

El CEAZA tiene como misión promover el desarrollo científico-tecnológico de la Región de Coquimbo, a través de la comprensión de los efectos de las oscilaciones Océano/atmósfera sobre el ciclo hidrológico y la productividad biológica en zonas áridas y marinas de la región. En el cumplimiento de dicho objetivo se distribuye el presente informe mensual orientado como una herramienta de apoyo a la toma de decisión, destinado a los principales organismos a cargo de la planificación estratégica, desarrollo y a los diversos sectores productivos con el objetivo de proveerles de un diagnóstico y pronóstico oportuno que sintetiza los principales eventos atmosféricos, oceanográficos e hidrológicos en la región de Coquimbo.

La información se presenta por provincia y considera el estado actual y proyección de:

- ENOS (El Niño - Oscilación del Sur)
- Variabilidad climática
- Caudales de los ríos Elqui, Limarí y Choapa
- Los principales embalses de la región.

En adición al diagnóstico y proyección anterior se acompañan herramientas y análisis de utilidad a los sectores agrícola y acuícola.

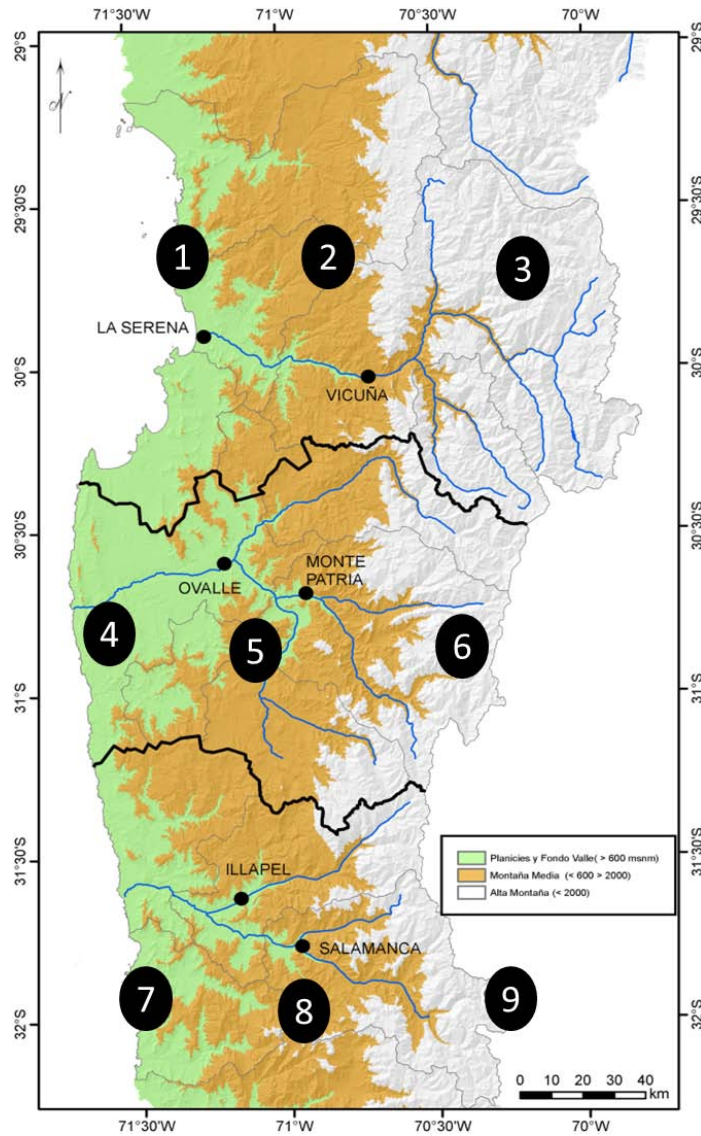
Este informe se genera en el marco de la ejecución del proyecto con Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC), llamado “Implementación de una Red de Monitoreo Meteorológico como herramienta de apoyo a la toma de decisiones en el ámbito agrícola y acuícola de la región de Coquimbo” y es financiado por el Gobierno Regional de Coquimbo.

## División territorial

La región de Coquimbo se caracteriza por tener una topografía muy compleja con accidentes geográficos tan prominentes que generan meso climas a lo largo y ancho de la región. Esta compleja geografía incide en el comportamiento de las variables atmosféricas y oceanográficas en la línea de costa (vientos, temperatura, presión atmosférica, precipitaciones, radiación solar, etc.), al mismo tiempo, la región se encuentra en una “zona de transición climática”, todo lo anterior hace necesario generar un análisis climático sectorizado que permita describir de mejor forma las variables atmosféricas y oceanográficas de interés. De tal manera, se propone una división regional de 9 sectores (ver mapa) , basada en los siguientes criterios:

- i. **Límite provincial:**Esta división política y administrativa de base se considera de utilidad pensando en la toma de decisiones y acciones civiles, al mismo tiempo, esta división latitudinal coincide con el patrón de transición climática y la ubicación de las tres principales cuencas regionales (Elqui, Limarí y Choapa) las que son alimentadas por sus respectivos tributarios y contienen cada una los tres principales embalses de la región.
- i. **Altitud:**La altitud juega un rol fundamental en la propuesta de división, esto debido a que la región de Coquimbo está gobernada por la acción del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur-oriental y asociada a él la Vaguada Costera, la corriente de Humboldt y el efecto de la Cordillera de los Andes, estos sistemas definen en sentido oeste-este tres subtipos climáticos acotados en altitud:
  - Clima de estepa con nubosidad abundante, bajo los 600 metros sobre el nivel del mar (msnm).
  - Clima de estepa templado marginal, entre 600 - 2000 msnm. Donde la influencia oceanica tiende a desaparecer.
  - Clima de estepa fría de montaña, sobre los 2000 msnm.

De esa forma, en el mapa se presentan los 9 segmentos que serán la base para la generación del presente boletín, el cual se fundamentará en sus proyecciones de manera coherente con las divisiones propuestas de manera tal de precisar fuertemente en un diagnóstico y pronóstico certero.



**Mapa:** Muestra los 9 sectores (números del 1 al 9) generados por la división provincial y la altitud. El color verde representa la zona de influencia marítima hasta los 600 msnm; el color anaranjado representa la segunda macro zona (intermedia) desde los 600 msnm hasta los 2000; el tercer sector (sobre los 2000 msnm), de color grisáceo, representa la alta montaña

## RESUMEN EJECUTIVO

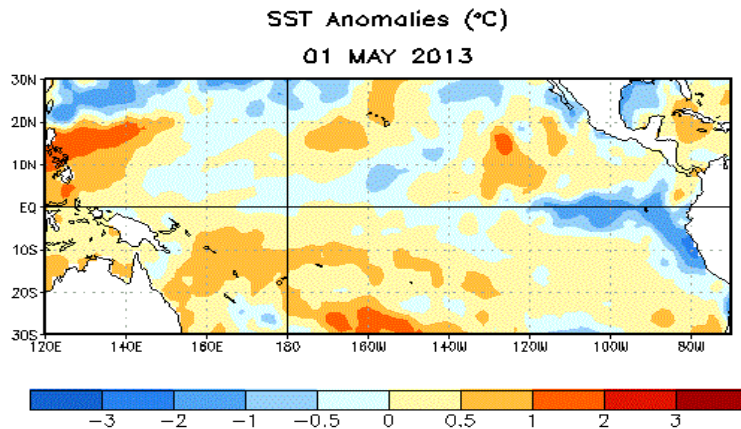
El estado de El Niño - Oscilación del Sur (ENOS), nos entrega una visión amplia del comportamiento actual de las variables atmosféricas (diagnóstico) junto con su evolución y proyección en el tiempo (pronóstico). En este contexto, la evaluación de las principales variables atmosféricas (precipitaciones, temperatura, presión atmosférica, viento, etc.) indican que han mantenido un comportamiento normal para el periodo de otoño en relación a su climatología. Así mismo, se espera que tales condiciones se mantengan durante los próximos meses.

