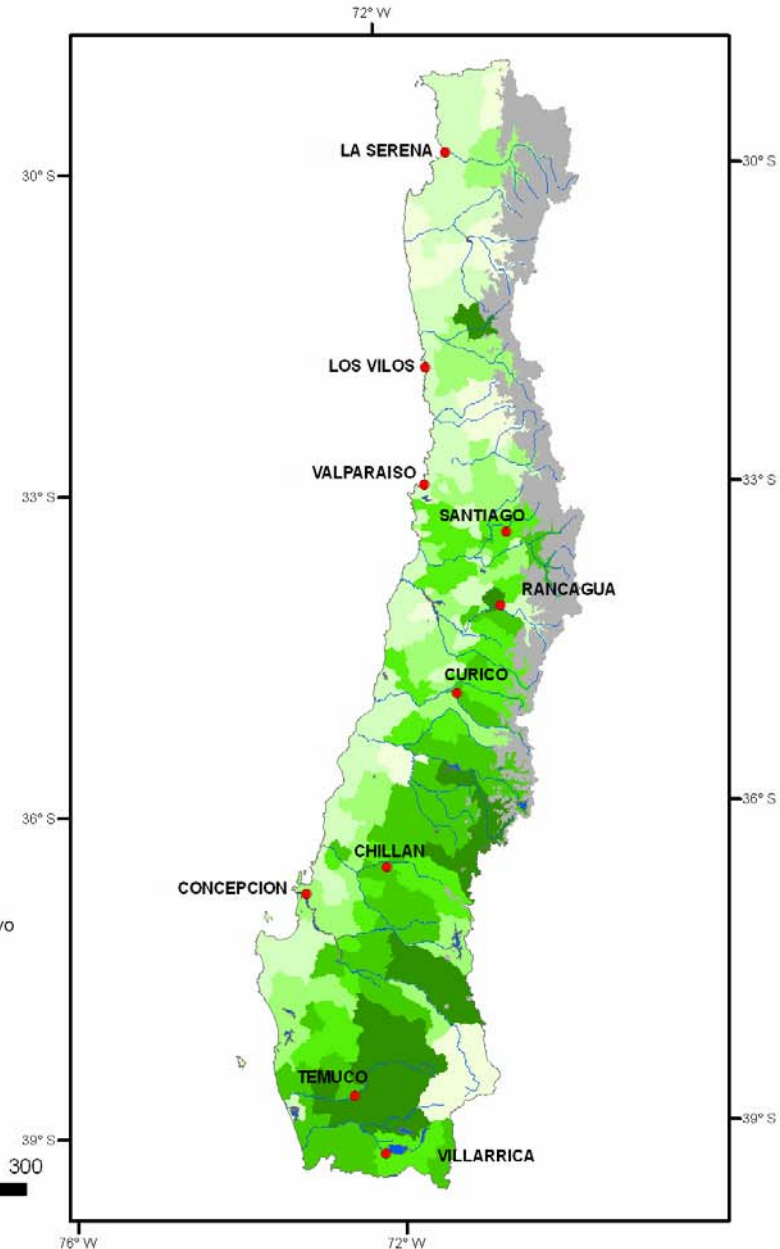
- aumento de temperaturas mínimas
  - árboles caducifolios: afecta obtención de color y contenido de azúcar
  - poblaciones de insectos
  - enfermedades por hongos y bacterias
  
  - ausencia de heladas: mejora la viabilidad de las flores
  - frutales: reducción de acidez
- frutales
  - se extiende su área de cultivo hacia Araucanía, Los Ríos, Los Lagos
  - en este caso, no se puede intervenir su ciclo anual
  - efectos cc
    - rendimientos
    - calidad de la producción (aceleración de la fructificación, precocidad de la madurez)
    - sanidad (plagas y enfermedades)
- pino radiata
  - centro-norte: peores condiciones por déficit hídrico
  - sur: mayor productividad por aumento de T en primavera y otoño alargarán el ciclo anual de crecimiento
- papa
  - climas suaves: temperaturas moderadas, noches frescas (costa y precordillera, Rgs. VI a VIII), mejoran las condiciones en Los Ríos

