

# **Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Argentina**

Expositor  
Dr. Ing. Oscar Dölling (PGICH-UNSJ)

Noviembre de 2008

# DESPACHO de CARGAS Hidroeléctricas

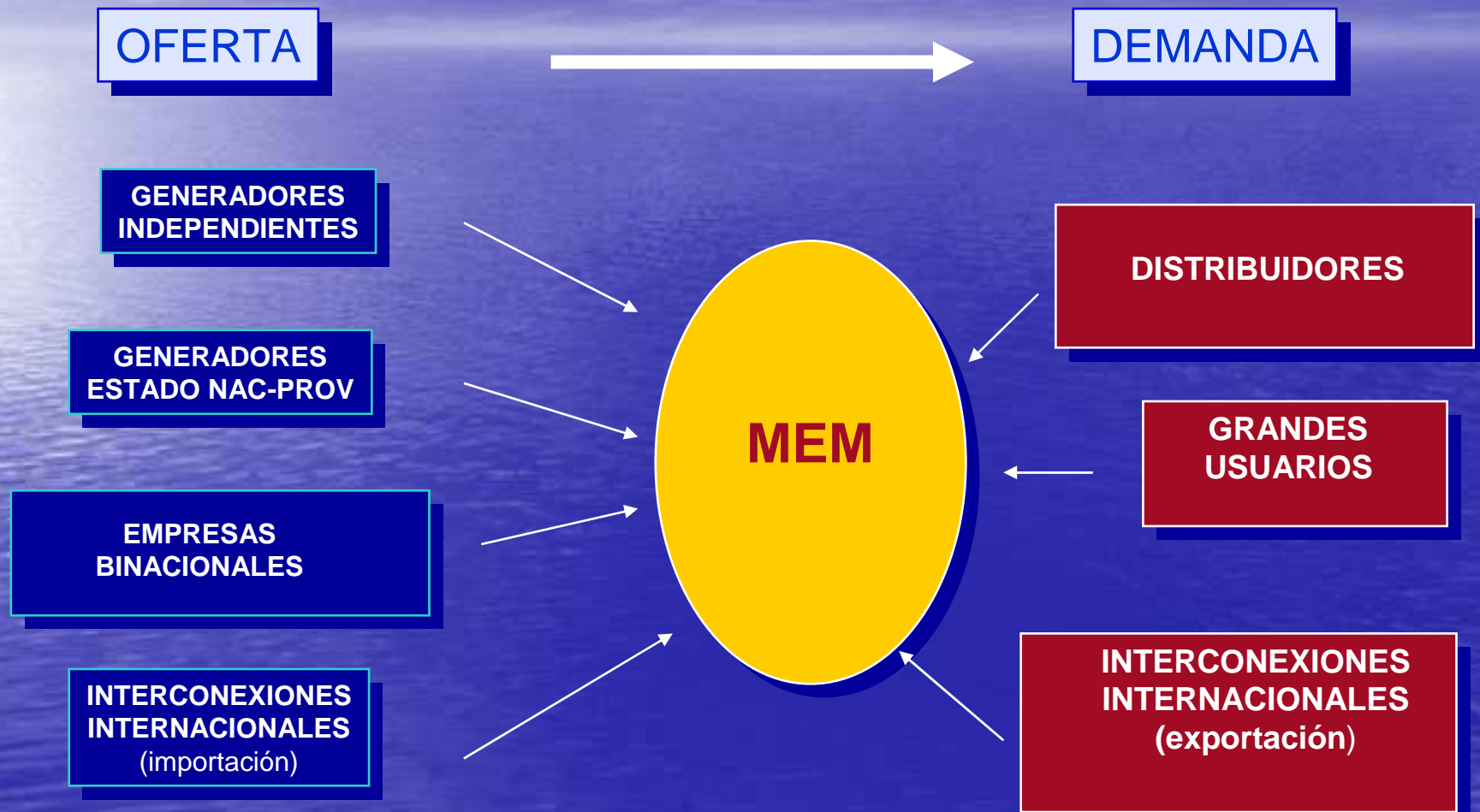
## Problema a resolver

- Despachar la generación con agua y con combustibles disponibles para cubrir la demanda de energía al mínimo costo, sin restricciones a la demanda para distintos horizontes de programación **aumentando las reservas hidráulicas con el paso del tiempo.**
  - Arbitrar, entre utilizar el agua o almacenarla.

## Sujeto a:

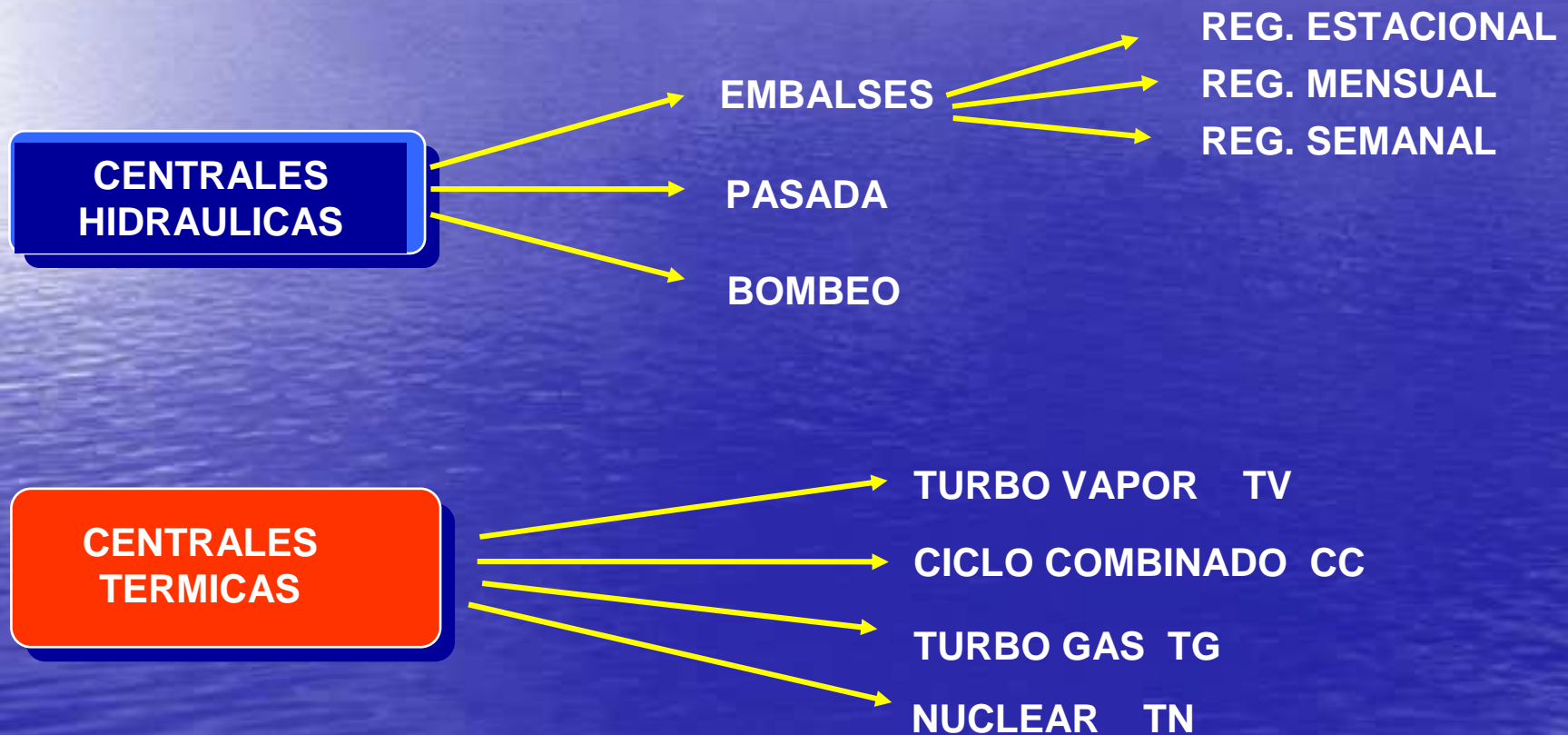
- Incertidumbre en clima e hidrología.
- Restricciones de operación.
- Complejidad del problema.
- Regulación del Mercado Eléctrico Argentino

# Despacho Hidrotérmico



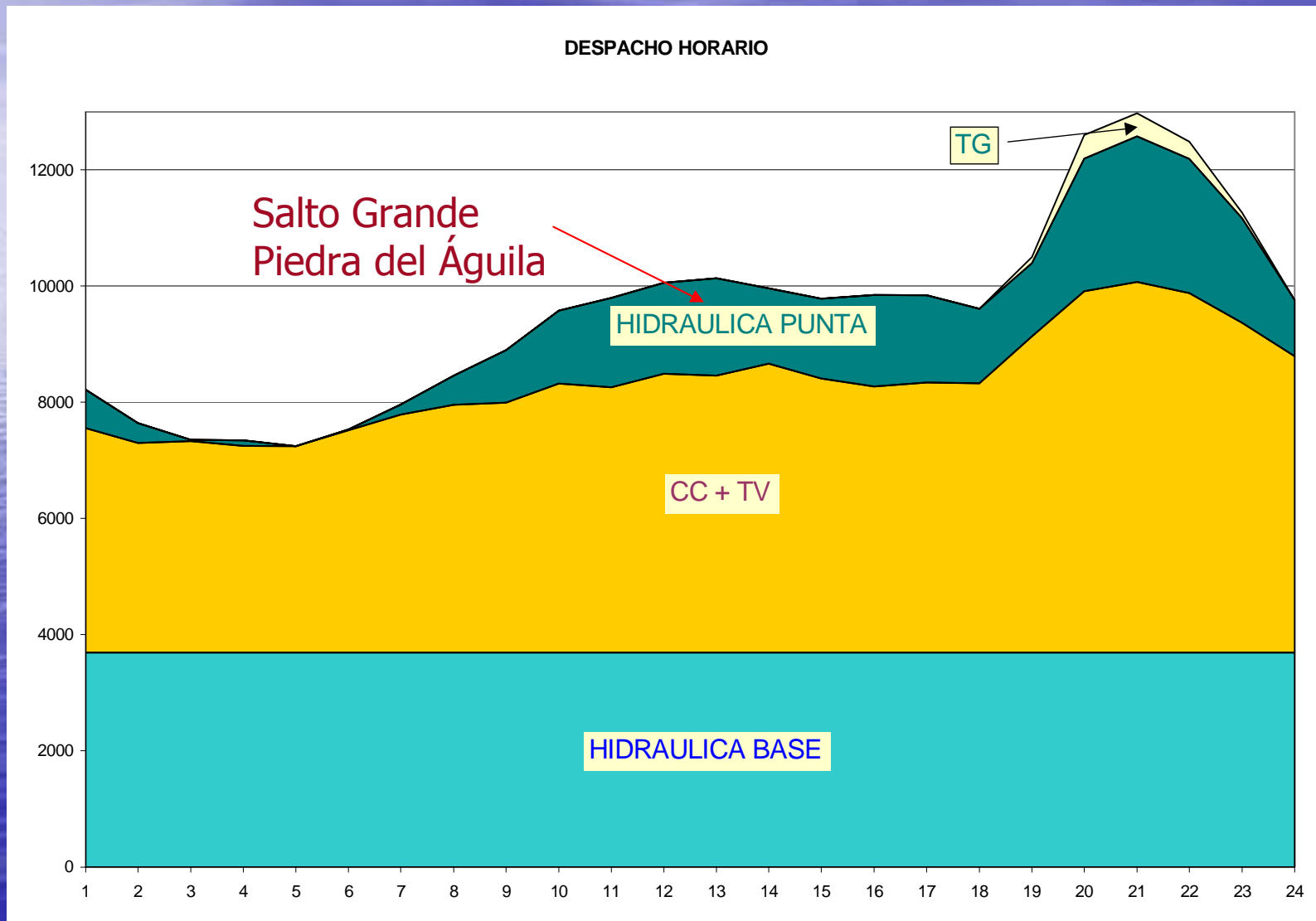
# Oferta Generación

La oferta de generación del sistema está compuesta por:





# Cubrimiento de la Demanda



# Solicitud de la SSE a la SSRH

reuniones en CAMMESA P.Madero y Rosario (Febrero 2008)

Centrales hidráulicas embalse  
(Chocón, Piedra del Águila)

----- Flexibilizar cota +saliente

Centrales hidráulicas semanales  
(Yacyretá, Salto Grande)

----- Caudales Mínimos

Centrales de pasada chicas

----- Monitoreo de Caudales

# Creación del GOA

*El 6 de Febrero de 2008* con sede CAMMESA comienzan las primeras reuniones semanales en P.Madero entre autoridades y técnicos de CAMMESA y de la SSRH.

Como resultado de las reuniones se crea el **Grupo de Optimización del uso del Agua (GOA) en la SSRH.**

Estas reuniones se han mantenido durante mas de 35 semanas.

# Grupo GOA Objetivos

(SSRH-SMN-AIC-EBY-CMTSG-INA-UNC-UNSJ)

- Aportar información actualizada y valores de pronósticos de corto, mediano y largo plazo (precipitación - temperatura – caudales).
- Desarrollar Sistemas de monitoreo continuo y alerta a tiempo real de caudales que ingresan a los embalses a nivel estacional, mensual semanal, diario y horario.
- Realizar en conjunto con los técnicos hidrólogos de los organismos con autoridad en las cuencas pronósticos y previsiones de la evolución probable de los caudales entrantes a los embalses a corto, mediano y largo plazo.



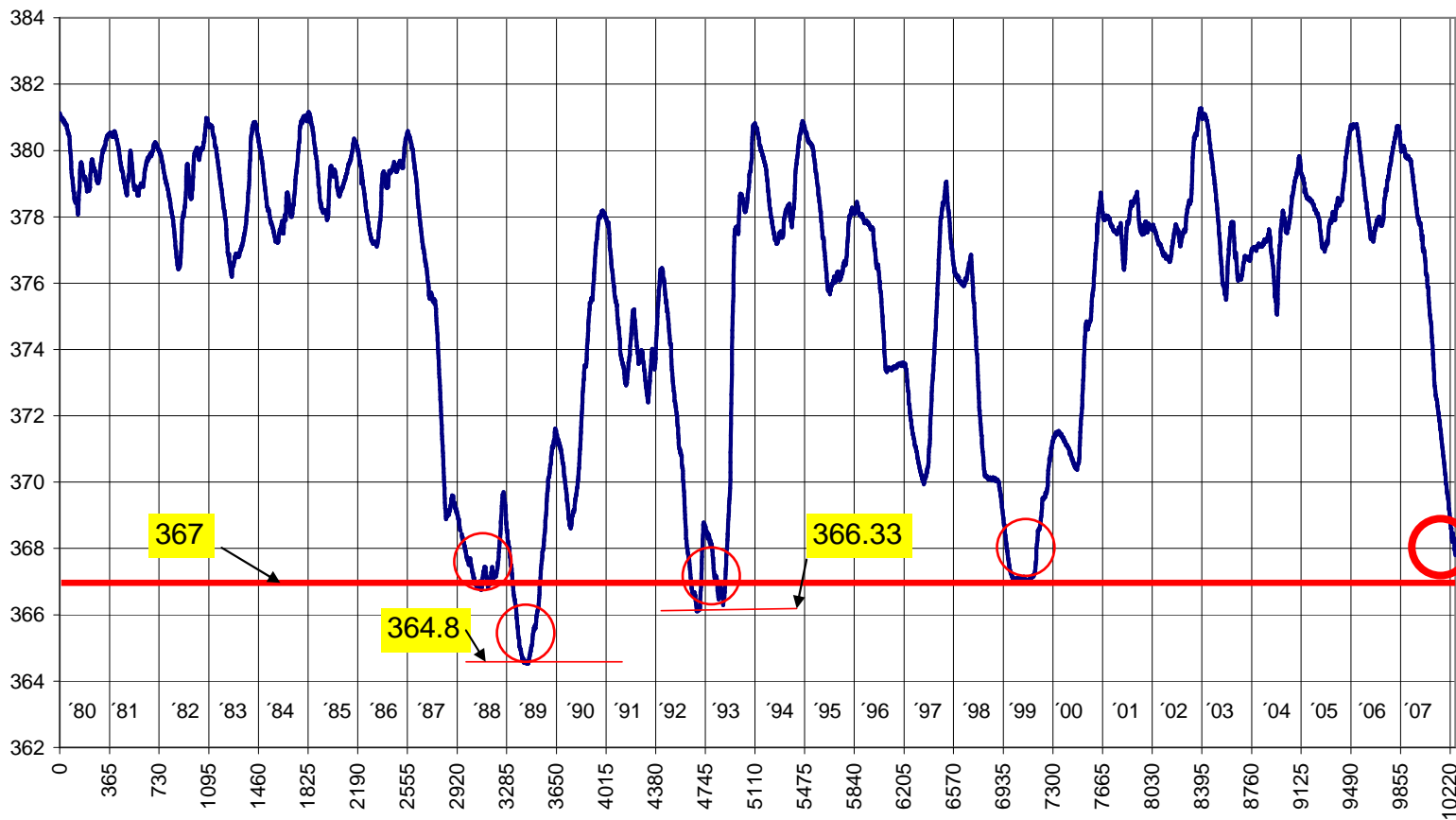
# Acciones inmediatas del GOA

- Diagnóstico situación actual (Análisis Febrero de 2008).
- Previsión evolución climática hidrológica cuencas Comahue, Uruguay, Paraná.
- Reunión técnica previa a toma de decisión (CMMESA-SSRH).
- Reunión de toma de decisión (ENERGÍA-AGUA-GAS-GENERADORES)