Finalmente, las condiciones actuales proyectan que el cambio de estación de otoño a invierno se mantendrá dentro de los parámetros normales (ver proyección ENOS y conclusiones). Así, todo indica que el estado actual de sequía continuará los próximos meses manteniéndose los niveles críticos en embalses, acuíferos y caudales.

- **Proyección de ENOS**

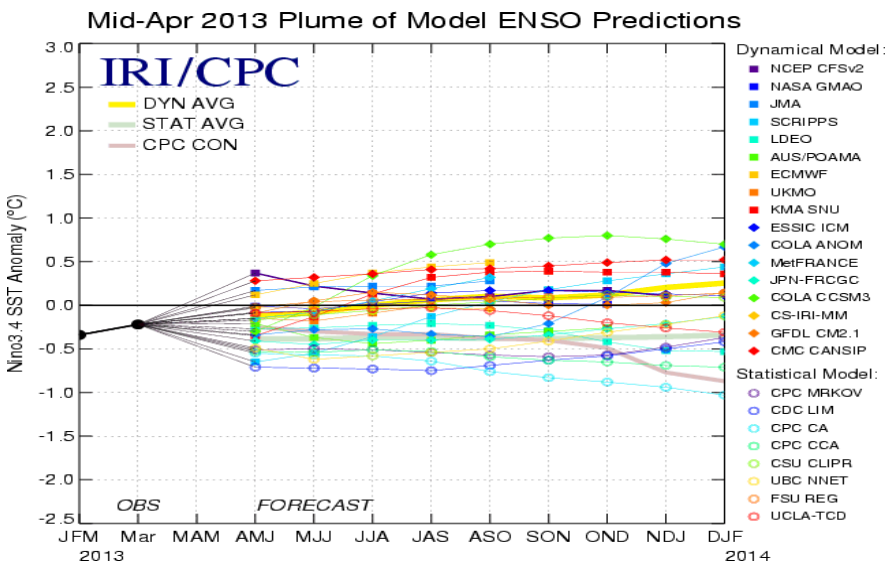
Durante el mes de abril de 2013 ENOS continuó mostrando parámetros que definen una condición neutra con temperaturas en la superficie del mar (TSM) cerca del promedio.

Actualmente las anomalías de la TSM en el Ecuador, muestran anomalías negativas cercanas a los  $-0.2^{\circ}\text{C}$ , lo que está asociado a condiciones frías de La Niña, pero que se mantienen dentro del umbral de lo que es considerado fase neutra, ver Figura 1.



**Figura 1.** Anomalías ( $^{\circ}\text{C}$ ) promedio de TSM para la primera semana de mayo 2013. Las anomalías son calculadas respecto al periodo base 1981-2010 de promedios semanales de TSM(fuente: IRI/CPC)

La mayoría de los modelos, ver Figura 2, predicen que las condiciones de fase neutra se van a mantener durante el presente trimestre mayo-junio-julio, dichas condiciones generan un consenso por parte de IRI/CPC para proyectar que las condiciones actuales se prevén en un mayor porcentaje a mantenerse de esa forma, ver Tabla 1, es decir, las condiciones para el próximo trimestre sugieren que los parámetros se mantendrán neutros con sobre un 73% de probabilidades de ocurrencia.



Trimestre	La Niña	Neutral	El Niño
MAM 2013	09%	89%	02%
AMJ 2013	12%	84%	04%
<b>MJJ 2013</b>	<b>17%</b>	<b>73%</b>	<b>10%</b>
JJA 2013	20%	62%	16%
JAS 2013	24%	60%	19%
ASO 2013	26%	52%	22%
SON 2013	30%	45%	25%
OND 2013	32%	42%	26%
NDJ 2013	34%	37%	29%

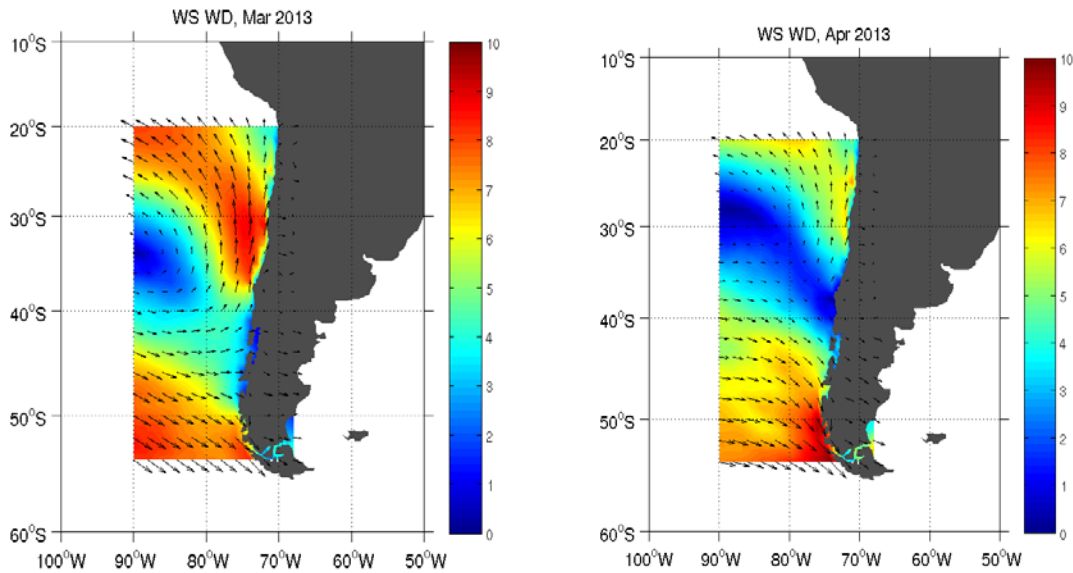
**Figura 2.** Pronóstico ENOS de modelos dinámicos y estadísticos elaborado a fines de marzo e inicios de abril (fuente: IRI/CPC)

**Tabla 1.** Probabilidades trimestrales ENOS (fuente: IRI/CPC)

En resumen, las condiciones actuales de neutralidad ENOS en el Pacífico Ecuatorial se mantendrán para el presente trimestre mayo-junio-julio e inicios del invierno 2013, esperándose precipitaciones para dicho periodo bajo el promedio normal histórico para la región de Coquimbo.

- **Diagnóstico de la variabilidad climática**

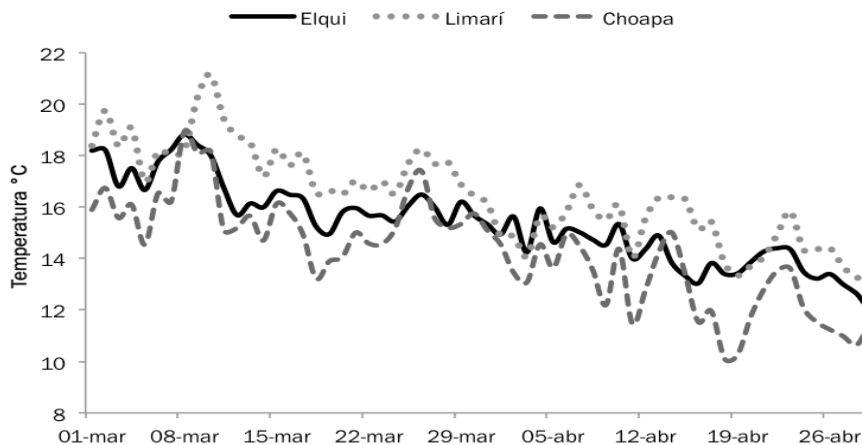
La condición sinóptica de los flujos, ver Figura 3, se observó dentro de los valores normales con clara evidencia del cambio de estación al disminuir la intensidad de los vientos asociados al anticiclón del pacífico. En la figura 3 también se observa que durante el mes de marzo el régimen predominante fueron los vientos del sur, asociados a condición típica estival. Para el mes de abril se registró que la intensidad en general del viento disminuyó, lo que es un claro indicio de la llegada del otoño.



**Figura 3.** Velocidad y dirección de los flujos de viento(m/s) promedio predominantes en marzo (izquierda) y abril (derecha) , datos reanálisis NCEP FNL.