# PRODUCTIVIDAD MANZANO ZONA CENTRO

## Linea Base

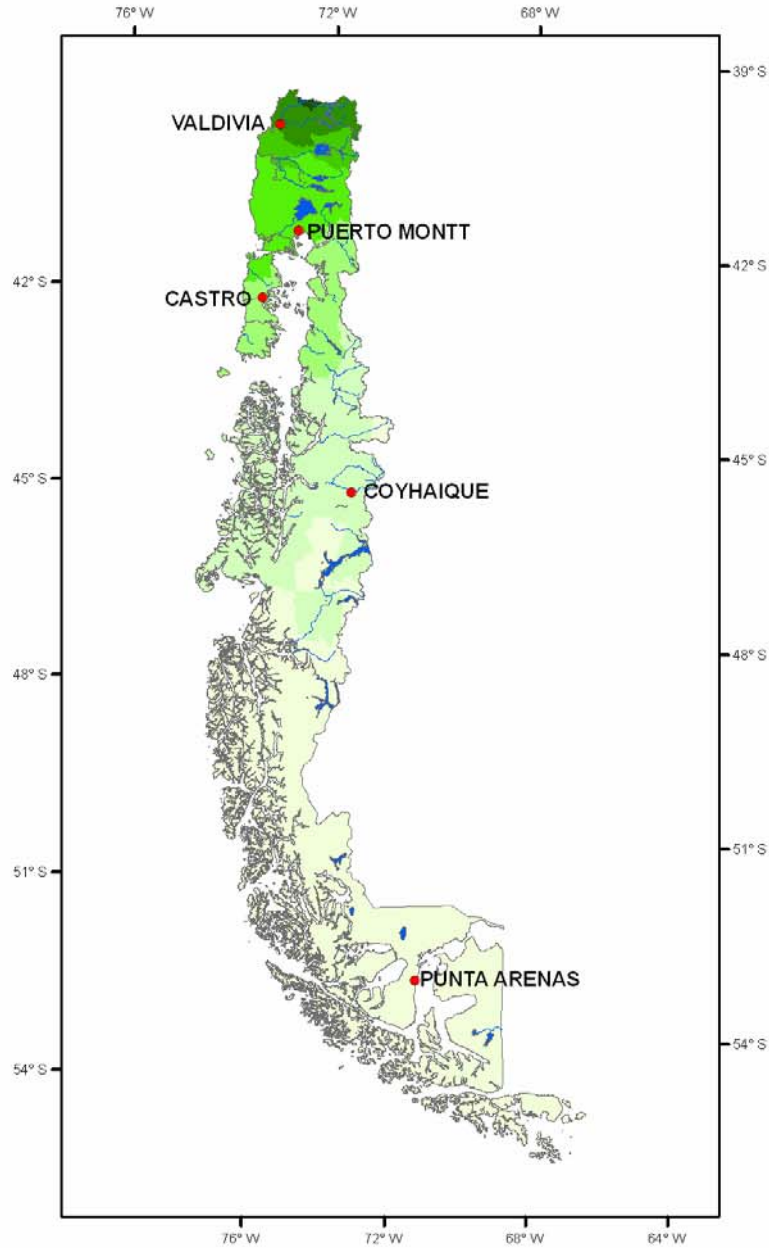


## A2 2040

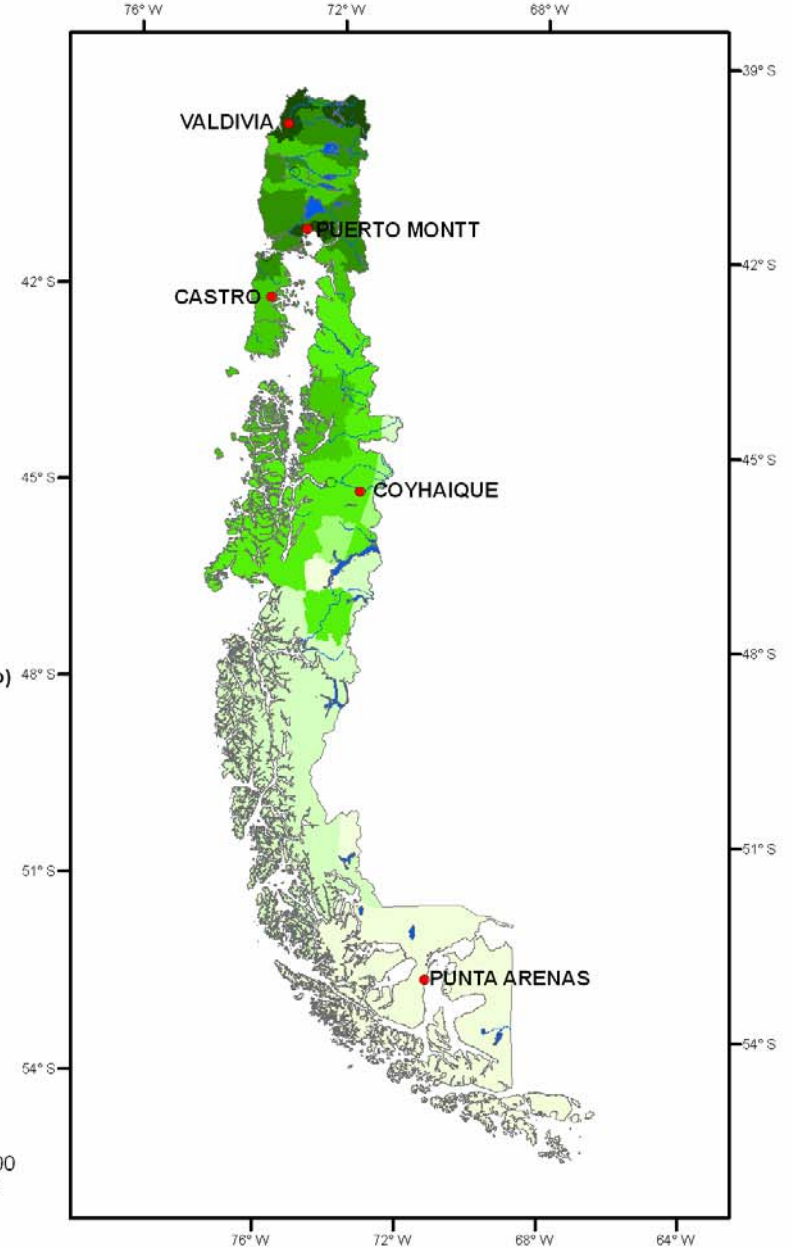


# PRODUCTIVIDAD PINO RADIATA ZONA SUR

## Línea