# Análisis Febrero de 2008

## Chocón cota 367msnm

Serie 1980-2007 cota Chocón (msnm)



# Análisis Febrero de 2008 Situación de Niño/Niña

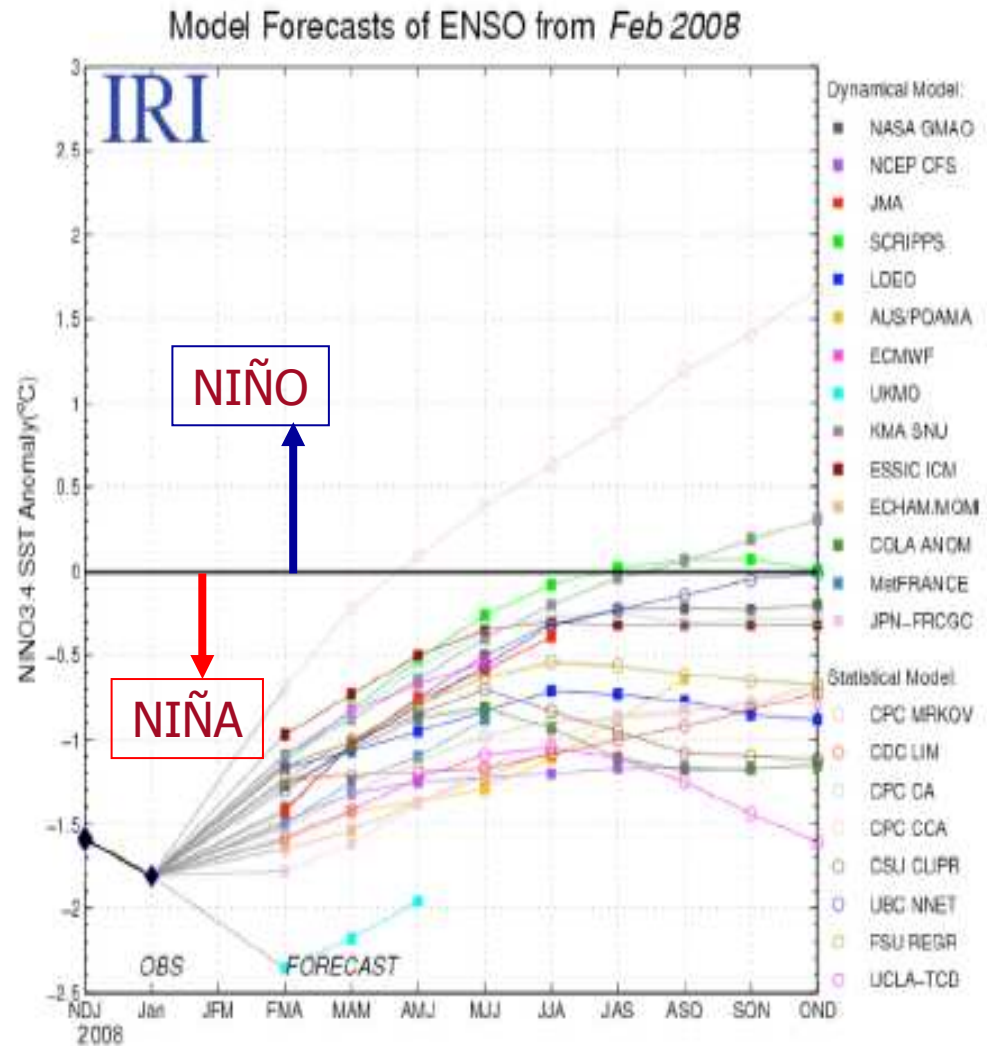
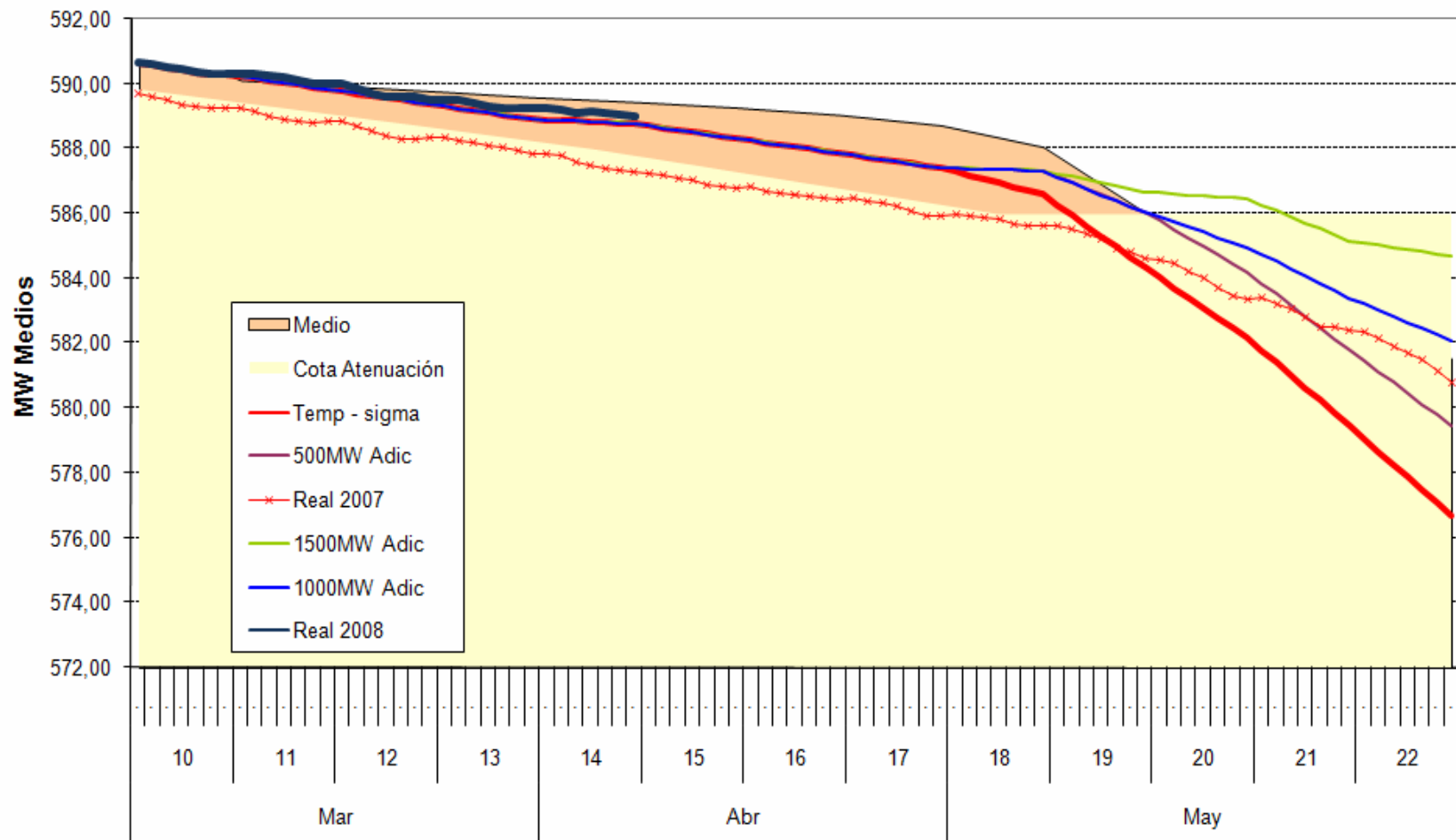


Figura 5. Pronósticos de las anomalías de la temperatura de la superficie del océano (SST) para El Niño 3.4 en la región (5°N-5°S, 120°W-170°W). Figura cortesía del Instituto de Investigación Internacional (IRI por sus siglas en inglés) para Clima y Sociedad. Figura actualizada el 20 de febrero de 2008.

# Análisis en Febrero-Marzo 2008

## Evolución negativa cota Piedra del Águila

### Evolución Cota Piedra Águila



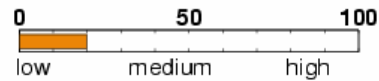


# Análisis Climático Marzo 2008

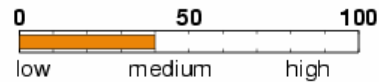
## Summary of March 2008 ENSO Forecast

Forecast Period: Jul. 2008 – Sep. 2008

Probability of El Niño



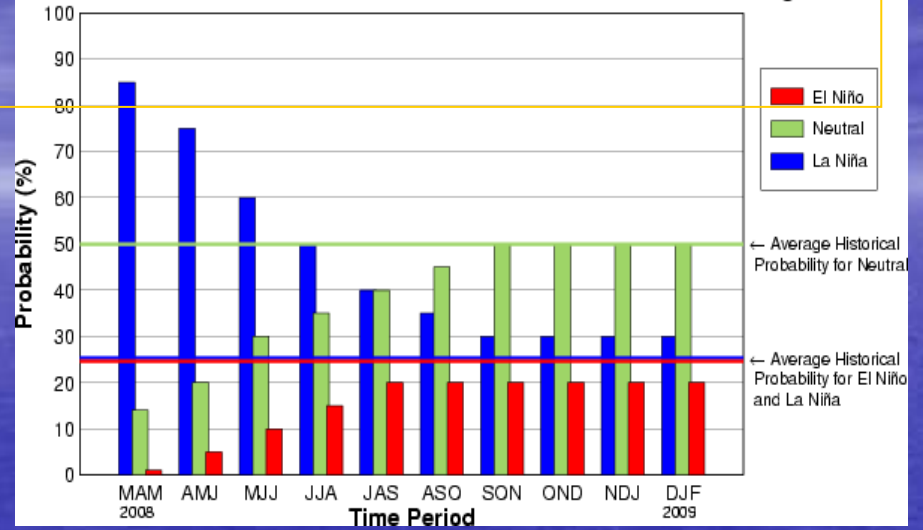
Probability of La Niña



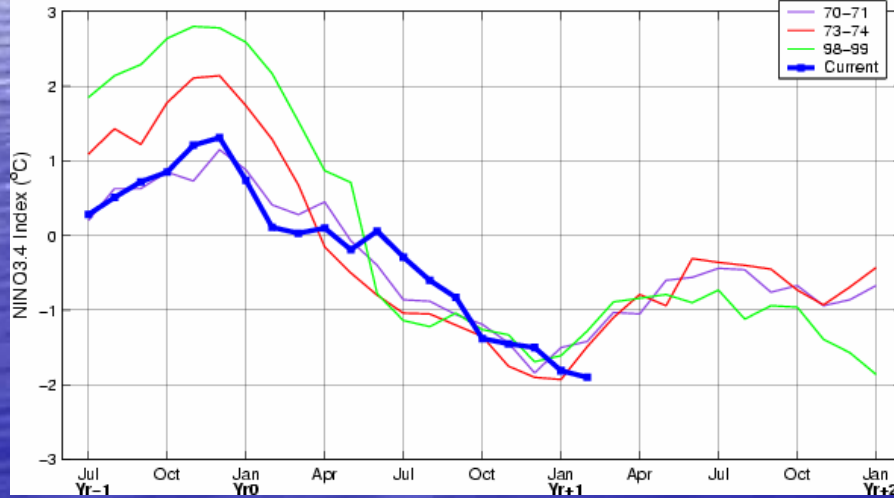
Probable Magnitude of Event

(not applicable)

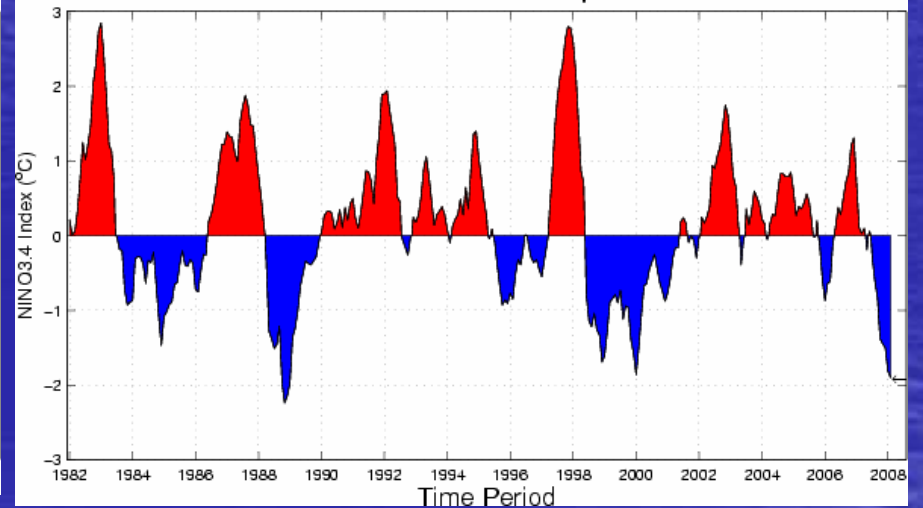
## IRI Probabilistic ENSO Forecast for NINO3.4 Region



## Current Condition vs. Similar Conditions



## Historical Sea Surface Temperature Index



# Resultados Análisis Febrero

## Convenio SSRH-Gobernadores

*EL 27 de Febrero de 2008* con sede en Casa Rosada Salón de los Escudos se firma un Convenio SSRH – Consejo de Gobierno “Gobernadores de Neuquén, Río Negro y Buenos Aires” para la “Optimización de los sistemas hídricos y de las obras de irrigación en el curso medio e inferior del río Negro”

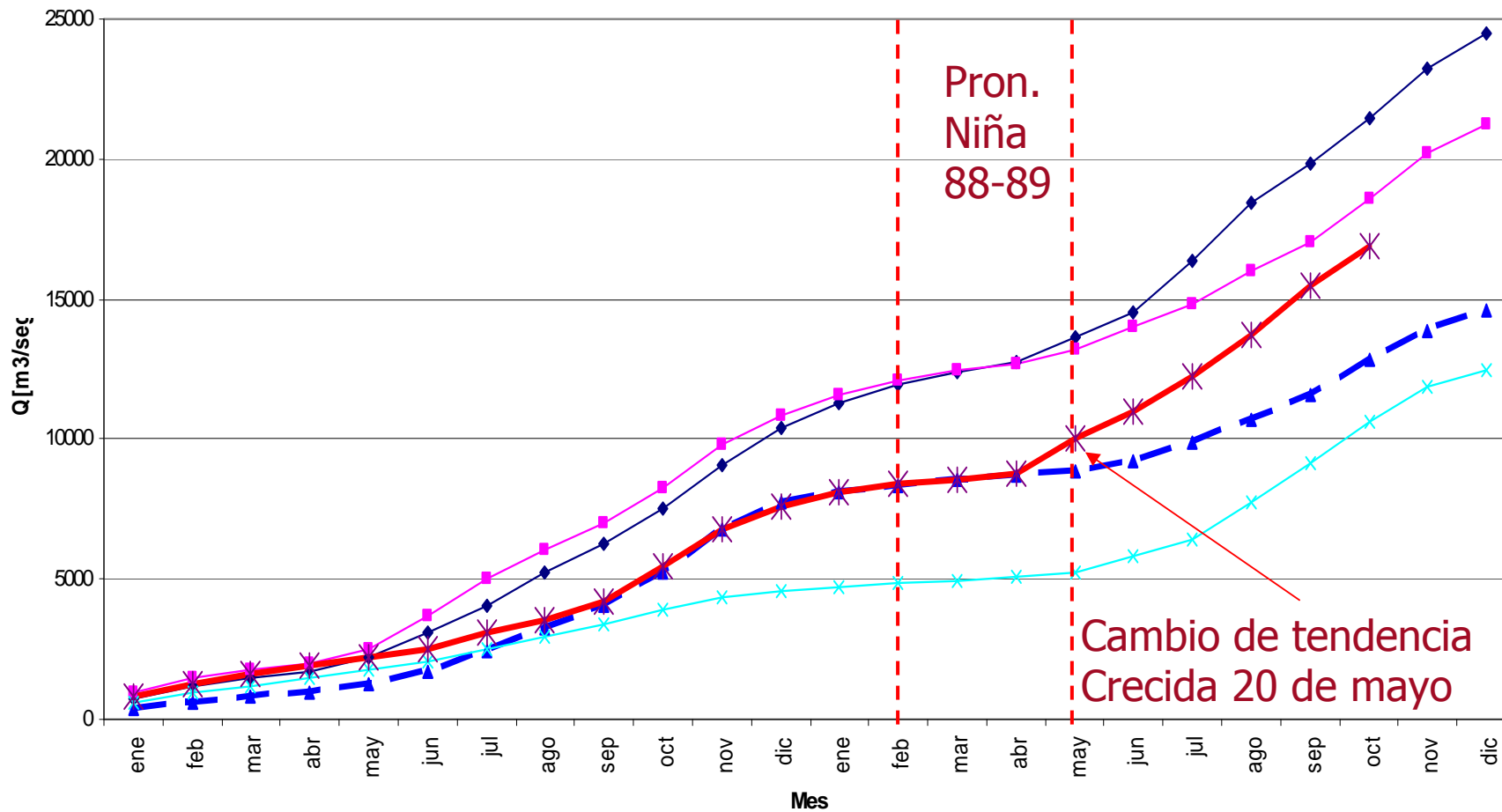
# Importación y Exportación de Energía

*16 de mayo de 2008* sede SSE **COMISION DE INTERCONEXION** Buenos Aires SSE.