### Variabilidad Térmica

La temperatura en la región, Figura 5, ha evolucionado normalmente conforme el cambio de estación: durante la primera mitad de marzo, las temperaturas, en promedio, aún se acercan a valores característicos de la temporada estival; durante el mes de abril, comienza a hacerse más evidente el descenso de la temperatura con los días, lo que es normal para la temporada. De las tres provincias, la que se presenta con valores más elevados es la provincia de Limarí, y la que muestra oscilaciones con valores más bajos es la provincia de Choapa, ver Figura 4.



**Figura 4.** Promedios de Temperaturas superficiales diarias en la temporada marzo - abril 2013 obtenidos a partir de estaciones CEZAMET



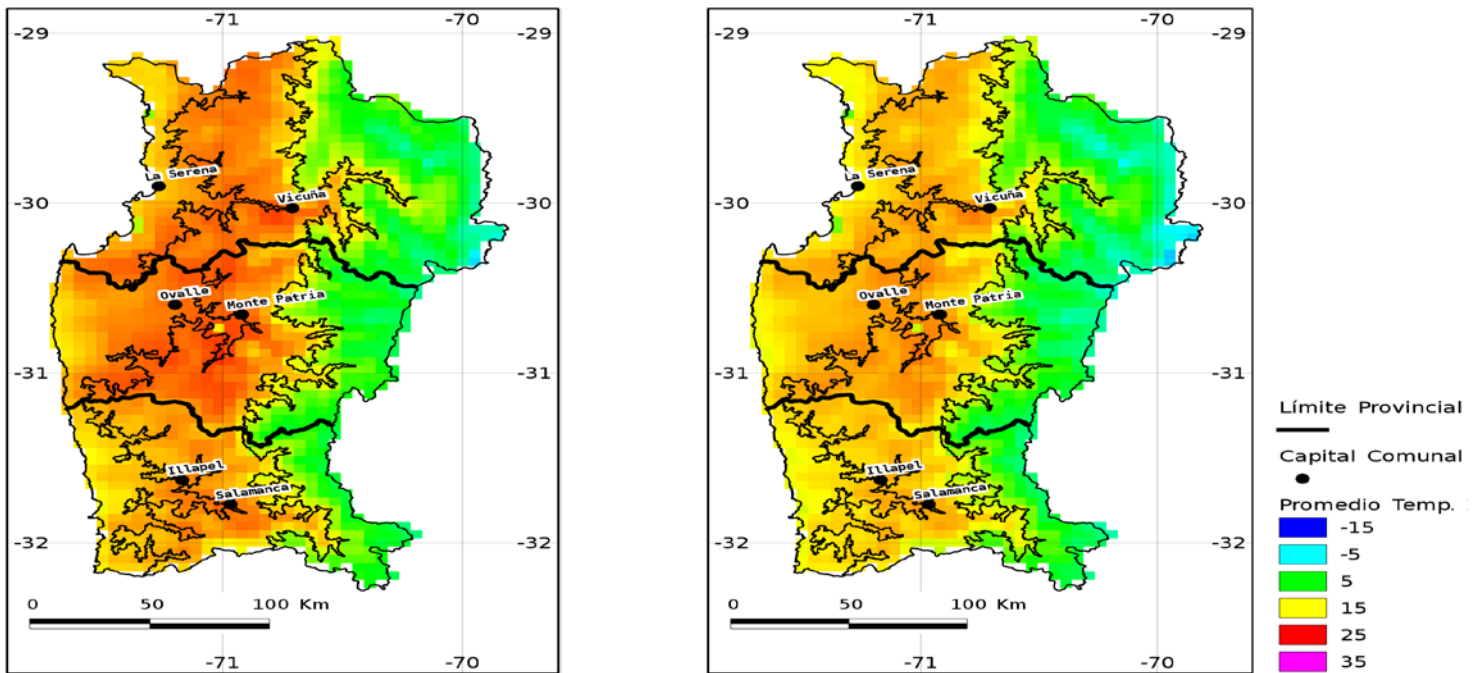


Figura 5. Promedios de temperatura superficial en marzo (izquierda) y abril (derecha), modelo WRF CEAZA.

La situación actual de las tres provincias nos indica que, si bien se han presentado leves anomalías respecto al promedio de los últimos 6 años, ver Figura 6, estas no son lo suficientemente significativas como para sugerir algún estado anormal de la atmósfera de la región (calentamiento o enfriamiento). Estas anomalías (leves) responden al estado actual de neutralidad de ENOS y el término de la estación estival, lo que explicaría la normalidad en la situación sinóptica actual de la región.

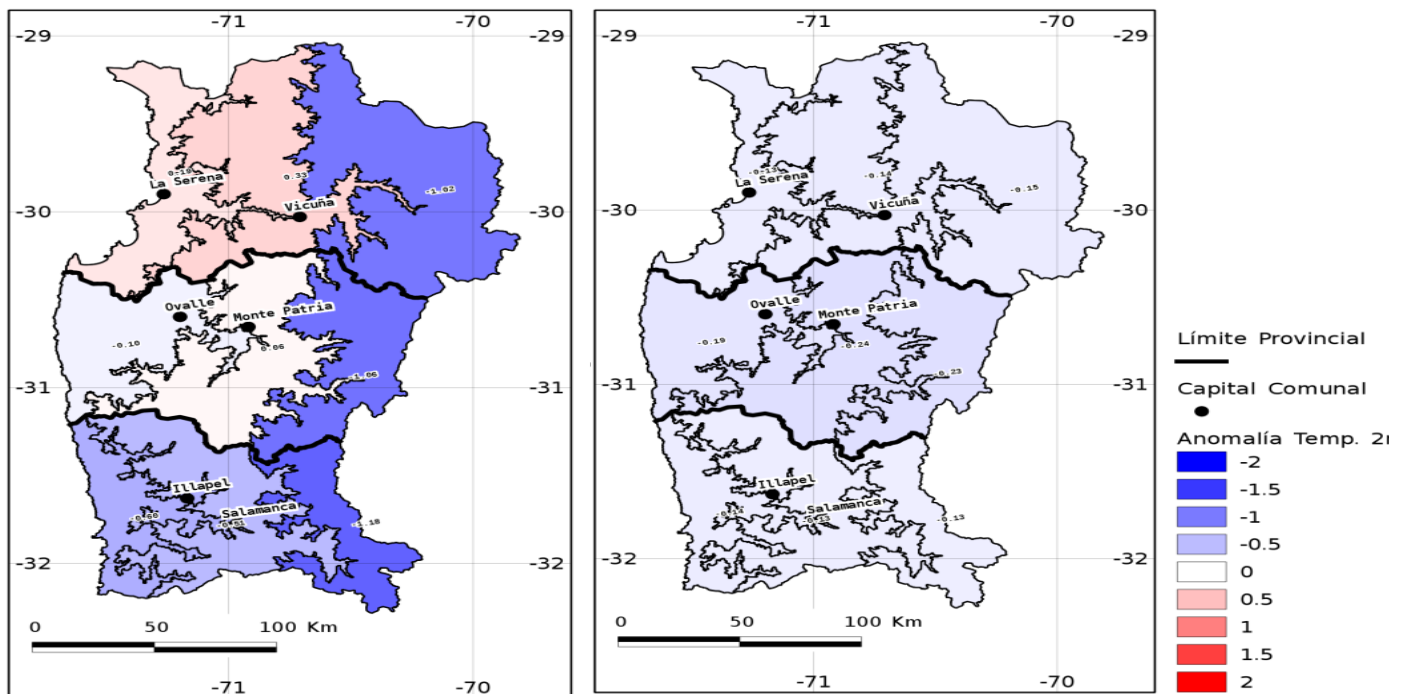
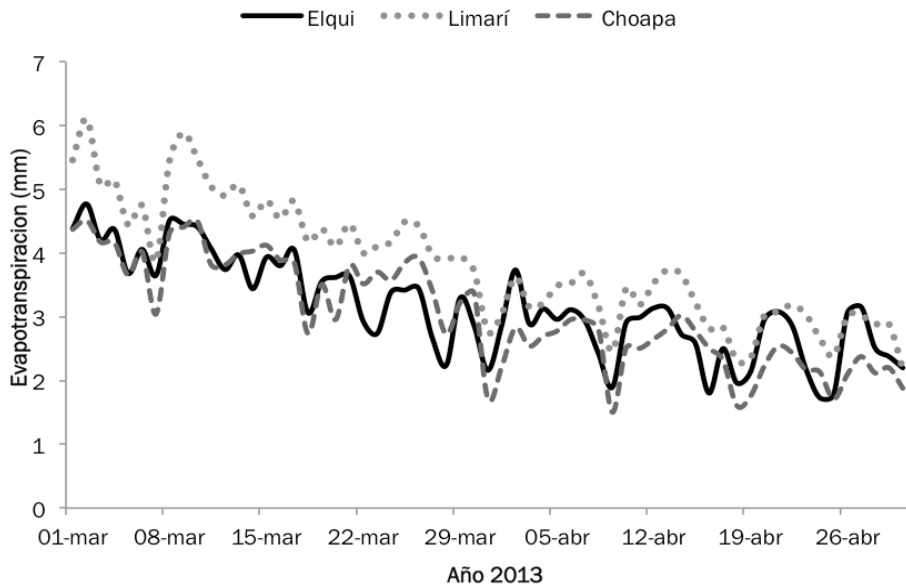