Base

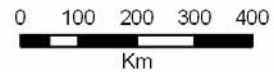
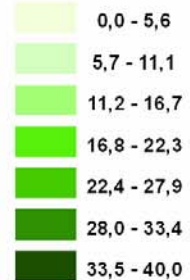


## A2 2040



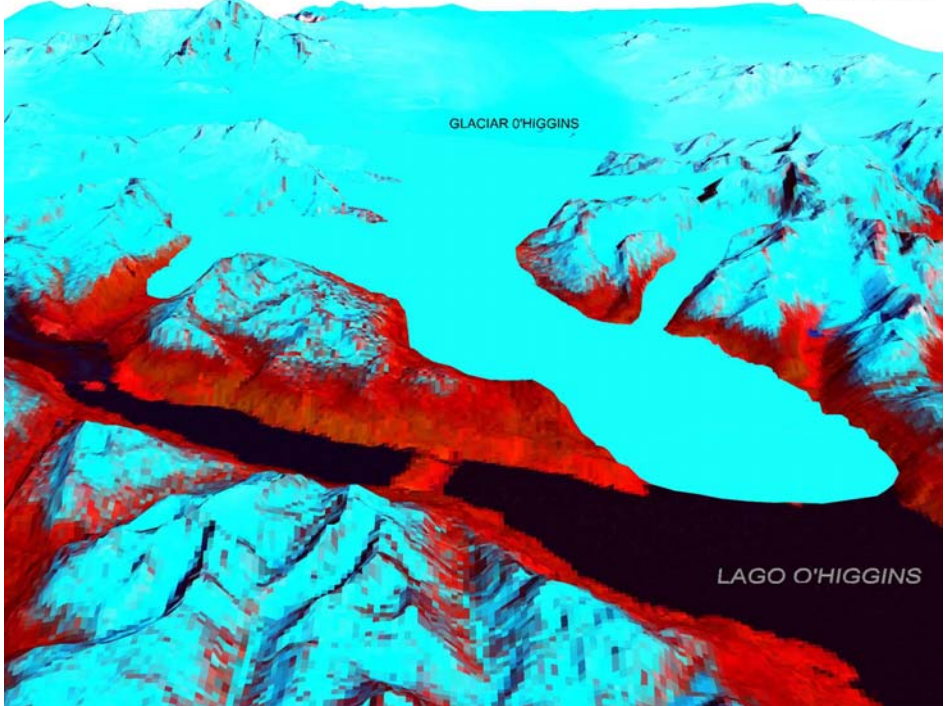
### LEYENDA

Rendimiento (m<sup>3</sup>/ha·año)