## Temas

1. Comisión técnico mixta de Salto grande.
2. Intercambios Energéticos Con Brasil y
3. Intercambios energéticos entre Argentina y Uruguay

### Caudales Acumulados Comahue (m<sup>3</sup>/seg)

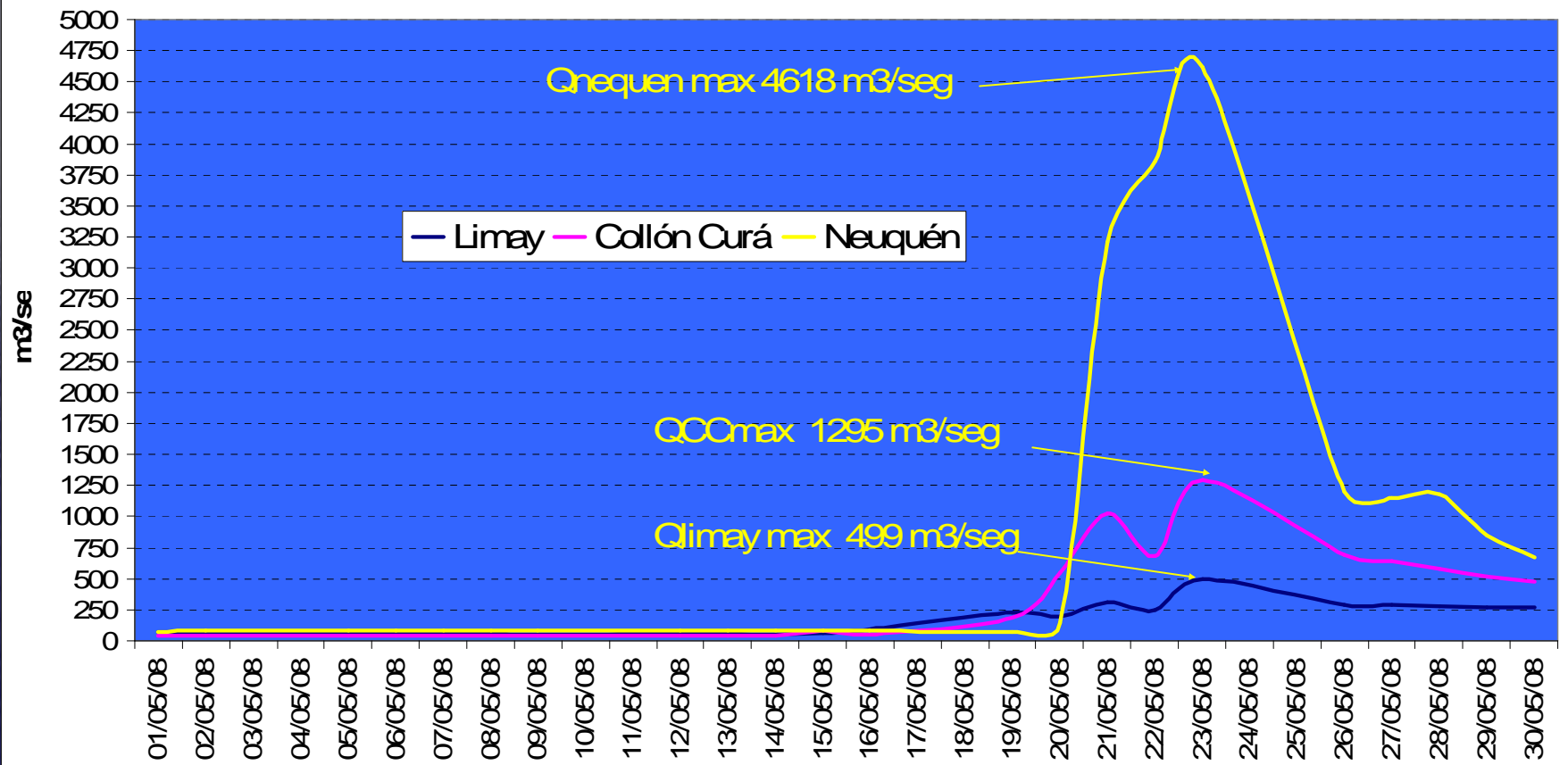


◆ acumulada 70-71
■ acumulada 73-74
▲ acumulada 88-89
× acumulada 98-99
✱ 07-08

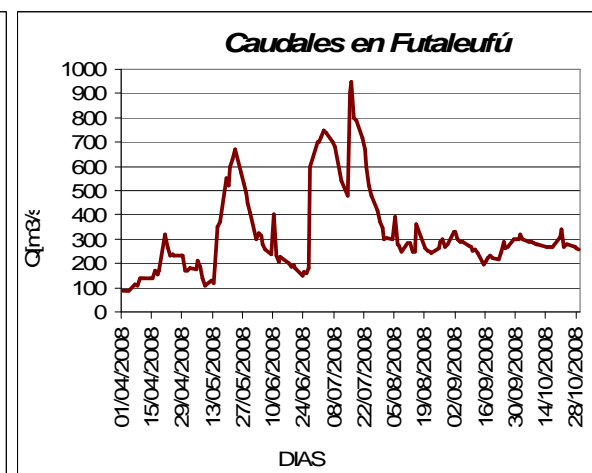
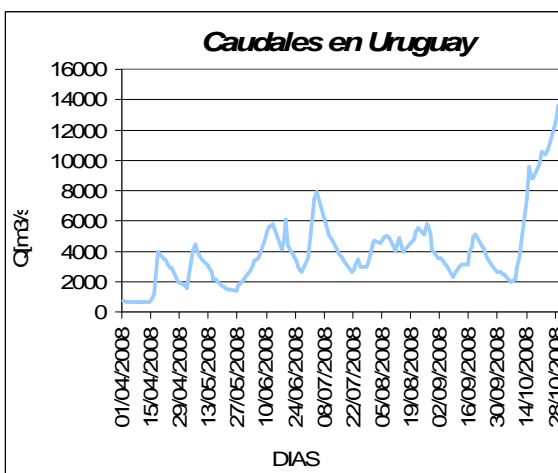
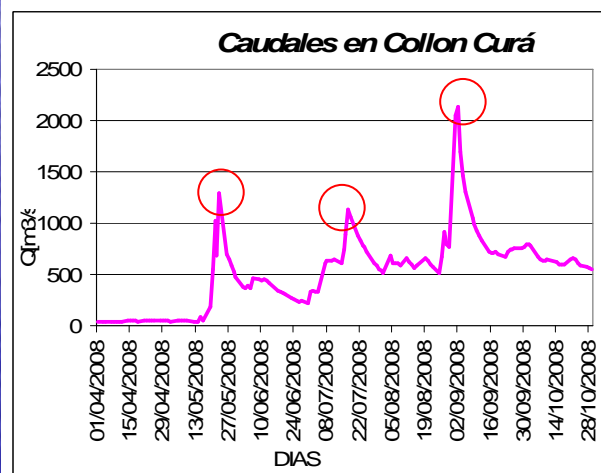
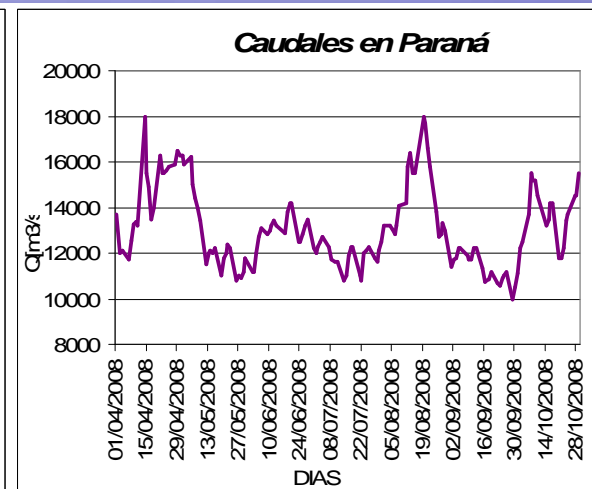
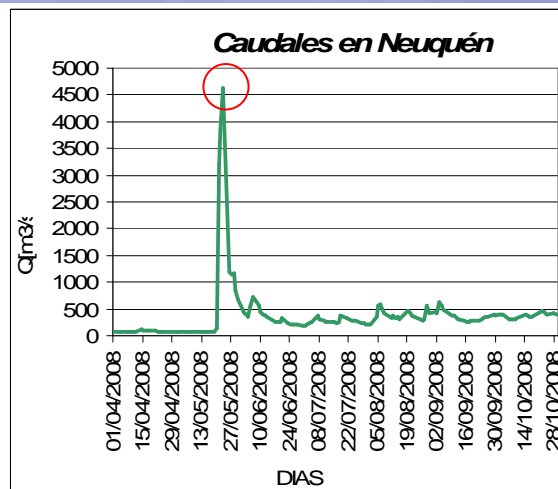
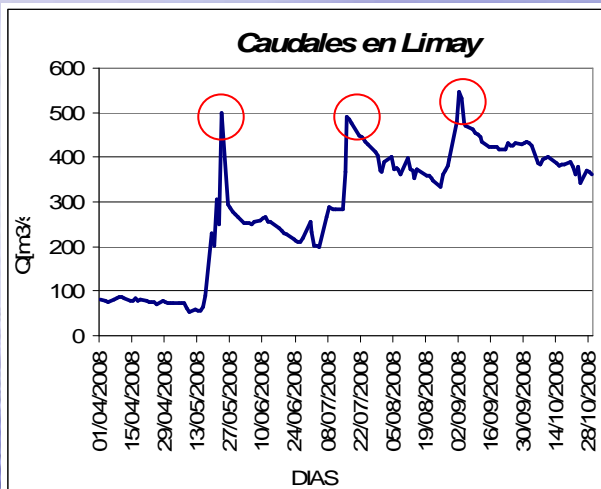


# Seguimiento de crecidas

## Crecida Comahue Mayo de 2008

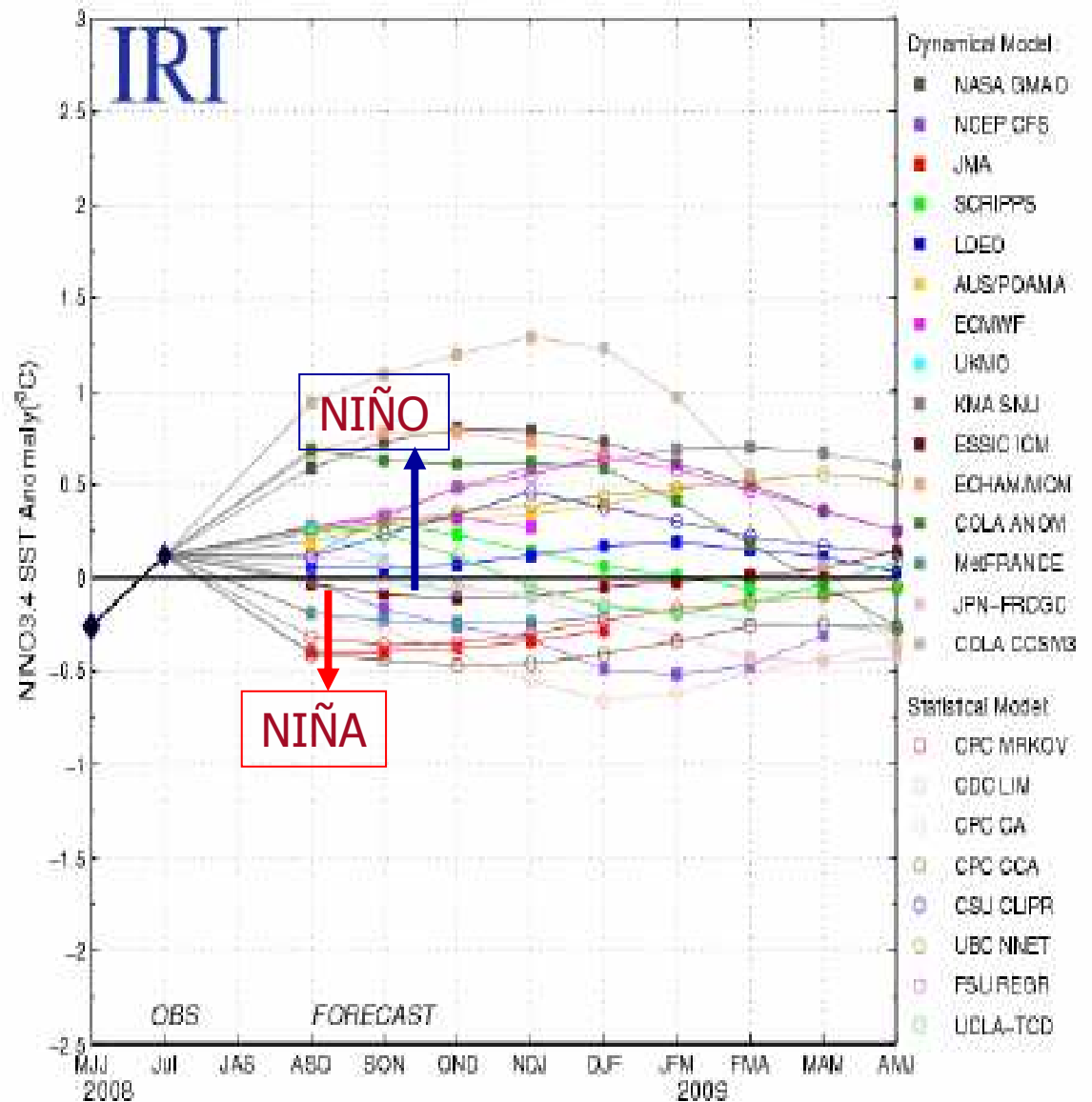


# Monitoreo continuo principales ríos



Análisis  
Agosto de 2008  
Situación de  
Niño/Niña

Model Forecasts of ENSO from Aug 2008





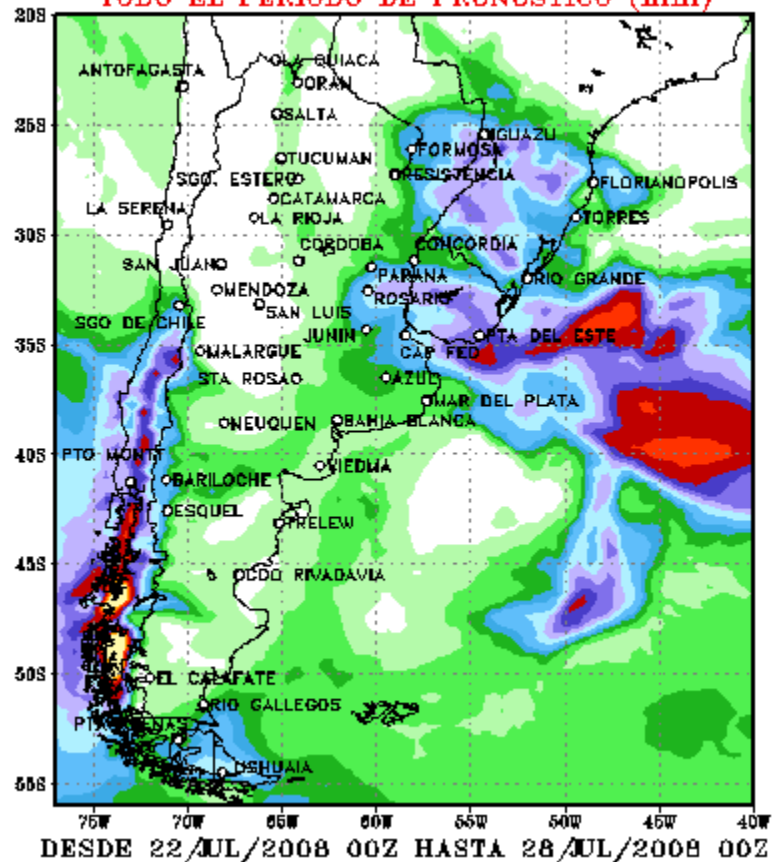
Ministerio de Defensa  
Secretaría de Planeamiento