Figura 6. Anomalías de temperatura superficial promedio en marzo (izquierda) y abril (derecha), modelo WRF CEAZA

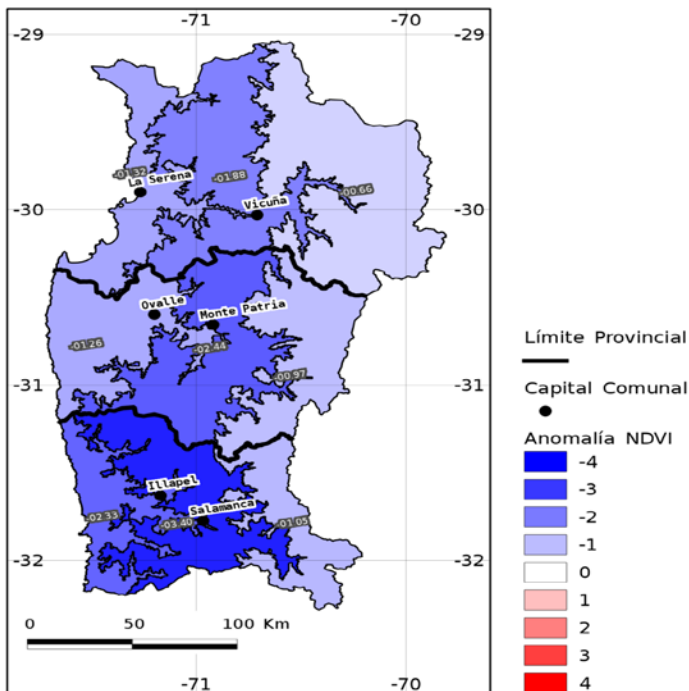
Para el caso de la Evapotranspiración Potencial (ETO), Figura 7, en la serie de tiempo se ve reflejada también la disminución en sus valores conforme comienza el otoño. Los valores en las tres provincias son consistentes con la figura anterior de las temperaturas, y la provincia que presenta mayores índices de ETO diaria es la de Limarí.



**Figura 7.** Evolución Evapotranspiración para la temporada de marzo – abril obtenida a partir de estaciones CEAZAMET

### Cobertura de la vegetación en la Región de Coquimbo

Para analizar la dinámica espacial y temporal de la vegetación en la Región de Coquimbo, se utilizó el Satélite TERRA con su sensor MODIS y el subproducto correspondiente al índice de Vegetación conocido como NDVI, Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación. El índice de vegetación de marzo (NDVI) nos muestra una clara deficiencia de la cantidad de vegetación esperable para un marzo normal, esta anomalía negativa es común para todas las zonas de la región, Figura 8, ilustrando claramente el nivel y estado de sequía generalizado para las tres provincias.



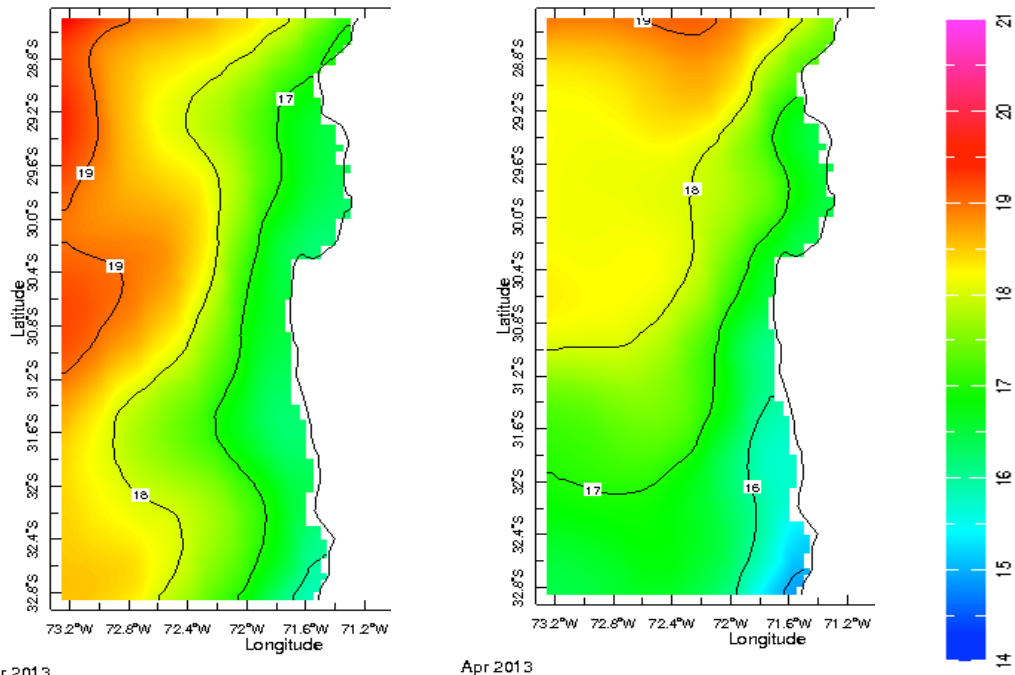
**Figura 8.** Anomalías mensuales NDVI MODIS para el mes de marzo las anomalías son calculadas respecto al periodo base 2001-2012.



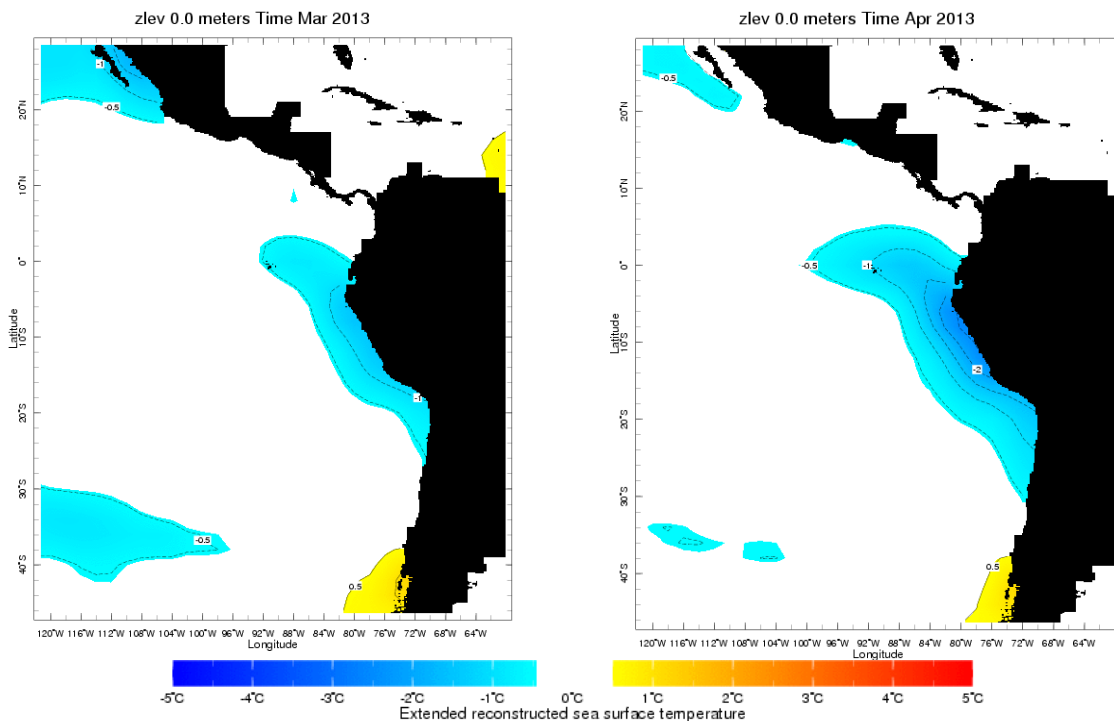
## Análisis temperatura superficial del mar