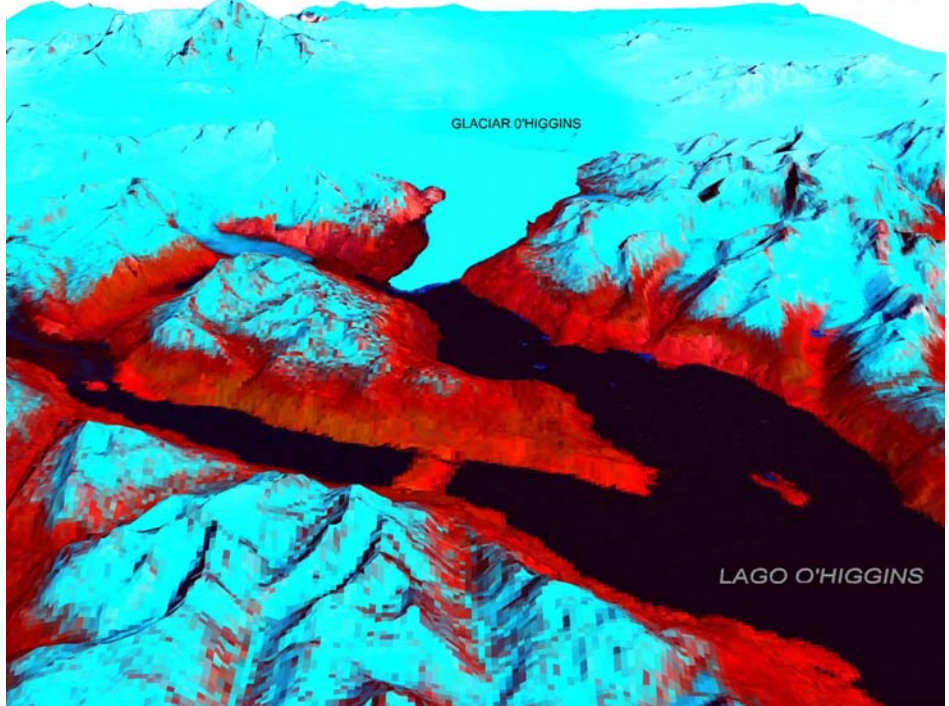


# Región Austral: campos de hielo

1896



2005



1945



Los glaciares ajustarán sus frentes a la mayor temperatura aunque la precipitación se mantenga

Fuente: Dr. Gino Casassa

# bibliografía principal



Centro de Agricultura y Medio Ambiente AGRIMED, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, 2008: Análisis de Vulnerabilidad del Sector Silvoagropecuario y de los Recursos Hídricos y Edáficos de Chile frente a Escenarios de Cambio Climático

<http://www.sinia.cl/1292/printer-46115.html>

Fuenzalida, H., M. Falvey, M. Rojas, P. Aceituno, R. Garreaud, 2006: Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI. informe para CONAMA

[http://www.dgf.uchile.cl/ACT19/COMUNICACIONES/OtrosTextos/articles-39442\\_pdf\\_Estudio\\_texto.pdf](http://www.dgf.uchile.cl/ACT19/COMUNICACIONES/OtrosTextos/articles-39442_pdf_Estudio_texto.pdf)

Garreaud, R. and M. Falvey, 2009: The coastal winds off western subtropical South America in future climate scenarios. *Int. J. of Climatology*, **29**, 543-554. doi: 10.1002/joc.1716

[http://www.dgf.uchile.cl/rene/PUBS/future\\_coastal\\_winds\\_IJCL.pdf](http://www.dgf.uchile.cl/rene/PUBS/future_coastal_winds_IJCL.pdf)