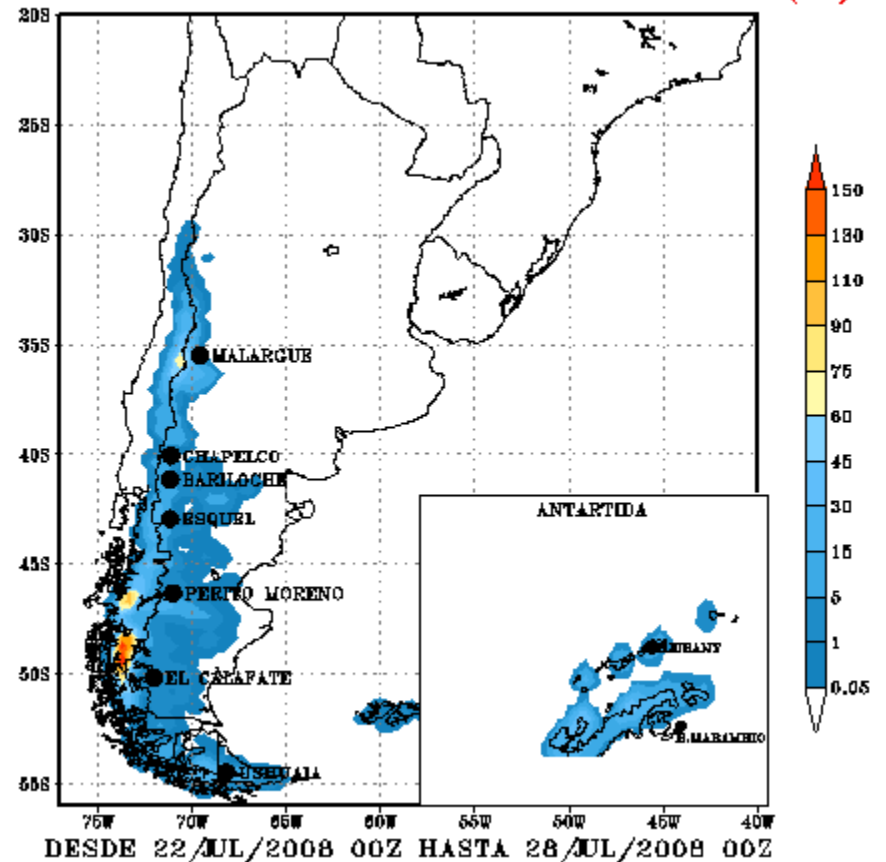
Servicio Meteorológico Nacional

# Pronóstico de lluvias y nevadas

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL  
PRECIPITACION TOTAL ACUMULADA DURANTE  
TODO EL PERIODO DE PRONOSTICO (mm)

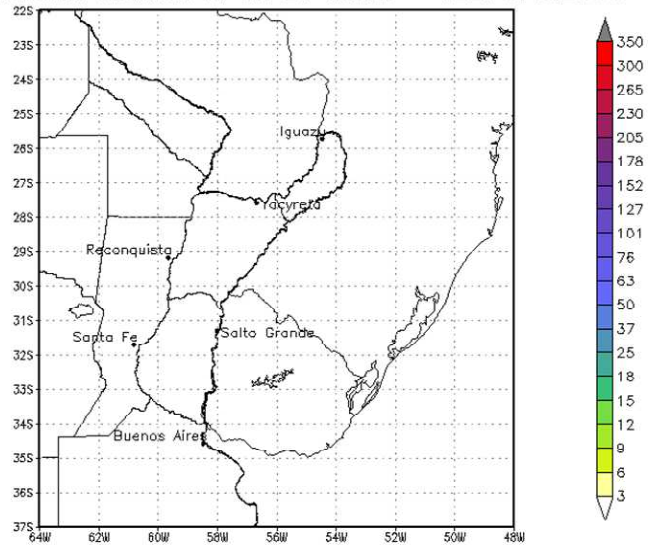


SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL  
NIEVE CAIDA DURANTE TODO EL PERIODO DE PRONOSTICO (KG/M2)



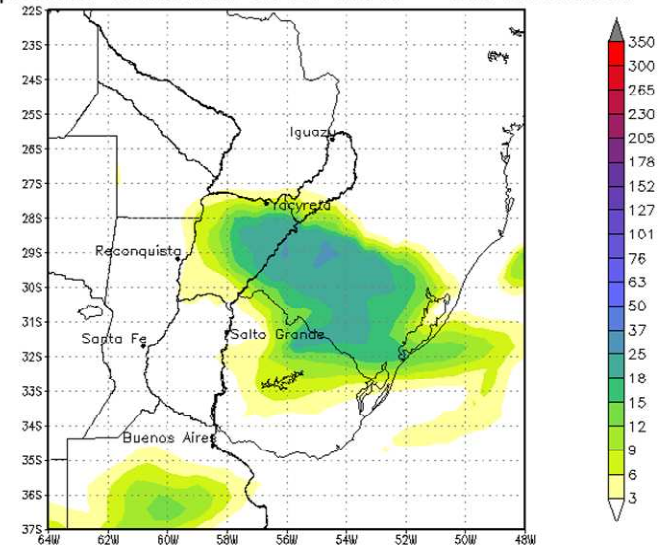


Precipitación acumulada en 24 horas - 12Z18JUN2008



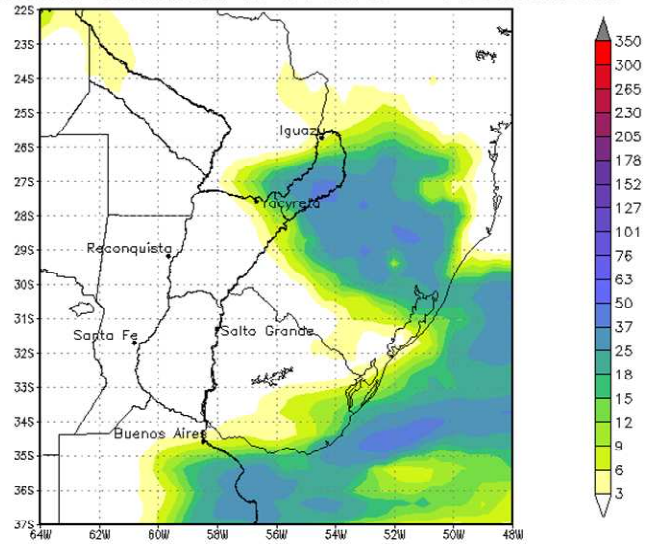
18/jun

Precipitación acumulada en 24 horas - 00Z19JUN2008

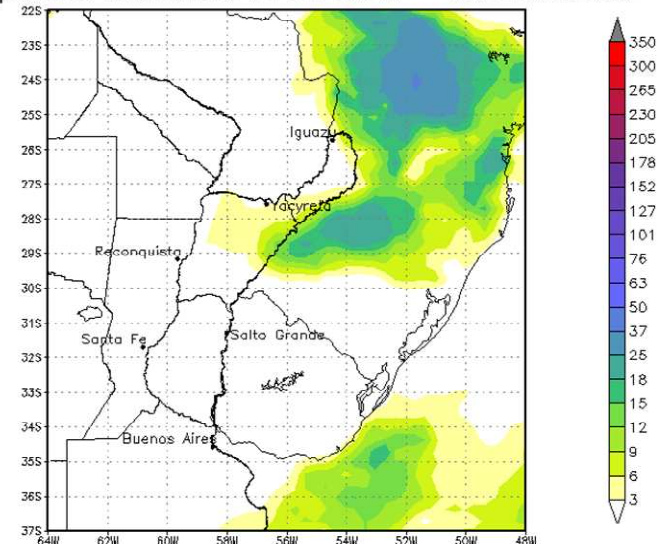


19/jun

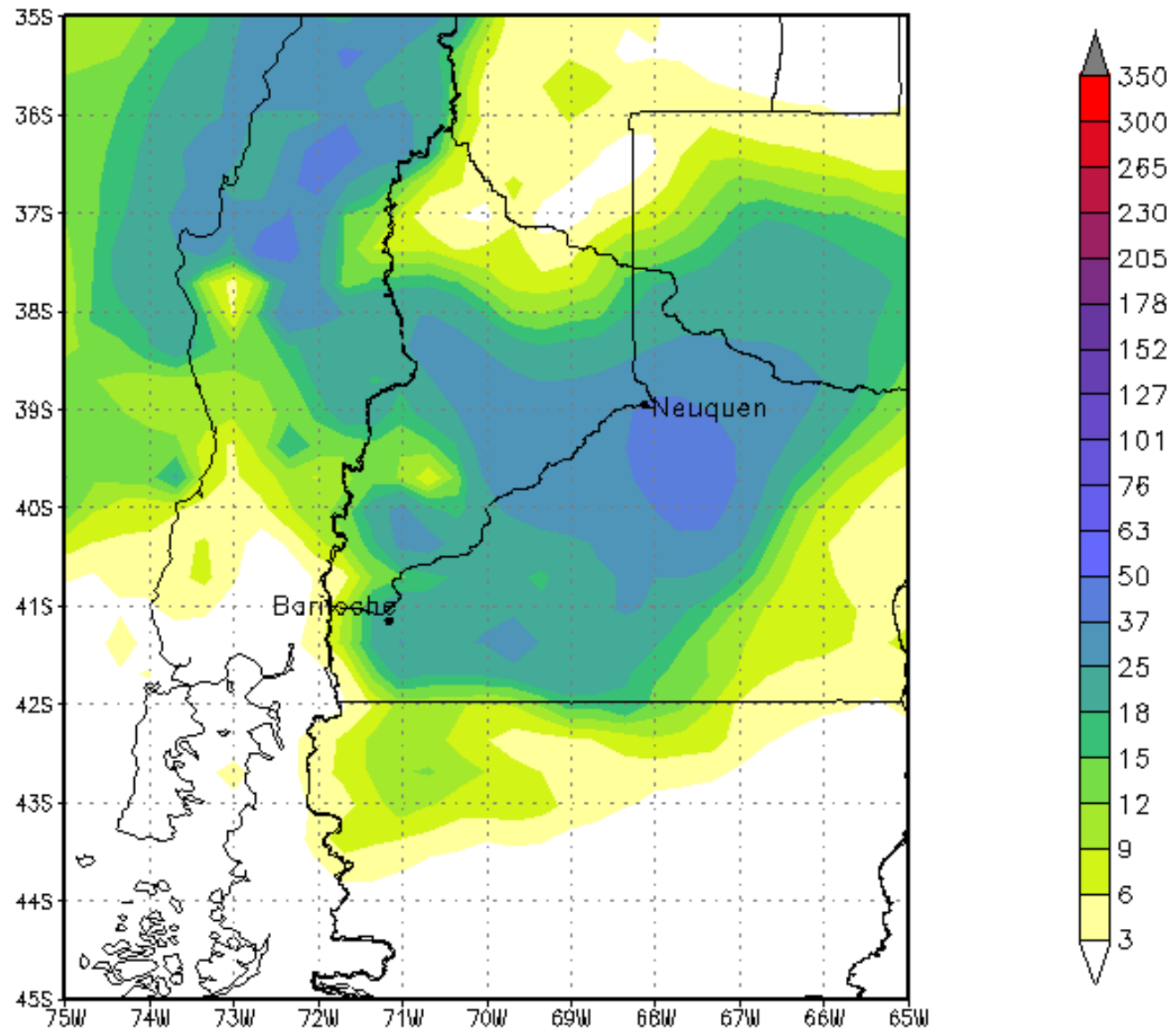
Precipitación acumulada en 24 horas - 00Z20JUN2008



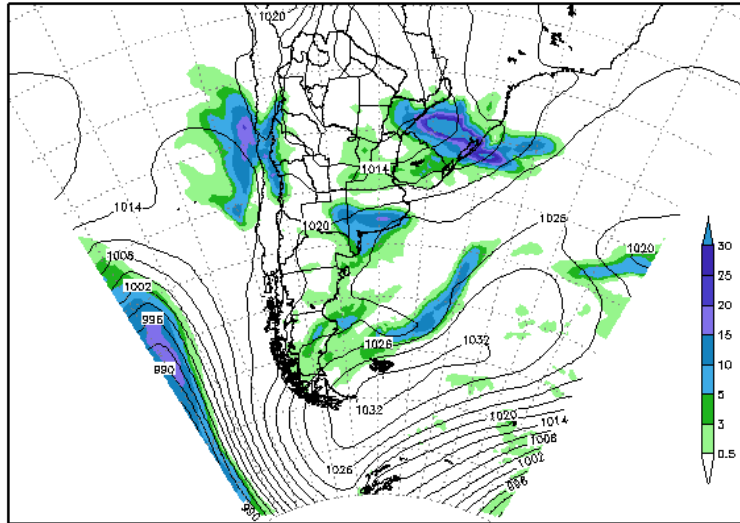
Precipitación acumulada en 24 horas - 00Z21JUN2008



# Precipitacion acumulada 1 a 4 días - 12Z18JUN2008

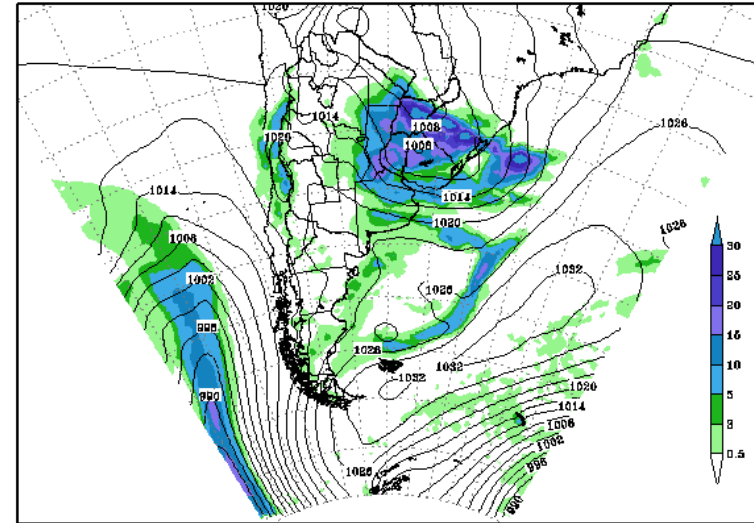


**SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL**  
**PRECIPITACION ACUMULADA CADA 12 HORAS (mm) - LUNES 12Z**



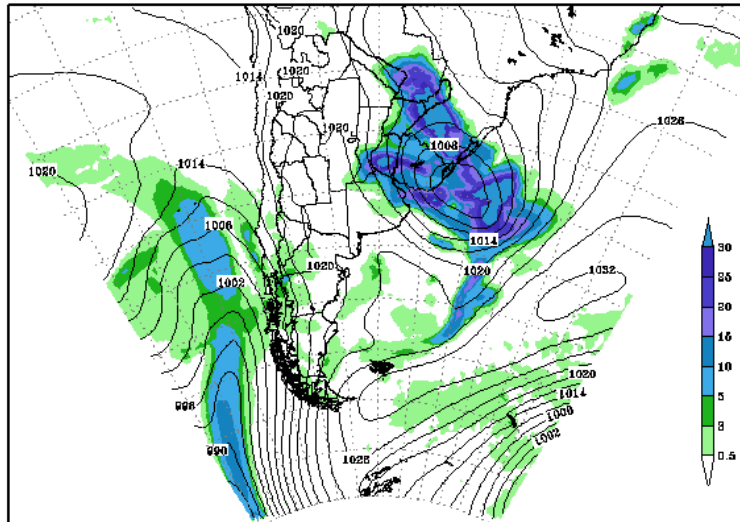
**LUNES 21/JUL/2008 12Z**      **PRONOSTICO A 12hs**

**SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL**  
**PRECIPITACION ACUMULADA CADA 12 HORAS (mm) - MARTES 00Z**