La TSM de marzo y abril frente a las costas de la región, Figura 9, observó valores normales respecto al promedio climatológico con un ligero descenso en la temperatura superficial del mar en abril respecto a marzo el cual se acrecenta hacia el norte del país presentando una ligera anomalía negativa tal como se observa en la Figura 10.

De acuerdo a los pronósticos generados por la agencia europea de pronósticos European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), se espera que para el trimestre mayo-junio-julio la TSM en la región de Coquimbo presente una ligera anomalía negativa de aproximadamente -0.5 grados respecto al promedio.



**Figura 9.** Promedios mensuales de TSM en marzo (izquierda) y abril (derecha) obtenidos con el modelo WRF con asimilación de TSM diaria OSTIA.



**Figura 10.** Promedios mensuales de anomalías de TSM (fuente: IRI)

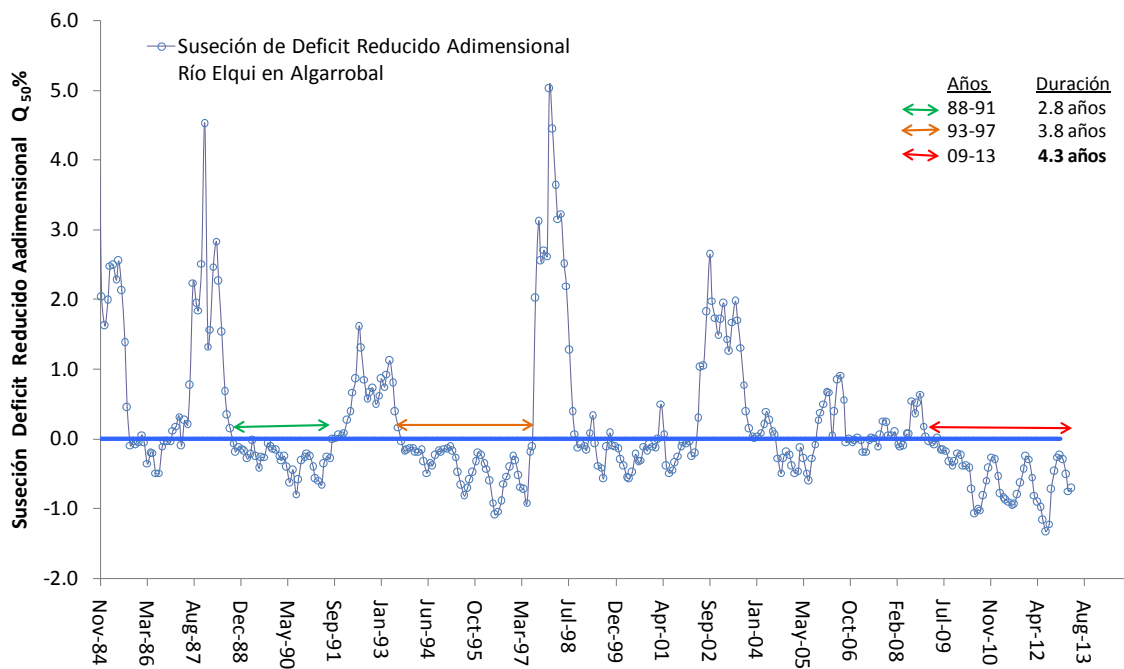
- Estado de caudales

Actualmente la Región de Coquimbo presenta la sequía más importante de los últimos 30 años (Figuras 11, 12 y 13). La baja sostenida de caudales asociada al caudal 50% se ha mantenido por 4.3 años en Elqui en Algarrobal (Figura 11), 4 años en Río Grande en las Ramadas (Figura 12) y 3.3 años en Choapa en Cuncumen (Figura 13).

Los resultados del análisis hidrológico de la temporada 2012/2013 indican que las tres cuencas están fuertemente afectadas, presentando valores muy bajos respecto del caudal medio histórico. (Tabla 2)

Cuenca del Río Elqui	Cuenca del Río Limarí	Cuenca del Río Choapa
26%	23%	29%

**Tabla 2.** Evaluación del estado de los caudales relativo al caudal medio histórico para las tres cuencas de la Región de Coquimbo.



**Figura 11.** Serie de Déficit Reducido en la provincia de Elqui, en Algarrobal.

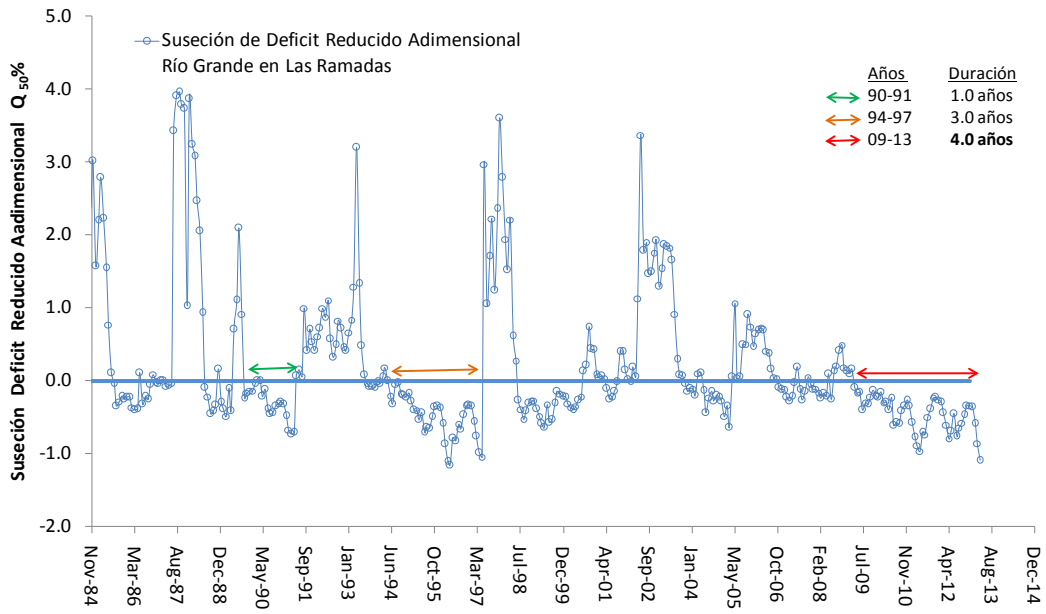


Figura 12. Serie de Déficit Reducido Grande en la provincia de Limarí, las Ramadas

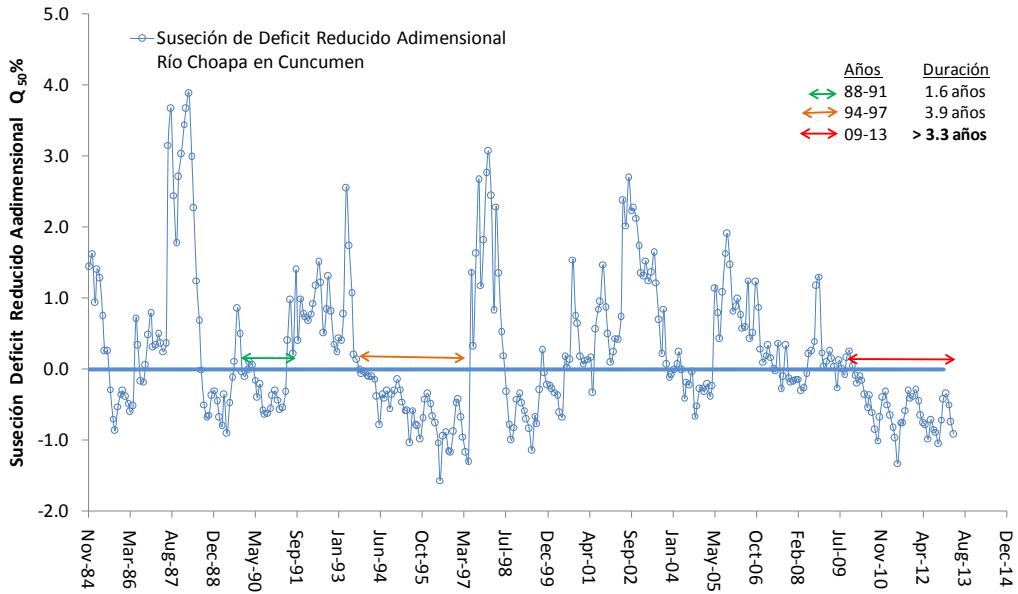


Figura 13. Serie de Déficit Reducido en Choapa, Cuncumen

- **Evaluación Pronóstico de Caudales**

El Pronóstico de Caudales elaborado por la Dirección General de Aguas, permite estimar el caudal disponible para la temporada de riego siguiente (<http://pronostico.dga.cl/>). Este pronóstico se realiza en la zona para las estaciones Elqui en Algarrobal (Elqui), Grande en Las Ramadas (Limarí) y Choapa en Cuncumen (Choapa).

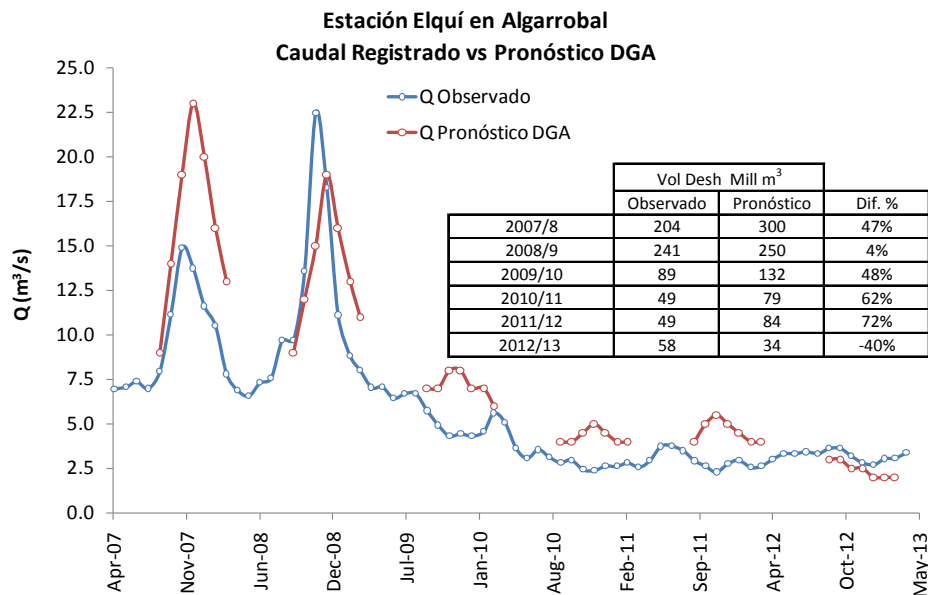
Para el periodo 2012-13, el volumen del caudal del Río Elqui en Algarrobal calculado para la temporada de deshielo fue 40% más alto que el pronosticado. (Figura 14).

En el caudal de Río Grande en las Ramadas, esta temporada se han pronosticado caudales bajos, presentando un nivel sobre estimado de un 10% (Figura 15).

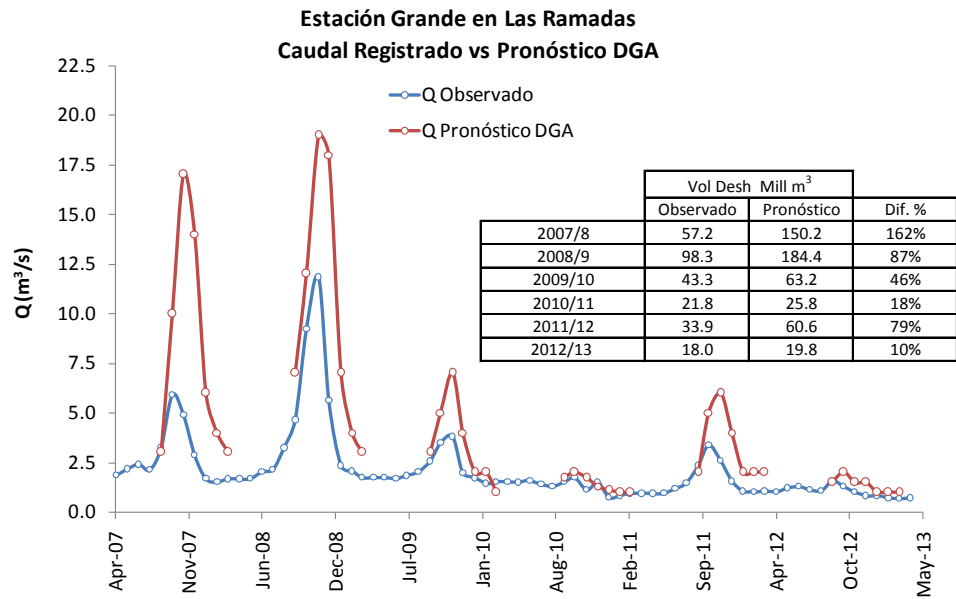
Para el Río Choapa en Cuncumen el volumen de los caudales se sobre estimó en un 9% (Figura 16).

En resumen para la última temporada el Modelo de Pronostico de la DGA ha presentado el siguiente comportamiento versus el caudal observado:

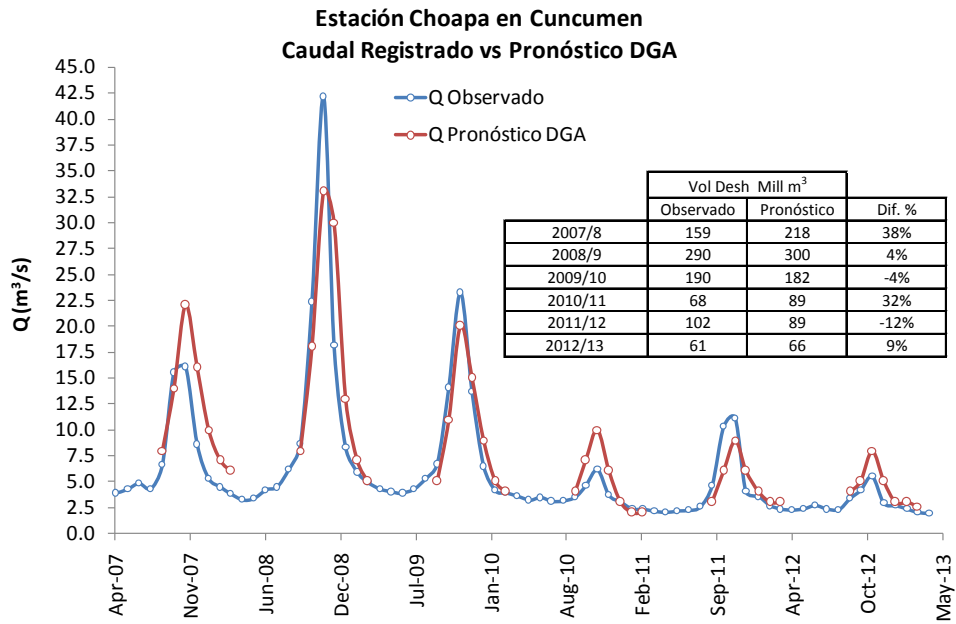
- Río Elqui en Algarrobal: Pronosticado 34 Mm<sup>3</sup>, Observado 58 Mm<sup>3</sup>. Subestimación del 40%.
- Río Grande en Las Ramadas: Pronosticado 19.8 Mm<sup>3</sup>, Observado 18 Mm<sup>3</sup> Sobreestimación del 10%.
- Río Choapa en Cuncumen: Pronosticado 66 Mm<sup>3</sup>, Observado 61 Mm<sup>3</sup>. Sobreestimación del 9%.