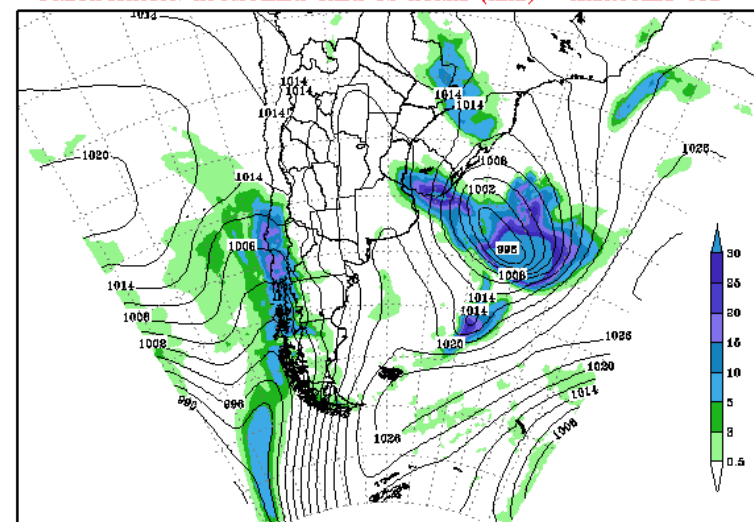
**MARTES 22/JUL/2008 00Z**      **PRONOSTICO A 24hs**

**SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL**  
**PRECIPITACION ACUMULADA CADA 12 HORAS (mm) - MARTES 12Z**



**MARTES 22/JUL/2008 12Z**      **PRONOSTICO A 36hs**






**SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL**  
**PRECIPITACION ACUMULADA CADA 12 HORAS (mm) - MIERCOLES 00Z**



**MIERCOLES 23/JUL/2008 00Z**      **PRONOSTICO A 48hs**



# Alerta diario (SSRH-AIC-UNSJ)

	La macro se ejecuta una vez por reporte, cada reporte, se actualiza en cada una de las hojas del libro por día, algunos reportes con fecha 25 por ejemplo traen datos del día 24, la macro guarda la fecha como corresponde.	    <p>Datos Provistos por:</p> 
	Permite la importacion de una planilla mas antigua	
	Pone todos los valores en blanco	

## Caudales instantáneos

Tabla de Datos	Gráfico	Tabla de Datos	Gráfico
<a href="#">Rahueco</a>	<a href="#">Link</a>	<a href="#">Resumen Caudal</a>	<a href="#">Link</a>
<a href="#">Bajada del Agrio</a>	<a href="#">Link</a>	<a href="#">Resumen Temp Maxima</a>	<a href="#">Link</a>
<a href="#">La Higuera</a>	<a href="#">Link</a>	<a href="#">Resumen Temp Minima</a>	<a href="#">Link</a>
<a href="#">Entrante a Portezuelo</a>	<a href="#">Link</a>	<a href="#">Resumen Prec Lluvia</a>	<a href="#">Link</a>
<a href="#">Rahue</a>	<a href="#">Link</a>	<a href="#">Resumen Prec Acum</a>	<a href="#">Link</a>
<a href="#">Huechahue</a>	<a href="#">Link</a>	<a href="#">Resumen EAN</a>	<a href="#">Link</a>
<a href="#">Puesto Collunco</a>	<a href="#">Link</a>	<a href="#">Obs Temp Max</a>	<a href="#">Link</a>
<a href="#">Pte. RN 234</a>	<a href="#">Link</a>	<a href="#">Obs Temp Min</a>	<a href="#">Link</a>
<a href="#">Puesto Córdoba</a>	<a href="#">Link</a>	<a href="#">Caudales Medios Derra</a>	<a href="#">Link</a>
<a href="#">Collón Curá (desembo)</a>	<a href="#">Link</a>	<a href="#">Obs Prec MM Acum</a>	<a href="#">Link</a>
<a href="#">Corralito</a>	<a href="#">Link</a>	<a href="#">Volumen Acum Derra</a>	<a href="#">Link</a>
<a href="#">Entrante Piedra Aguila</a>	<a href="#">Link</a>	<a href="#">Cotas Embalses</a>	<a href="#">Link</a>
<a href="#">Villa Llanquín</a>	<a href="#">Link</a>	<a href="#">Salientes</a>	<a href="#">Link</a>
<a href="#">Salmonicultura</a>	<a href="#">Link</a>		
<a href="#">La Cantera</a>	<a href="#">Link</a>		
<a href="#">Entrante a Alicurá</a>	<a href="#">Link</a>		

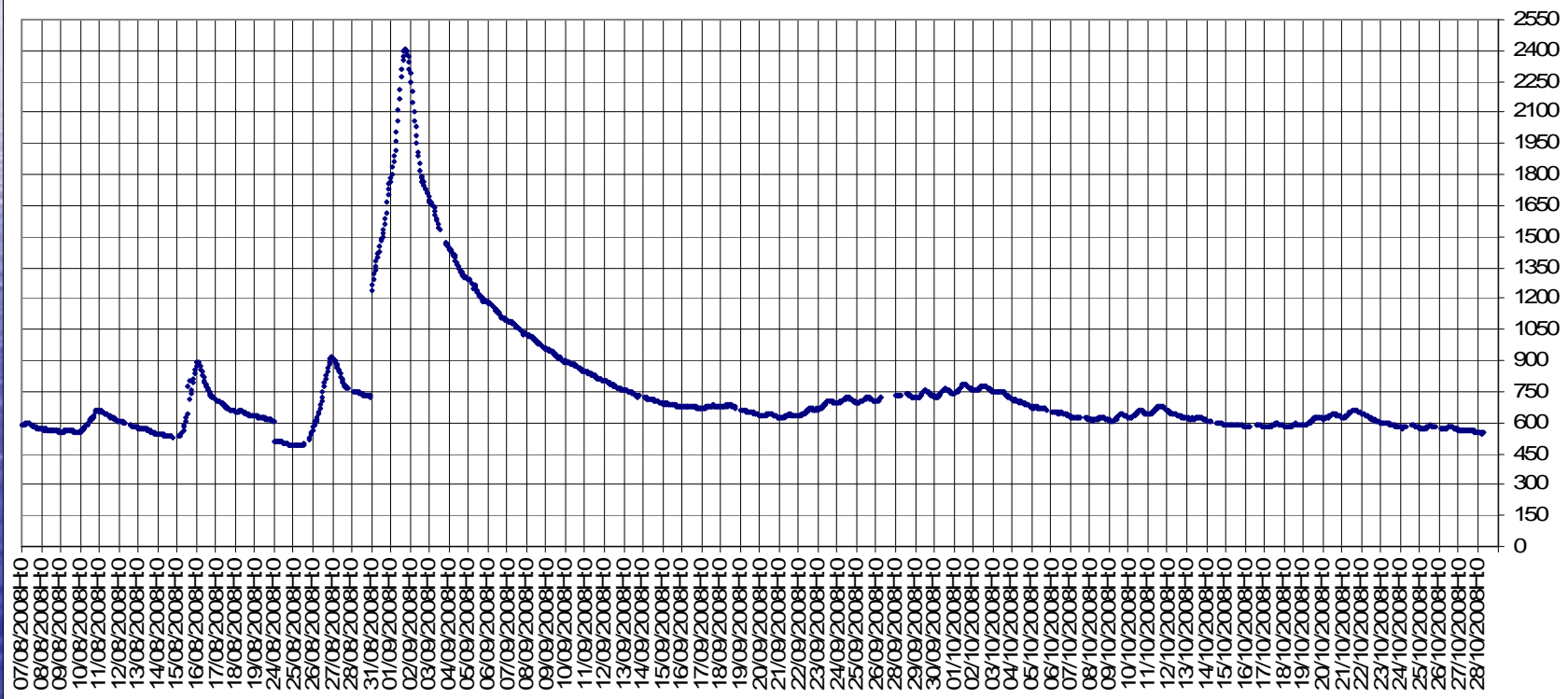
Ver Mapa





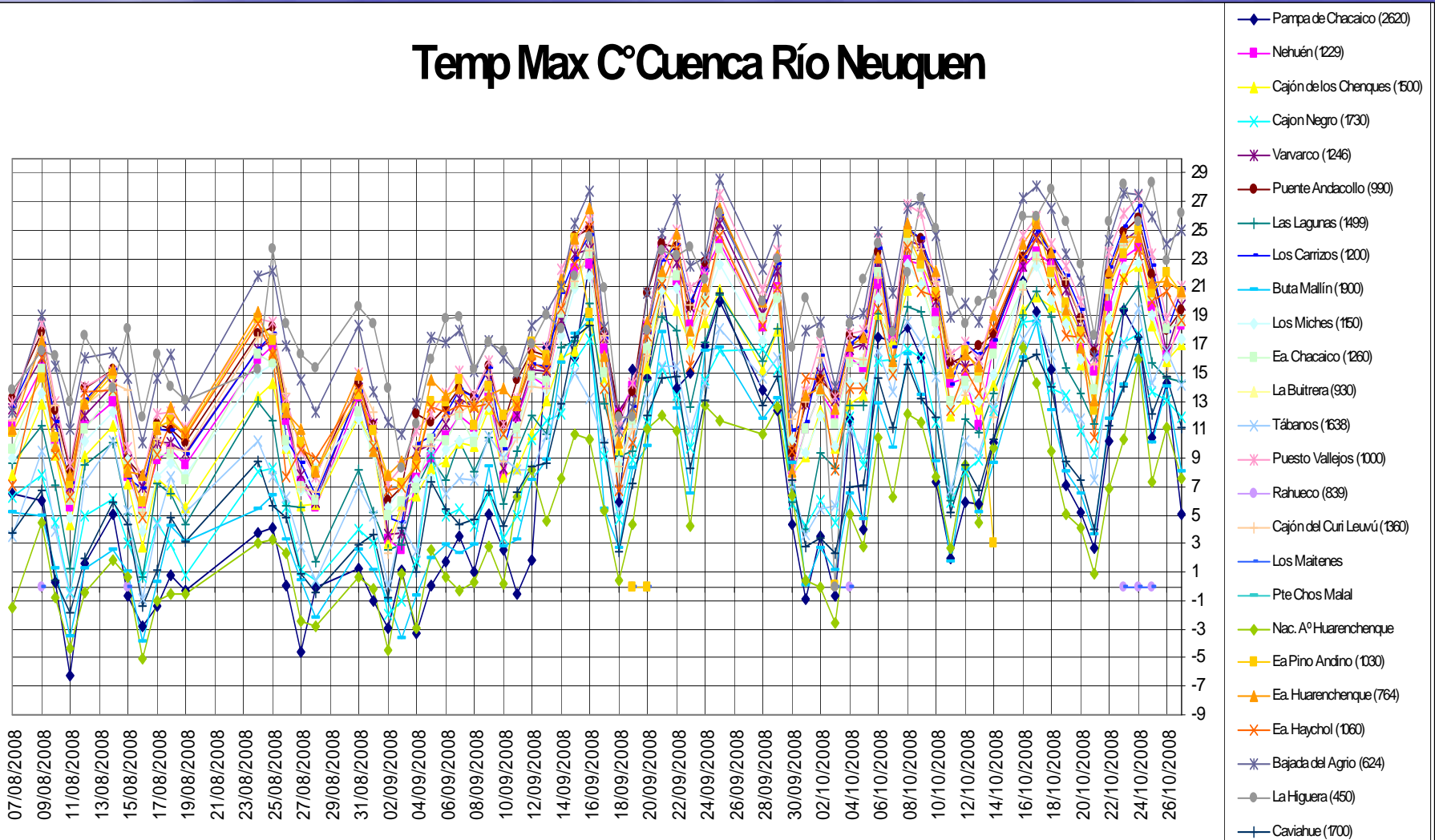
# Alerta diario 8hs/11hs/13hs AIC-SSRH

**Caudales instantáneos observados 8:00 AM (m<sup>3</sup>/s)**  
**Estación Collón Curá (desembocadura) Entrante a Piedra del Águila**



# Alerta diario Climático AIC-SSRH

## Temp Max C° Cuenca Río Neuquen



# PRECIP. [mm] Cuenca Río Neuquen

- Pampa de Chacaico (2620)
- Nehuén (1229)
- Cajón de los Chenques (1500)
- Cajón Negro (1730)

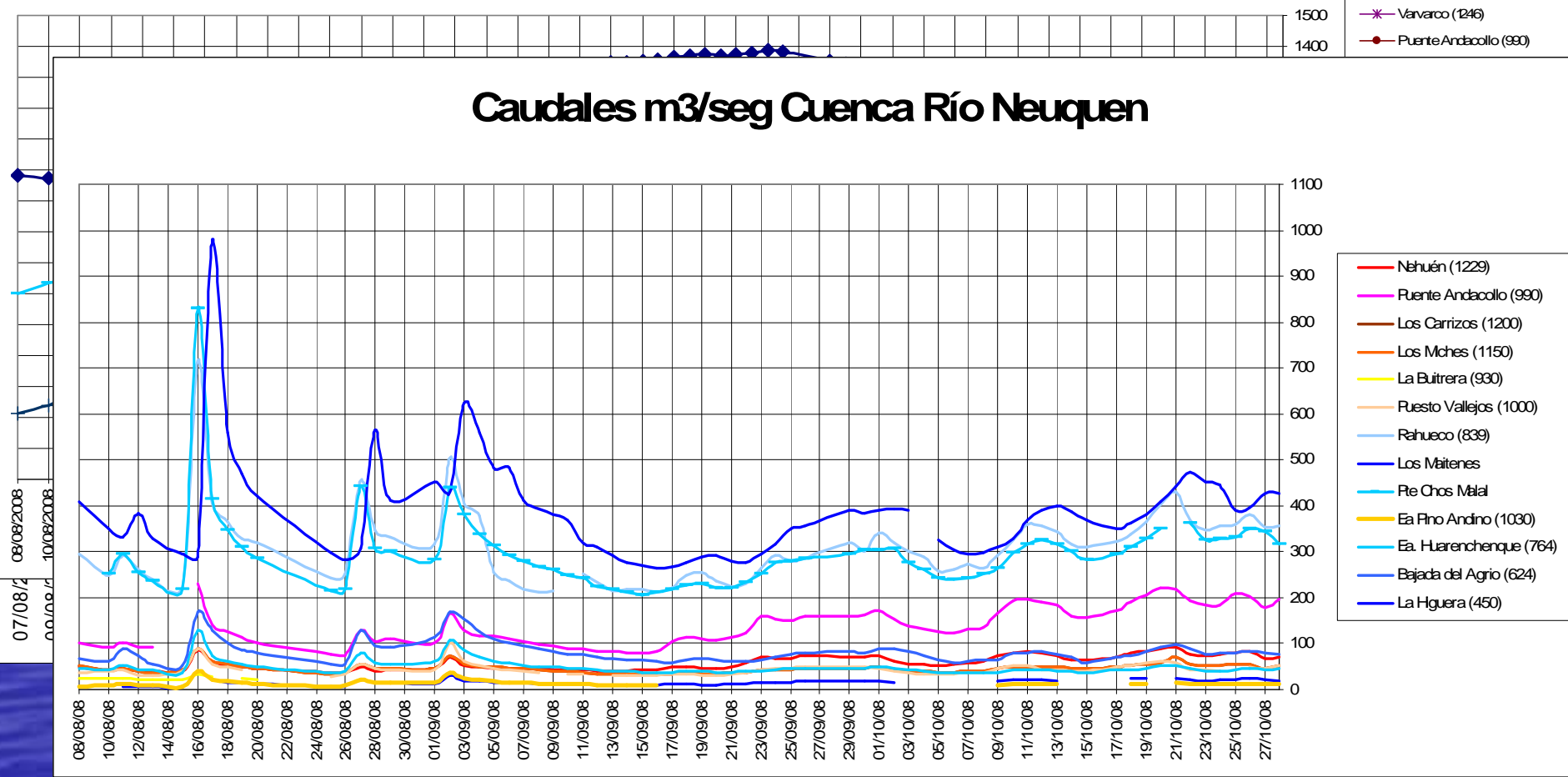
# Temp Max C° Cuenca Río Neuquen

- Pampa de Chacaico (2620)
- Nehuén (1229)
- Cajón de los Chenques (1500)
- Cajón Negro (1730)