**Figura 14.** Caudales y volúmenes Observados vs Pronóstico de la DGA Elqui en Algarrobal



**Figura 15.** Caudales y volúmenes Observados vs Pronóstico de la DGA, Estación Grande en las Ramadas



**Figura 16.** Caudales y volúmenes Observados vs Pronóstico de la DGA Choapa en Cuncumen

A continuación se presentan tres tablas con los datos registrados por la DGA en el último periodo hidrológico 2012-2013 para los principales caudales de la Región.

	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ANUAL (2012/13)
Q <sub>Obs</sub> 2012/13(m <sup>3</sup> /s)	2.3	2.4	2.7	2.3	2.3	3.4	4.2	5.5	3.0	2.7	3.0	3.1	3.1
Q <sub>MedHistorico</sub> (m <sup>3</sup> /s)	8.7	8.1	7.8	8.1	8.4	8.9	11.0	16.0	22.6	17.5	12.3	9.8	11.6
%Q <sub>obs</sub> /Q <sub>med</sub>	0.26	0.29	0.35	0.29	0.27	0.38	0.38	0.34	0.13	0.16	0.25	0.31	0.26

**Tabla 3.** Caudales año hidrológico 2012-13 vs Histórico Elqui en Algarrobal

	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ANUAL (2012/2013)
Q <sub>Obs</sub> 2012/13(m <sup>3</sup> /s)	1.0	1.2	1.3	1.1	1.1	1.6	1.3	1.0	0.8	0.8	0.7	0.7	1.0
Q <sub>MedHistorico</sub> (m <sup>3</sup> /s)	2.0	2.1	2.4	3.1	3.6	4.9	8.6	10.8	7.3	4.3	2.8	2.2	4.5
%Q <sub>obs</sub> /Q <sub>med</sub>	0.51	0.58	0.54	0.36	0.3	0.32	0.15	0.09	0.11	0.19	0.25	0.32	0.23

**Tabla 4.** Caudales año hidrológico 2012-13 vs Histórico Río Grande En las Ramadas

	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ANUAL (2012/2013)
Q <sub>Obs</sub> 2012/13(m <sup>3</sup> /s)	2.3	2.4	2.7	2.3	2.3	3.4	4.2	5.5	3.0	2.7	2.4	2.1	2.9
Q <sub>MedHistorico</sub> (m <sup>3</sup> /s)	4.3	4.3	4.6	4.8	6.1	8.0	15.3	25.6	22.2	12.5	6.6	4.8	9.9
%Q <sub>obs</sub> /Q <sub>med</sub>	0.52	0.56	0.59	0.48	0.37	0.42	0.28	0.21	0.13	0.22	0.36	0.43	0.29

**Tabla 5.** Caudales año hidrológico 2012-13 vs Histórico Choapa en Cuncumen

- **Estado de los embalses**

En Abril del 2013, finalizando el periodo de riego, se realizó la última medición de los niveles de agua en los embalses de la Región de Coquimbo y los resultados indican que la disponibilidad de agua en los embalses ha disminuido drásticamente, llegando a valores cercanos a 0% (Tabla 6)

Provincia	Embalse	Capacidad (Mm <sup>3</sup> )	Estado Actual (%)	Figura
Elqui	La Laguna	40	46,18	17
	Puclaro	200	2,56	
Limarí	Cogotí	140	0	18
	Paloma	750	19,9	
	Recoleta	100	4,78	
Choapa	Corrales	50	17,22	19

**Tabla 6.** Niveles de agua en los principales embalses de la región



Para la región de Coquimbo éste ha sido el peor periodo de sequía registrado en la última década.

Las asociaciones en torno a los embalses Paloma y Cogotí, administraron los bajos niveles de agua de los embalses a través de un manejo adecuado y eficiente, con esto alcanzaron a terminar la temporada, sin embargo, los embalses quedaron con niveles de agua muy críticos (Figura 18).

El tiempo de recarga de los embalses depende de la cantidad e intensidad de las precipitaciones, sin embargo, la proyección no es alentadora y debido a la baja cantidad de agua que actualmente presentan, la recuperación de los niveles promedios en los embalses será muy lenta.

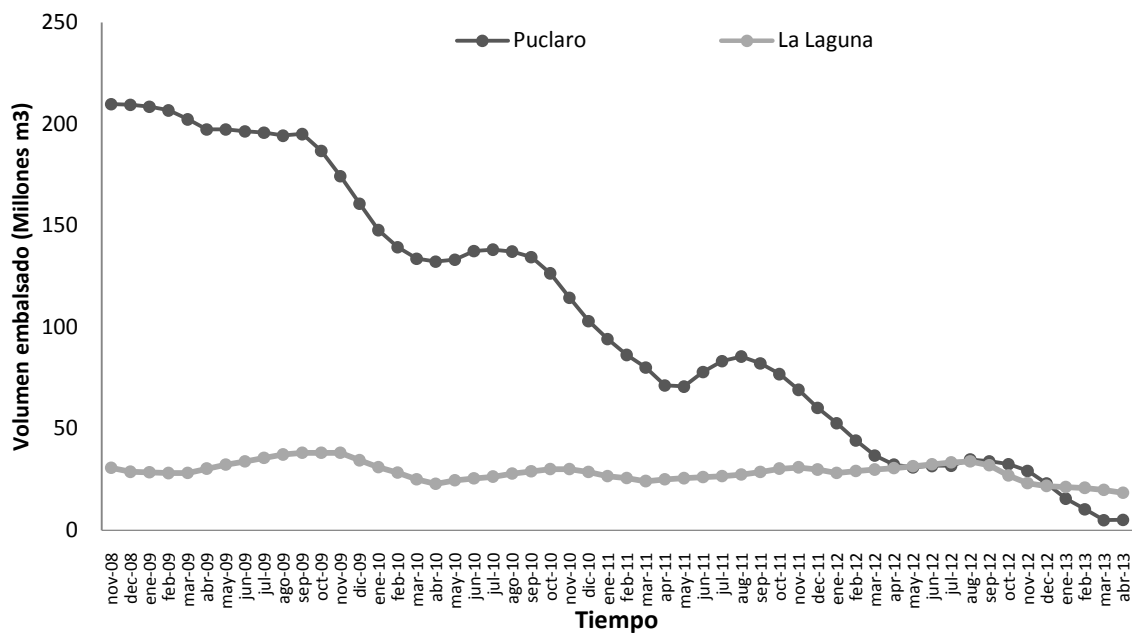


Figura 17. Evolución de los embalses de la provincia de Elqui para el periodo 2008 – 2013

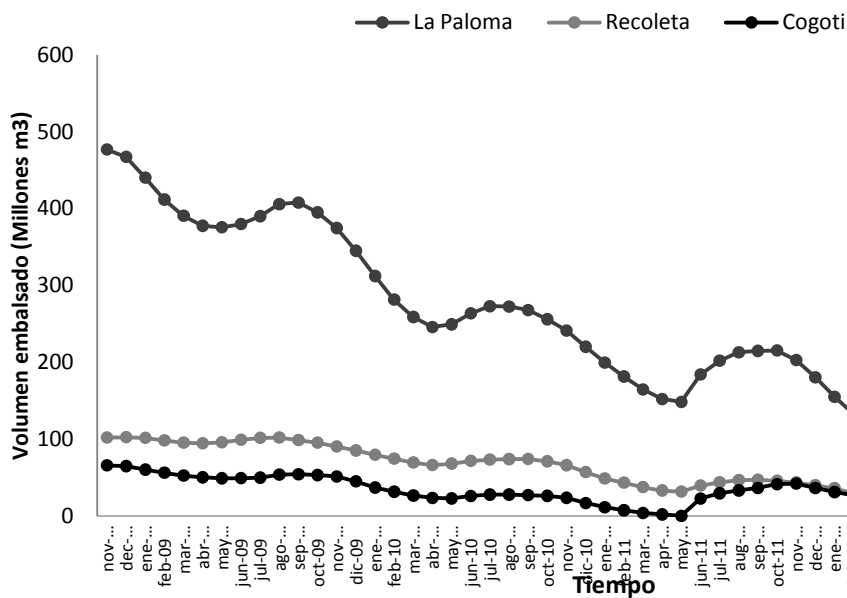


Figura 18. Evolución de los embalses de la provincia de Limarí para el periodo 2008 - 2013