# EAN [mm] - Cuenca Río Neuquen

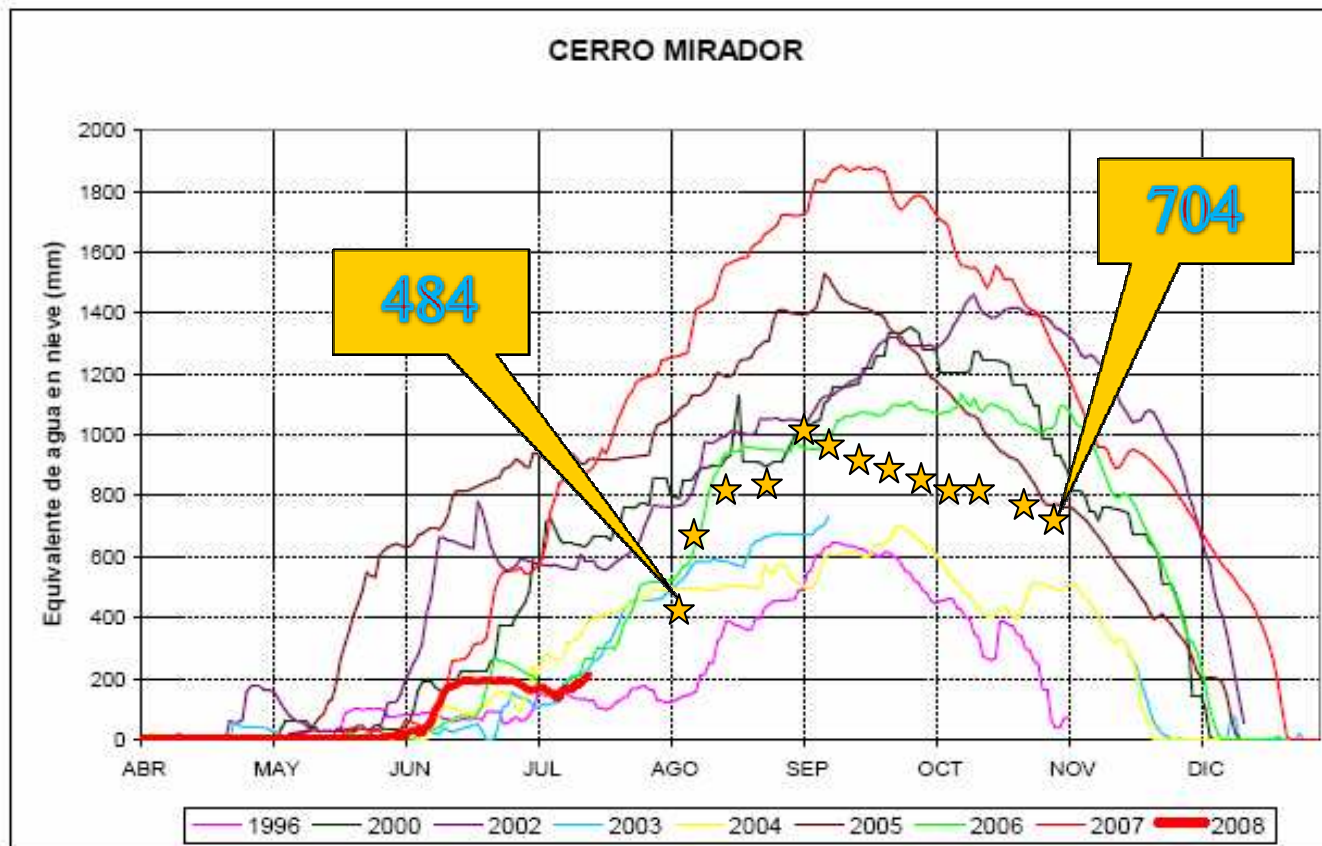
- Pampa de Chacaico (2620)
- Nehuén (1229)
- Cajón de los Chenques (1500)
- Cajón Negro (1730)
- Várvaro (1246)
- Puente Andacollo (990)

# Caudales m3/seg Cuenca Río Neuquen



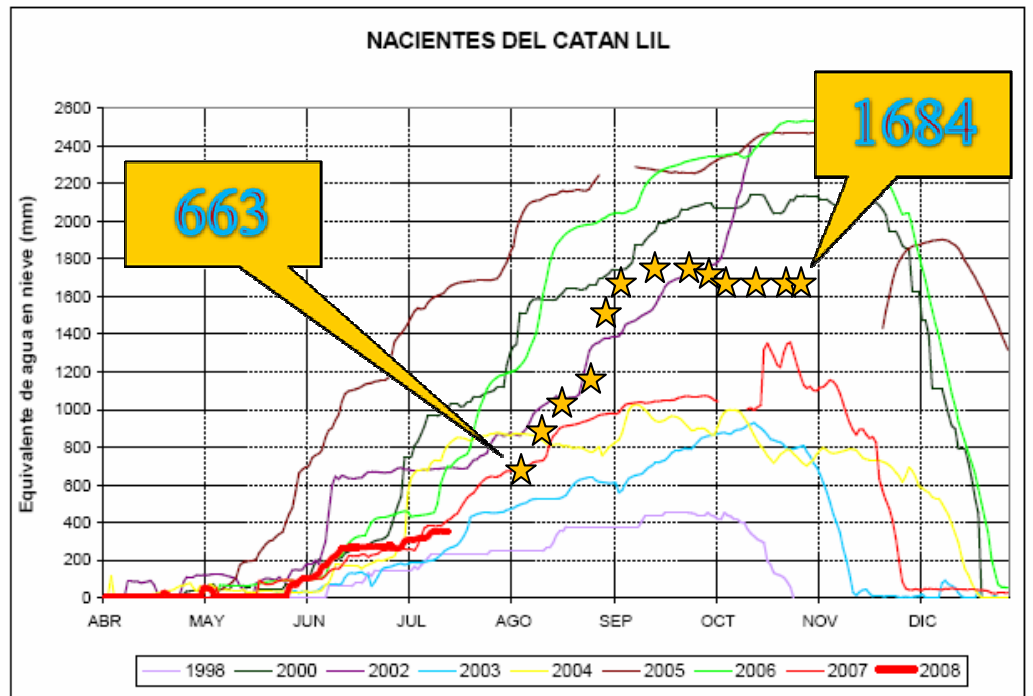
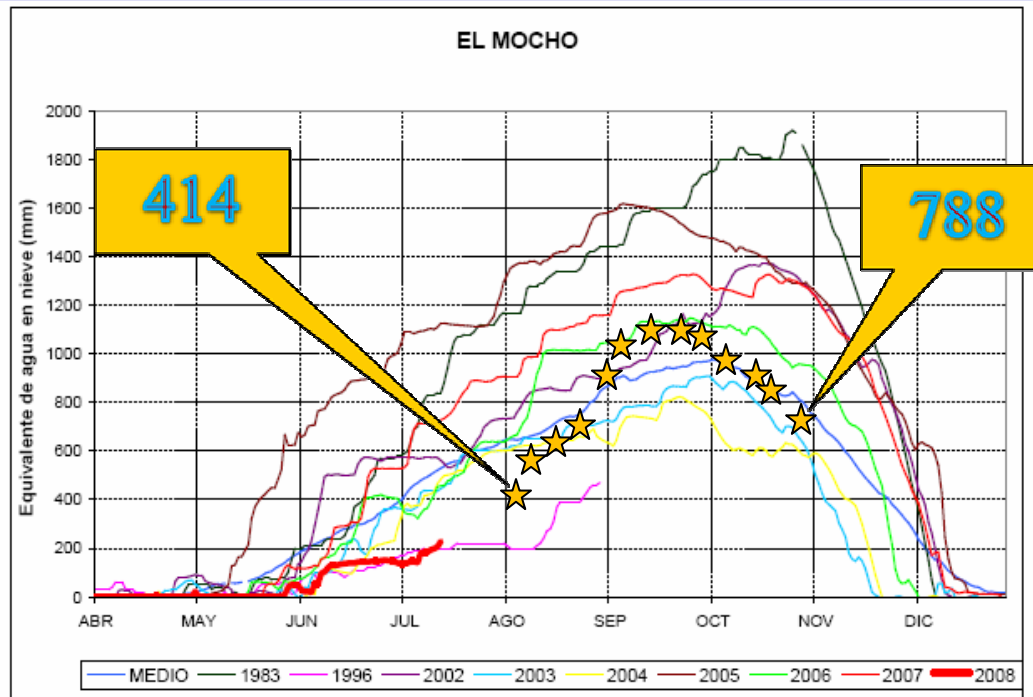
# Acumulación Nival Limay 04/08- 27/10

ESTACIONES NIVOMÉTRICAS POR TELEMEDICIÓN  
"Cuenca del Río Limay"

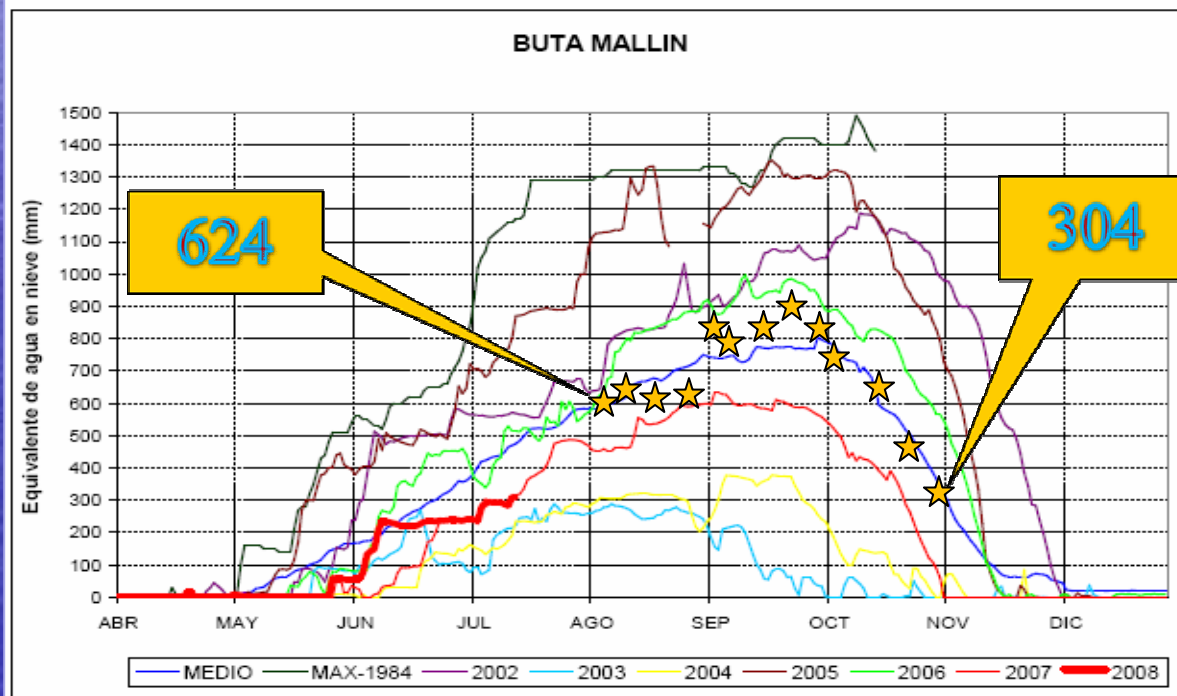
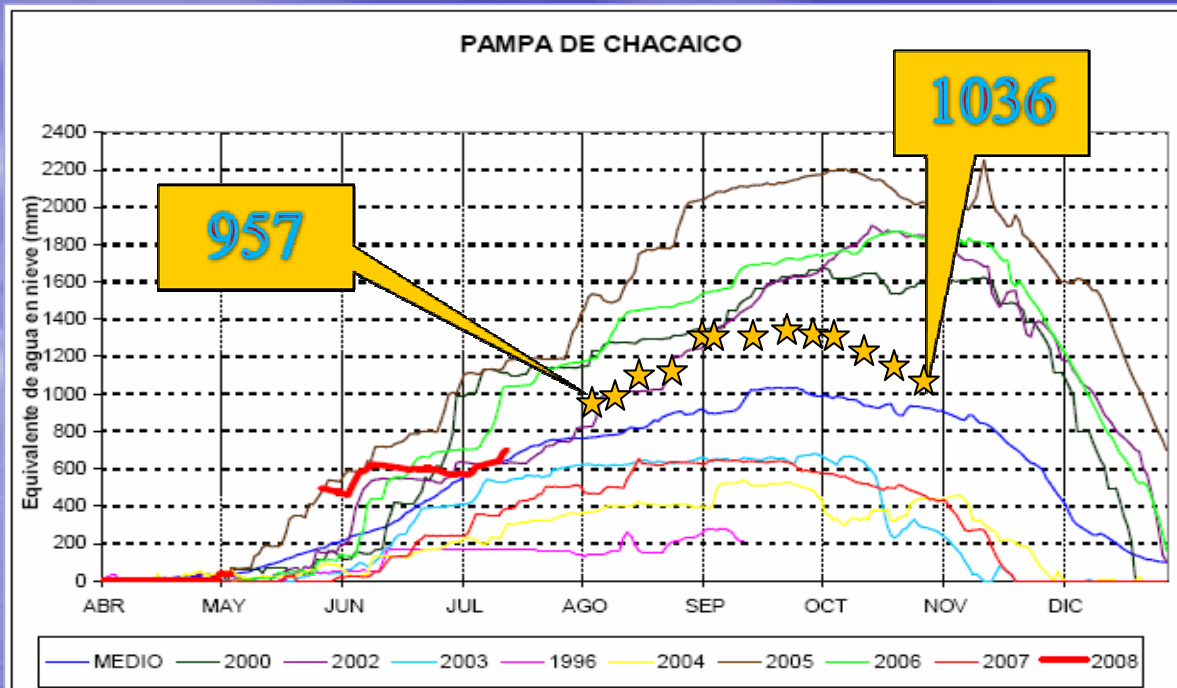




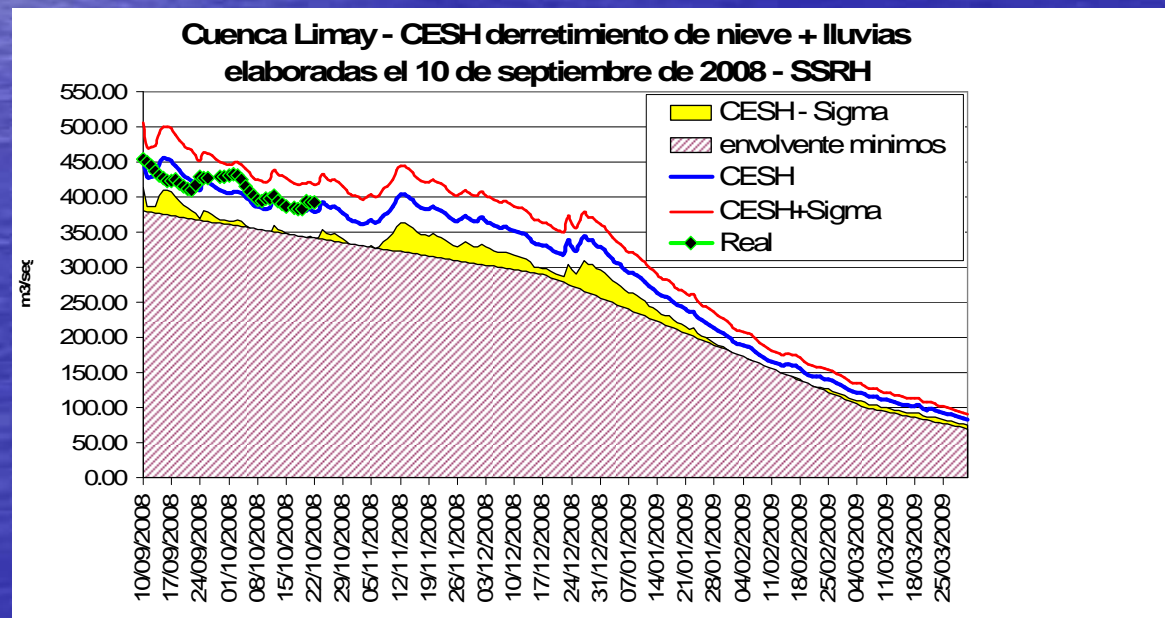
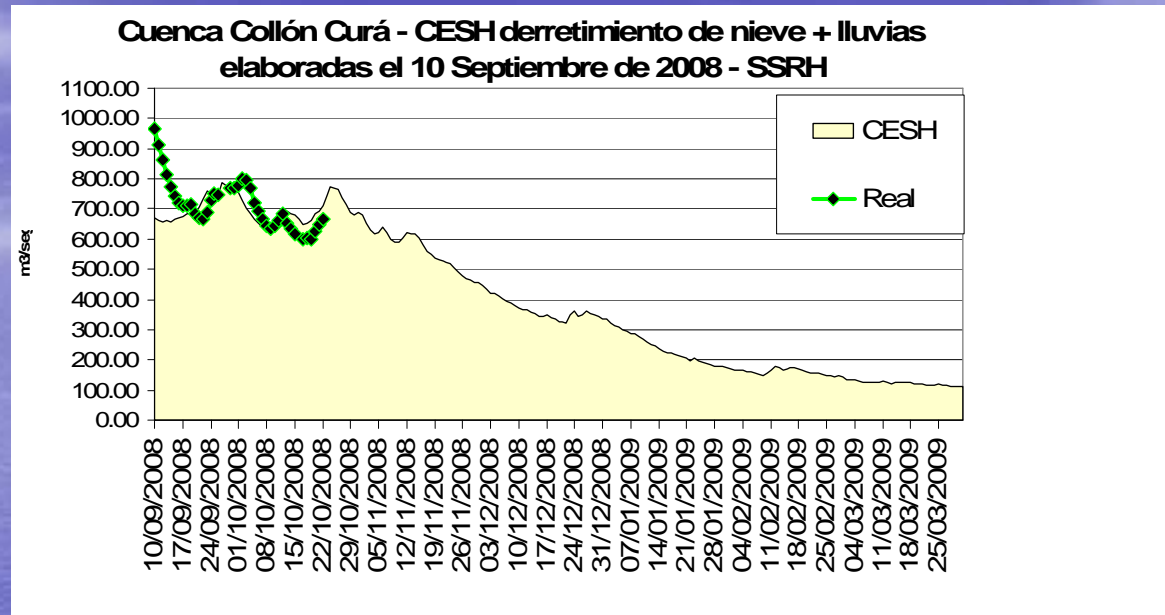
# Acumulación Nival C.Curá 04/08-27/10



# Acumulación Nival Neuquén 04/08-27/10



# Seguimiento de Pronósticos de caudales en el Comahue SSRH Curvas de Escorrimento por Semejanza Histórica CESH





# SARH

## •Características del Sistema

Ambiente de simulación continuo

Programación en lenguaje MODL-EXTEND

Generación de variables aleatorias (dif. Distrib. Prob)

Sistema Modular de tipo conexionista con Orientación a objetos

Optimización aleatoria robusta

Redes neuronales artificiales

Simulación de hidráulica de embalses, canales, ríos, evaporación, infiltración, transformación Lluvia-caudal, válvulas, compuertas, vertederos.