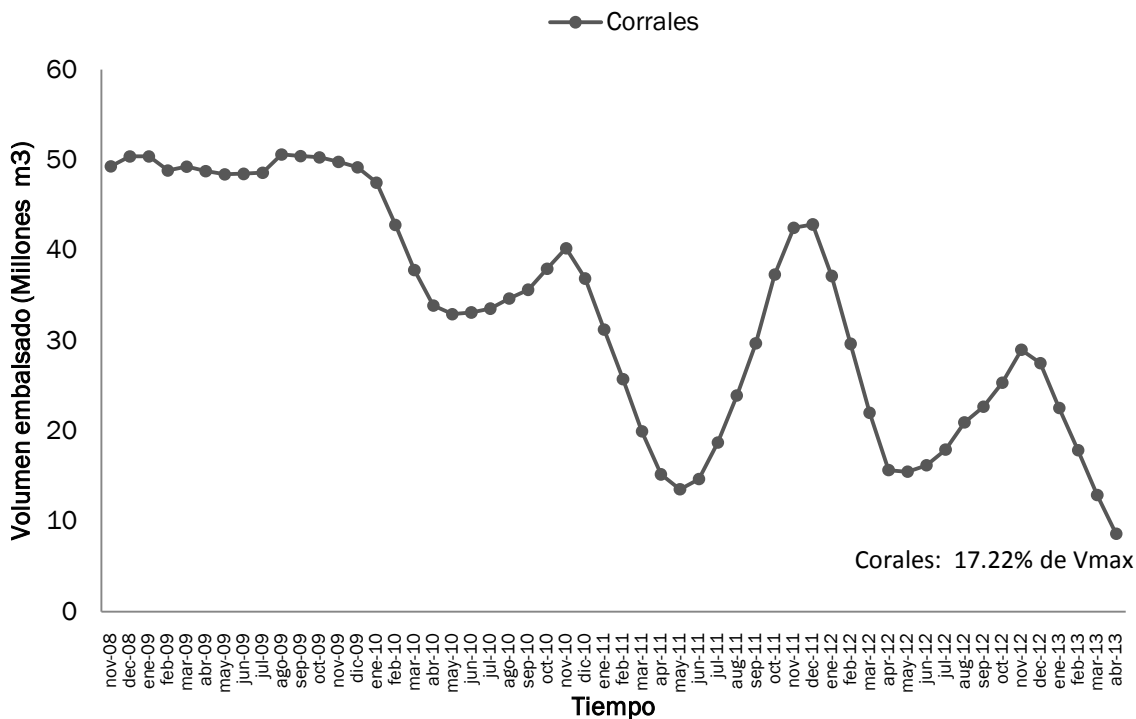


Figura 19. Evolución del embalses de la provincia de Choapa para el periodo 2008 - 2013

## CONCLUSIONES

El nivel de los embalses, el índice de vegetación NDVI y las precipitaciones muestran valores acordes a una extensa sequía en toda la región.

A nivel global, la región de Coquimbo no ha presentado anomalías considerables en los valores de temperaturas superficial del aire, esto es positivo desde el punto agrícola ya que permite que los cultivos sigan su ciclo fenológico de forma normal. Todo indica que este comportamiento seguirá durante el presente trimestre.

El estado actual de la vegetación para toda la región se muestra deficitario lo que implica que es un año complicado para los rubros que dependen de esta, particularmente para los crianceros.

En cuanto a la temperatura superficial del mar en la región, presenta un comportamiento dentro de lo normal el cual se mantendrá para el trimestre mayo-junio-julio.

En el caso de las precipitaciones a la fecha existe un déficit cercano al 100%, con respecto a sus climatologías. Sin embargo, y al presentarse una alta probabilidad de neutralidad ENOS por la mayoría de los modelos, es posible concluir que al menos hasta inicios del invierno 2013, las condiciones tanto en las temperaturas como las precipitaciones variarán en torno a sus valores promedio respecto de las climatologías.

## GLOSARIO

**Anomalía:** valores de alguna variable que en promedio oscilan fueran del promedio histórico o climatología

**Anticiclón:** región o zona amplia de altas presiones, lo que se asocia a buen tiempo ya que no permite el paso de sistemas frontales

**Climatología:** valores de variables atmosféricas observadas en un rango de tiempo extenso (sobre 30 años) que permite describir climáticamente una zona o región

**ENOS:** El Niño - Oscilación del Sur

**El Niño:** Cuando se está en fase cálida de ENOS se produce un incremento en las precipitaciones invernales

**Humedad Relativa:** es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene la atmosfera.

**La Niña:** fase fría de ENOS se produce una supresión o disminución las precipitaciones

**Meso clima:** características climáticas de una zona determinada. Describe el comportamiento de las variables atmosféricas localmente

**Oscilación térmica:** es la diferencia entre la temperatura más alta y la más baja registrada en un lugar o zona, durante un determinado período.

**Periodos de Neutralidad:** periodo donde no se registran anomalías significativas en la zona de influencia de "El niño-Oscilación del Sur" (ENOS)

**Régimen pluviométrico o régimen pluvial,** al comportamiento de las lluvias a lo largo del año

**Sequía:** Precipitación acumulada de una región con valores por debajo del promedio histórico. Cuando la situación se prolonga por varios años, se le denomina sequía

**Vaguada Costera:** prolongación de una baja presión a nivel de superficie. En el caso de la región de Coquimbo, la vaguada costera es la prolongación de la baja costera desde las costas peruanas hasta los 30° de latitud sur aproximadamente. Su presencia está regulada por el anticiclón del pacífico y es la responsable de la típica nubosidad costera persistente entre la región de Arica y Parinacota y la región de Valparaíso.

**Clima de estepa con nubosidad abundante:** Ocupa las planicies litorales y su influencia se hace sentir hacia el interior, adonde penetra hasta 40 km por los valles y quebradas. Se caracteriza por presentar niveles elevados de

humedad y nubosidad, productos de la cercanía del mar. Las temperaturas son muy moderadas y no presentan grandes contrastes térmicos diarios (Romero et al. 1988, Sánchez & Morales 1993).

**Clima de estepa templado-marginal:** Se caracteriza por la presencia de una atmósfera más bien seca y con poca nubosidad. En comparación con la costa, la temperatura y la oscilación térmica son mayores. Esta zona climática se presenta por sobre los 800 msnm; su influencia se hace sentir hasta las primeras altitudes de la alta montaña (Romero et al. 1988).

**Clima de estepa fría de montaña:** Predomina sobre los 3.000 msnm. Sus principales características están dadas por fuertes vientos, elevada radiación solar y mayor precipitación invernal, particularmente nival. Adecemos a las siguientes instituciones por colaborar con parte de los datos utilizados en este boletín.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las siguientes instituciones por colaborar con parte de los datos utilizados en este boletín.



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS – INIA INTIHUASI



INTERNATIONAL RESEARCH INSTITUTE FOR CLIMATE AND SOCIETY



DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA)



### **Equipo de trabajo**

Cristian Orrego  
Cristóbal Juliá de la Vega  
David López  
Jose Luis Castro  
Nicole Kretschmer  
Orlando Astudillo  
Osvaldo Painemal  
Pablo Salinas  
Pilar Molina  
Robinson Godoy

---

Próxima Actualización: Junio 2013



Síguenos en Twitter @Ceazamet