Simulaciones múltiples.

Horizonte de simulación sin límites fijado por el usuario

Interacción con Base de datos, Excel y sistemas SCADA

Alta performance en tiempos de cálculo



# SARH

# Sistema de Apoyo a la Gestión de los Recursos Hídricos

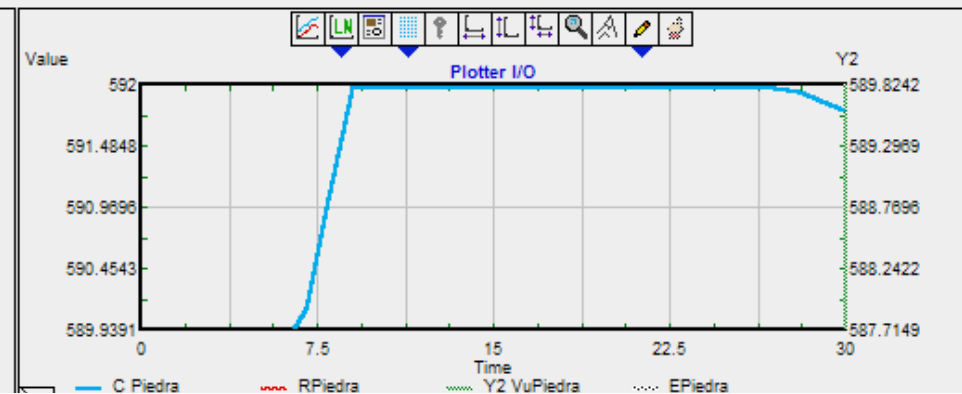
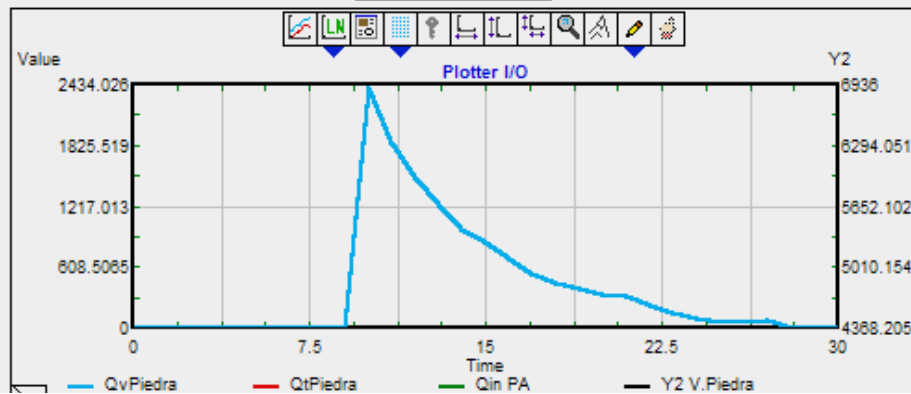
PIEDRA DEL AGUILA

Restricción Q salida Piedra del Aguila

Cota Inicio IN

Cota Final

589.13



CHOCON

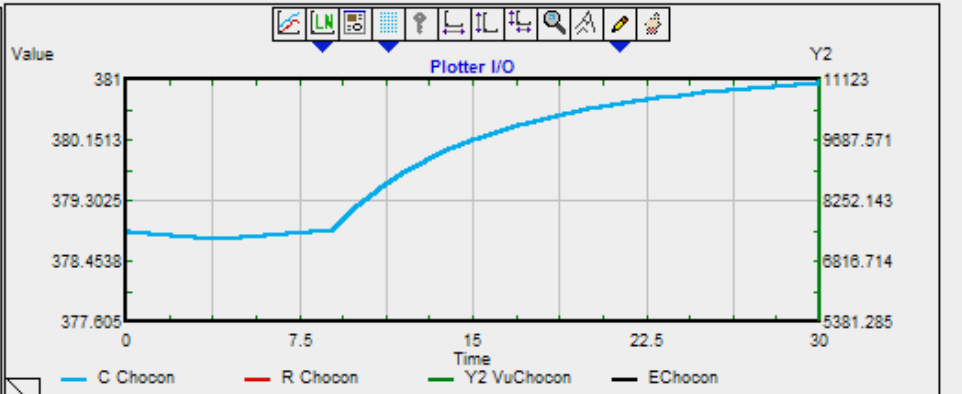
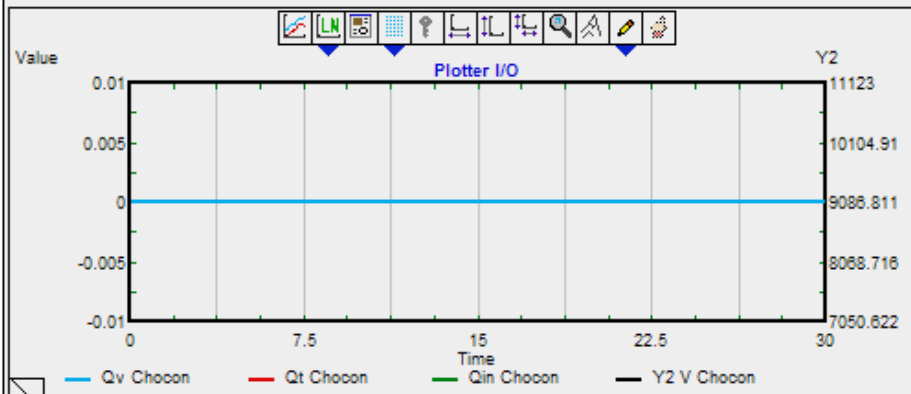
Restricción Q salida Chocon

Cota Inicio IN

Cota Final

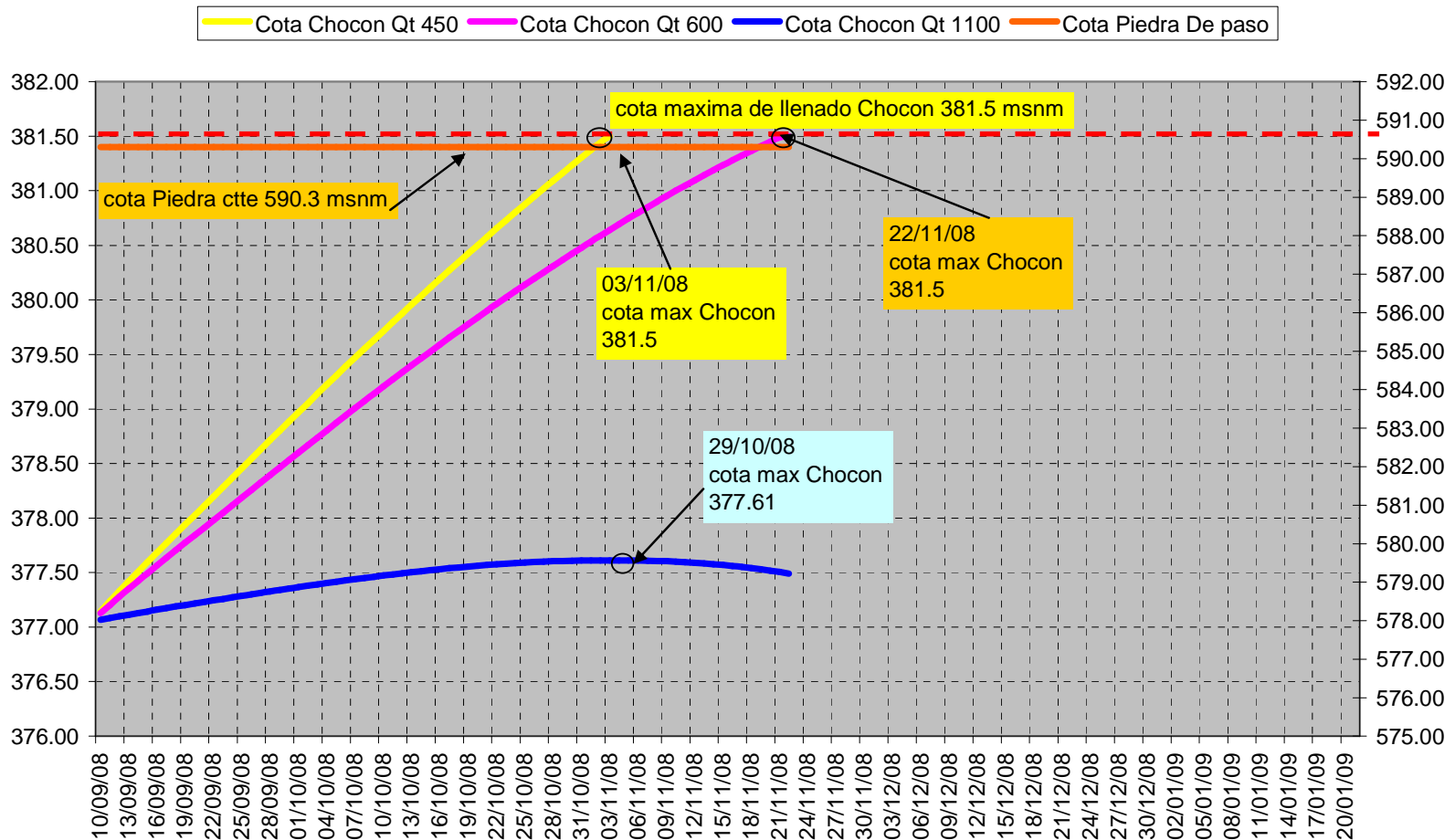
378.9

380.95



# Análisis Alternativas SARH

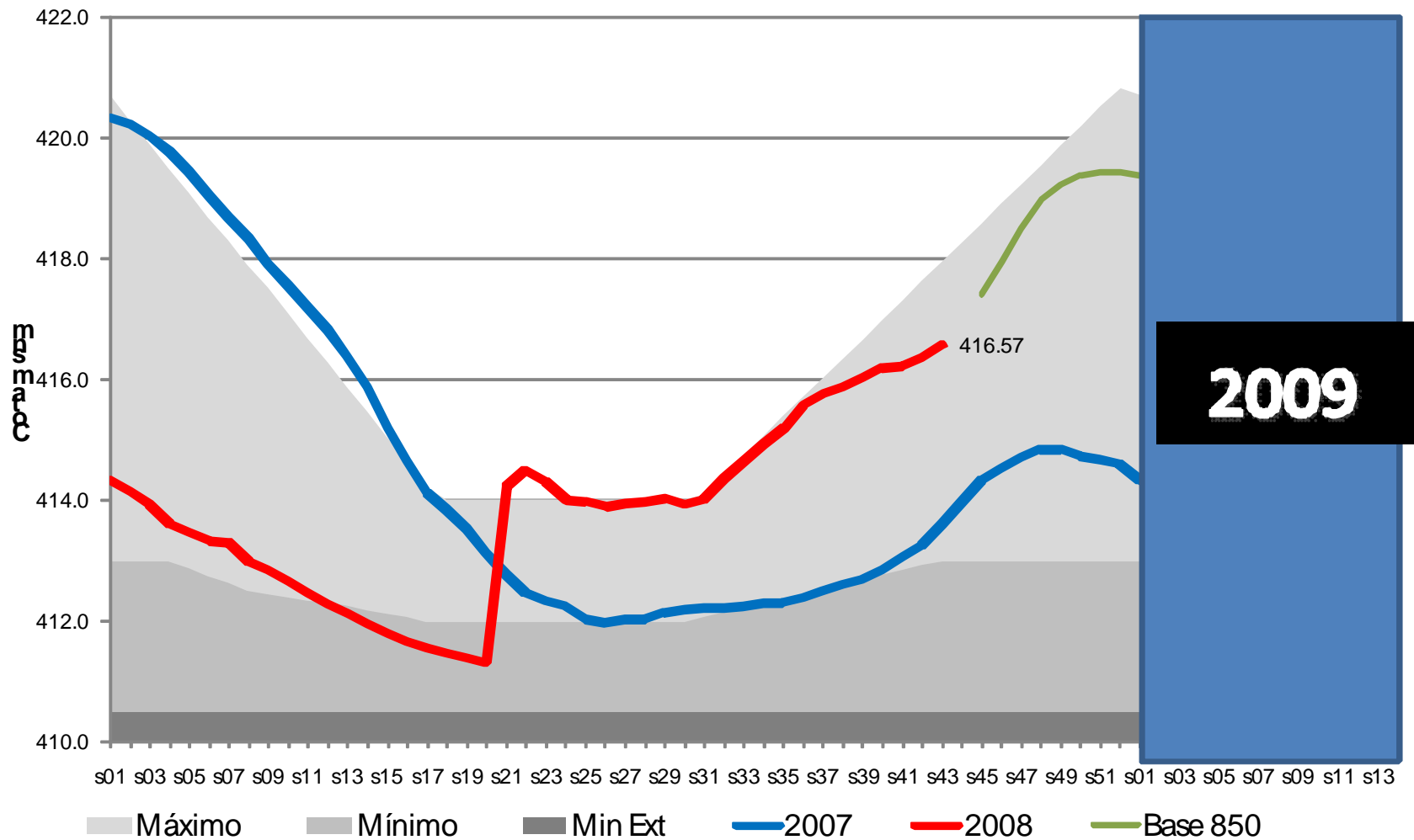
Qmedio solo Derretimiento de Nieves  
Qt Piedra = (de Paso)



# Evolución Cotas - Embalses



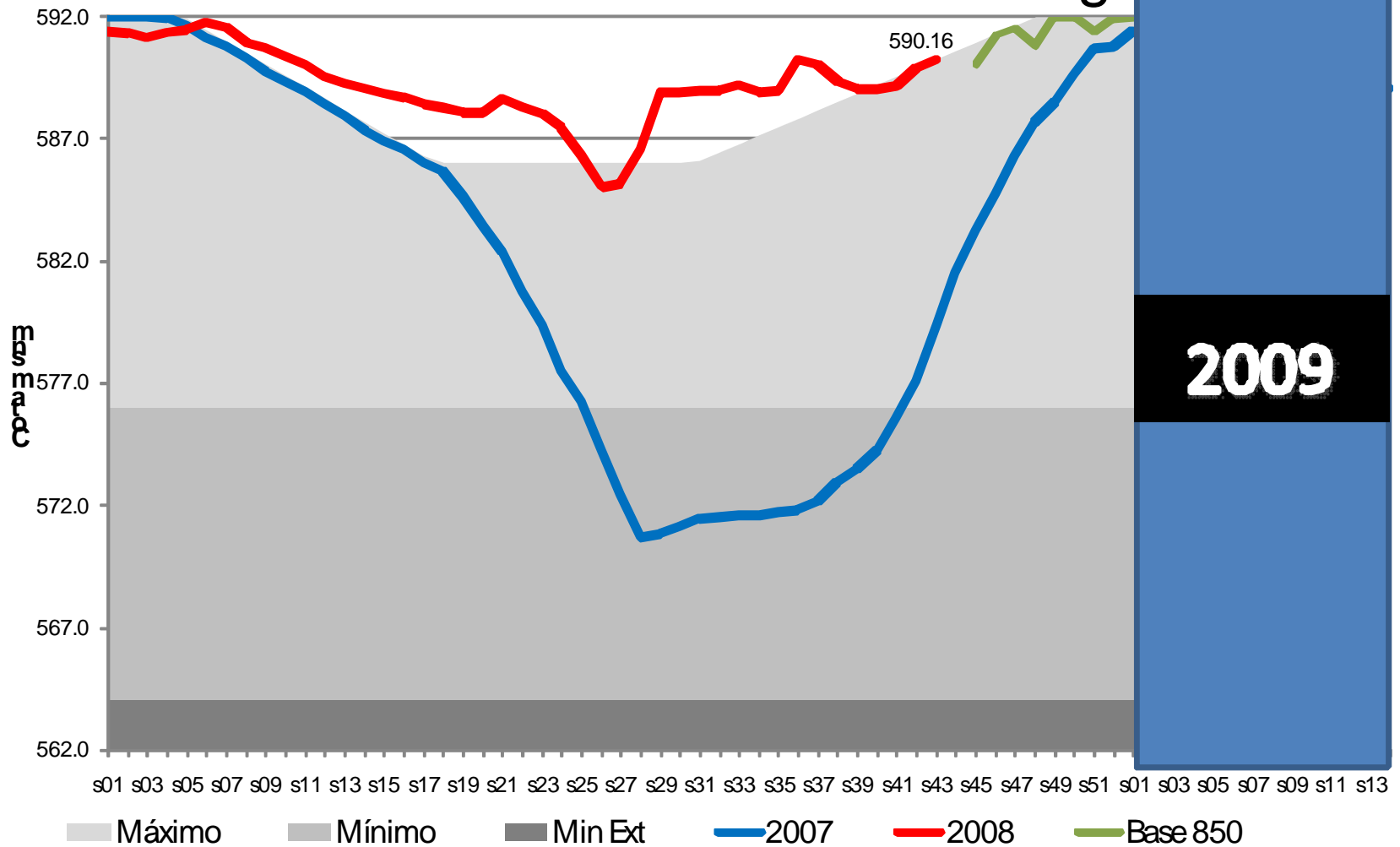
## Evolución Anual P.Banderita



# Evolución Cotas - Embalses



## Evolución Anual Piedra del Águila

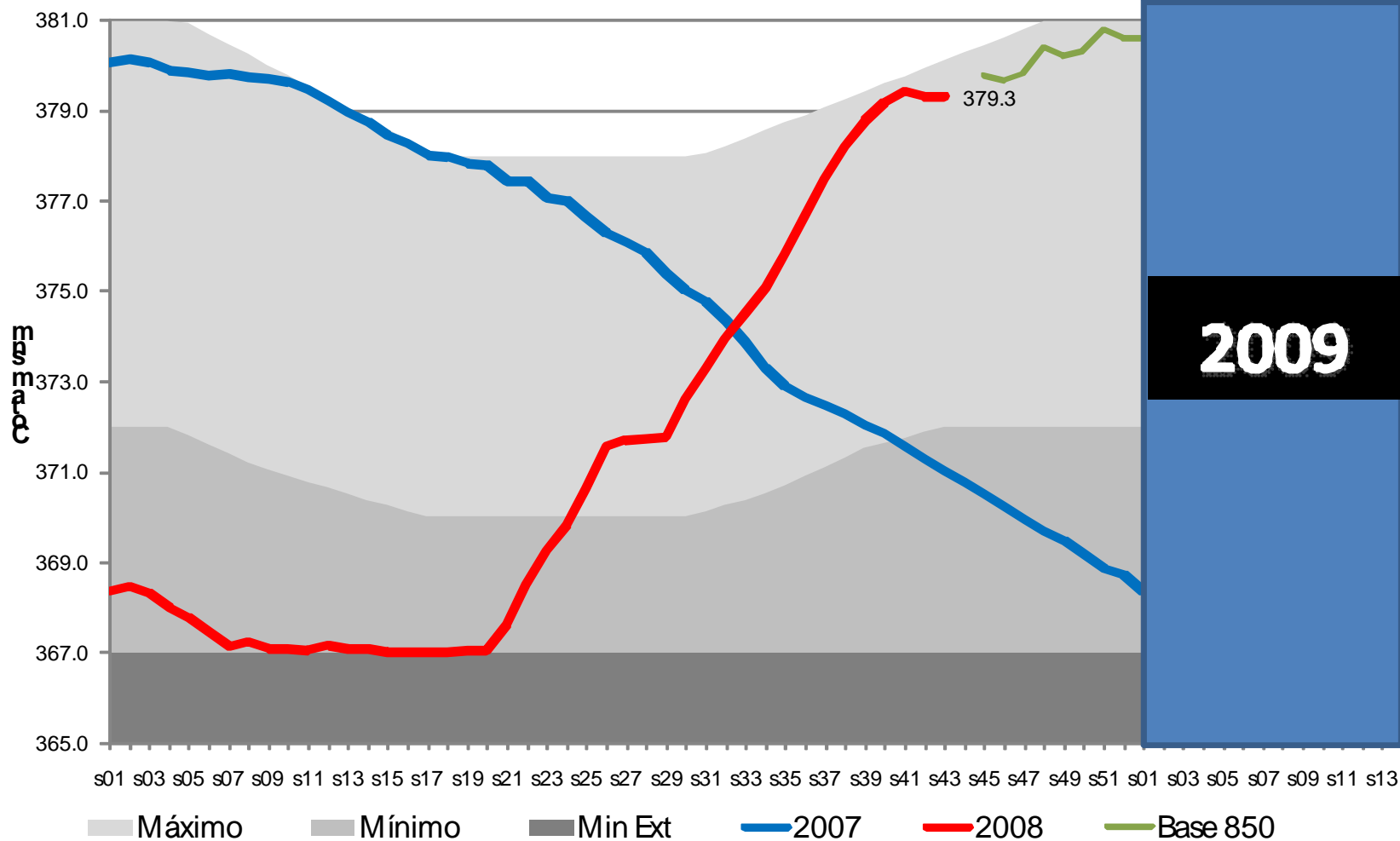




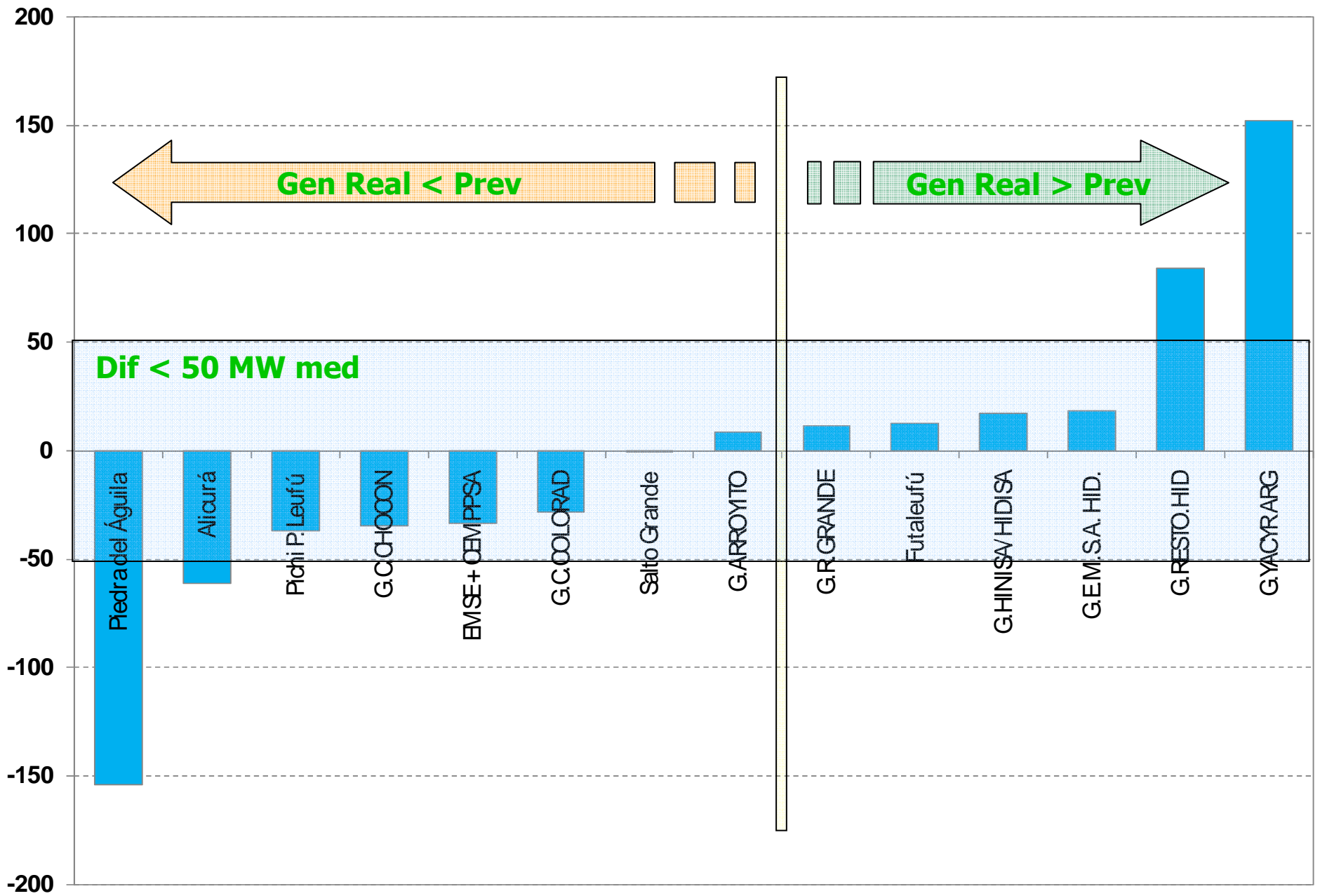
# Evolución Cotas - Embalses



## Evolución Anual $\Xi$ Chocón

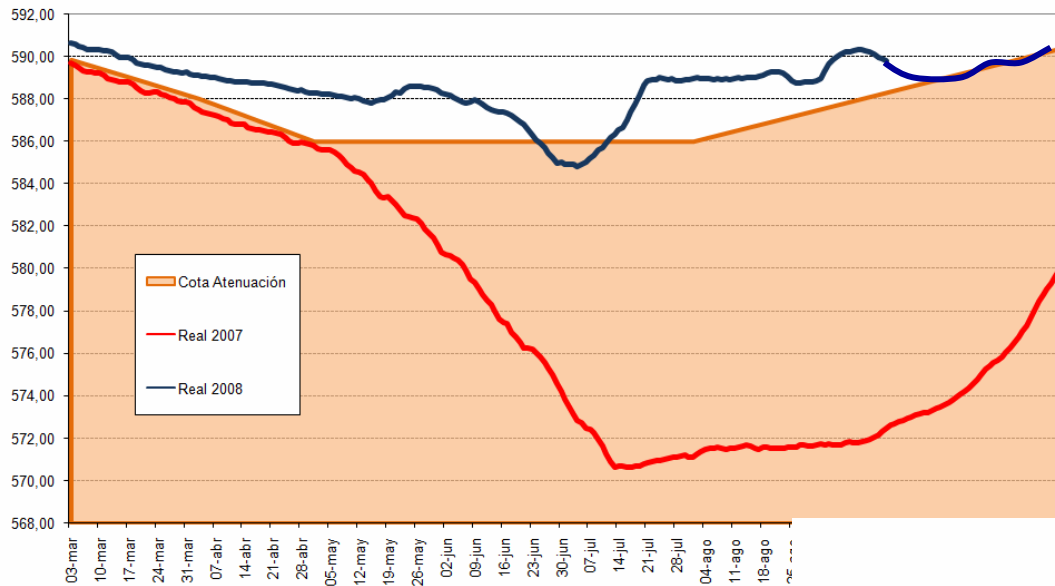


# Parque Hidro – Real – Prev – MW medios Semana 43



# Período marzo - octubre

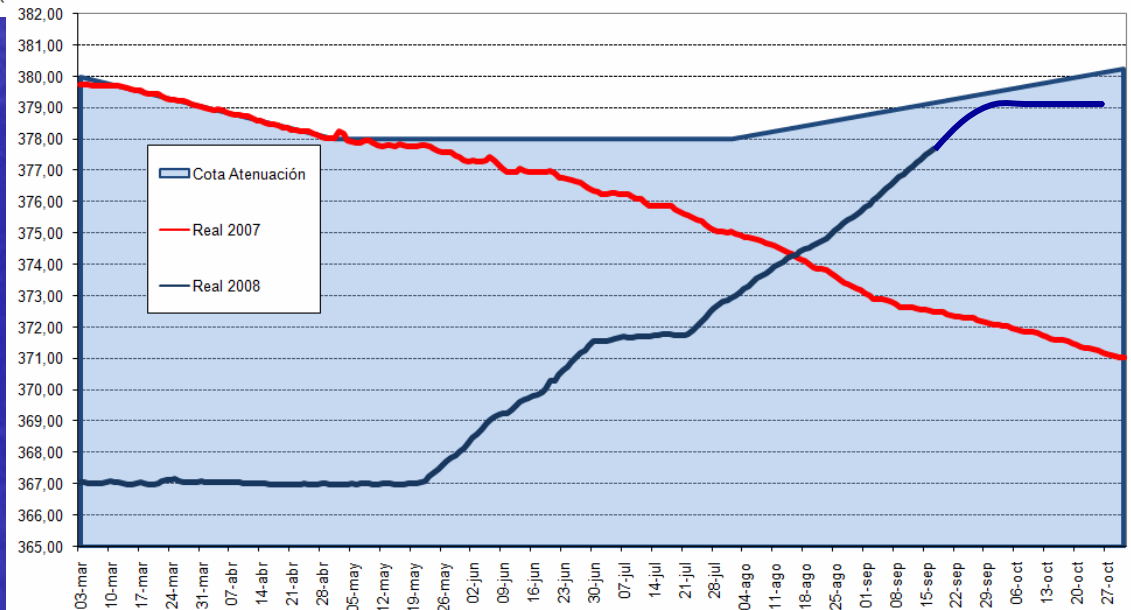
## Evolución Cota Piedra del Águila



Situación Piedra del Águila - Semana 37				
Parámetros		2007	2008	Dif.
Cota	msnm	572.16	589.82	17.66
Energía	GWh	268	1451	1183

- **1880** Hm3 Ahorro por restricción aguas abajo y cambio de política de optimización
- **6954** Hm3 Hidrología 2008/2007
- **8834** Hm3 diferencia con 2007

## Evolución Cota Chocón



## Situación Chocón - Semana 37

Parámetros		2007	2008	Dif.
Cota	msnm	372.47	377.68	5.21
Energía	GWh	421	938	517

# Indices de Evaluación de Fallo

**Fallo** : Situación de no satisfacción en el uso del agua

*Ocurrencia, frecuencia o probabilidad de fallo:*

$$\text{Ocurrencia de Fallo (\%)} = \frac{\text{Numero de períodos con Fallo}}{\text{Numero total de períodos}} \times 100$$

*Vulnerabilidad o severidad del fallo:*

$$\text{Vulnerabilidad} = \frac{\text{Máximo valor de fallo ocurrido}}{\text{Numero total de períodos estudiados}}$$

*Resilencia (capacidad de recuperación al fallo):*

$$\text{Resilencia} = 1 - P(\text{Fallo/Mantiene Fallo})$$



## *Función Objetivo Dinámica*

$$M.E.G.S. = \sum_{i=1}^N b(i) * \sum_{j=1}^P \frac{p(i, j) * I(i, j)}{\text{Im } ax(i, j)}$$

Donde:

N= número de propósitos del aprovechamiento

P= Número de Indices de Fallo incluidos en el estudio

i = tipo de propósito del sistema: 1)Riego; 2)Hidroenergía; 3) Control de Crecidas; 4) Control de Anegamiento; 5) Recreación.

j = tipo de Índice de Fallo: 1) Ocurrencia de Fallo; 2) Resiliencia; 3) Vulnerabilidad

b(i)= importancia relativa asignada a cada propósito (i) por el usuario.

p(i,j) = importancia relativa (peso) asignado por el usuario al Índice de Fallo (j) del propósito (i)

I(i,j) = Valor del Índice de Fallo (j) del propósito (i)

Imax(i,j) = Valor máximo (alcanzado en las 3,500 simulaciones) del Índice de Fallo(j) del propósito (i)

# Análisis de aversión al Riesgo

- Incertidumbre (aleatoriedad hidrología, climática, mercado, indisponibilidades)
- Período de observación (semanal, estacional, anual, plurianual)
- Condiciones de borde (niveles de embalses nacionales, internacionales)
- Instancia (económica, social, política)
- Resultados esperados (Cub. Demanda Max. Energía Potencial)
- Curvas de preferencia-indiferencia (media-desvío standard)



Ministerio de Planificación  
Federal, Inversión Pública  
y Servicios  
Secretaría de Obras Públicas



**Subsecretaría de Recursos Hídricos**



**MUCHAS GRACIAS !!**