

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS



PRONÓSTICO DE DISPONIBILIDAD DE AGUA TEMPORADA DE RIEGO 2009-2010

REALIZADO POR:
DIVISIÓN DE HIDROLOGÍA



S.D.T. N° 278
Santiago, Septiembre 2009

PRONÓSTICO DE DISPONIBILIDAD DE AGUA TEMPORADA DE RIEGO 2009-2010

**DIRECTOR GENERAL DE AGUAS
Abogado Rodrigo Weisner L.**

**JEFE DIVISION DE HIDROLOGIA
Ing. Javier Narbona N.**

**El presente informe fue elaborado en la División de
Hidrología por:**

**Ing. Brahim Nazarala G.
Ing. Fernando Escobar C.
Ing. José Miñano C.
Ing. Ejec. Erich Weidenslaufer R.**

Supervisado por:

Ing. María Angélica Alegría Calvo

Septiembre del 2009



Índice

1. EDITORIAL	3
2. INTRODUCCIÓN.....	4
3. BASES DEL PRONÓSTICO.....	4
4. SITUACIÓN GENERAL	6
Precipitaciones	6
Caudales de Invierno.....	6
Estado de Embalses.....	6
5. PRONÓSTICO	14
6. CONCLUSIONES.....	24



1. EDITORIAL

*Agua para el Futuro:
Nuestra Responsabilidad Compartida*

La Dirección General de Aguas se creó el año 1968 como institución dependiente del Ministerio de Obras Públicas. Desde entonces, ha venido realizando un trabajo técnico especializado que ha permitido al país conocer sus recursos hídricos superficiales y subterráneos. Más recientemente, ha estado orientada además, a brindar antecedentes, acciones y elementos cuantitativos para una adecuada gestión del agua, atendida su importancia para el desarrollo económico, cultural, social y ambiental de la ciudadanía.

Lo anterior, significa que este Servicio ha destinado esfuerzos reales al tema del agua, sobretodo en aspectos esenciales como su conocimiento, lo que considera la medición de los recursos hídricos en las fuentes naturales y de los eventos hidrometeorológicos extremos como son las inundaciones y recientemente las sequías asociados al cambio climático.

Dicha labor le ha correspondido desde sus inicios a la División de Hidrología de esta Dirección, que ha generado información sobre la condición y evolución de los recursos hídricos tanto en calidad como en cantidad, dentro de cuyo ámbito, y a partir del año 1974, implementó el Pronóstico de Disponibilidad de Agua para las temporadas de riego del período de primavera-verano de cada año.

No obstante, en sus inicios el pronóstico estaba orientado al sector agrícola por la magnitud del agua utilizada en esta actividad. Hoy en día dicha herramienta es también extensamente utilizada por sectores como la generación hidroeléctrica, empresas de agua potable, sector turístico, etc.

Hoy, a 40 años de iniciado un camino hacia un adecuado manejo del agua, me complace decir que hemos avanzado en lograr el objetivo de conocer nuestros recursos hídricos y perfeccionar el quehacer de la Dirección, razón por la cual durante el último año he dedicado especiales esfuerzos por modernizar la operación de nuestra Red Hidrometeorológica, abriéndonos a otras opciones tecnológicas que nos permitirán avanzar efectivamente en disponer de información de calidad de manera oportuna y efectiva.

Ello contribuye sin duda al progreso y desarrollo, evitando que el agua se convierta en un obstáculo o fuente de conflictos e inequidades. Por ello, siento satisfacción y orgullo, además de un gran compromiso con el futuro de Chile.



RODRIGO WEISNER LAZO
Director General de Aguas



2. INTRODUCCIÓN

La Dirección General de Aguas, con el propósito de dar a conocer la situación hidrológica general del país, específicamente de las zonas de riego de las principales cuencas del norte chico, zona central y sur, elabora anualmente un pronóstico de volúmenes de deshielo, caudales medios mensuales y máximos instantáneos para la temporada de riego del período primavera-verano. Este pronóstico abarca desde la cuenca del Río Copiapó hasta la del Río Ñuble.

3. BASES DEL PRONÓSTICO

El presente pronóstico se realiza con datos de la Red Hidrométrica de la Dirección General de Aguas, para las estaciones fluviométricas ubicadas en las zonas altas de las cuencas, las que se indican en el Cuadro N° 1 y se ha elaborado de acuerdo con los siguientes criterios y supuestos.

- El período de pronóstico es el comprendido entre los meses de Septiembre a Marzo, debido a la importancia que éstos tienen en la agricultura de riego y está orientado a estos usuarios.
- Se pronostican los volúmenes para la temporada de deshielo, los que se entregan junto con la probabilidad de excedencia o tipo de año. La distribución mensual de caudales medios puede tener fluctuaciones apreciables en la medida que las variables meteorológicas, tales como precipitación, temperatura, radiación y nubosidad, presenten comportamientos irregulares en el período de deshielo. Con mayor razón pueden presentarse variaciones muy significativas a nivel diario, en relación con el valor medio mensual
- Este pronóstico no es estricto para aquellos usuarios cuyas necesidades de caudales diarios son determinantes para su producción. Ante estos requerimientos, los interesados debieran desarrollar sus propias metodologías para satisfacer sus necesidades particulares.
- Los pronósticos se realizan exclusivamente para las cuencas señaladas en el presente informe, por lo cual los resultados no se aplican a cuencas más pequeñas, intermedias o de secano, que presentan condiciones hidrológicas diferentes, en cuyo caso las personas o grupos interesados deberán hacer sus propios análisis y diagnósticos.
- Se consideran como variables independientes los datos registrados hasta el mes de Agosto y para primavera-verano se han supuesto precipitaciones promedios. Por lo tanto, los caudales pronosticados pueden resultar distintos de los reales si se producen durante dicho período, precipitaciones muy diferentes a la situación supuesta.
- La magnitud de los errores está en relación con la calidad y cantidad de antecedentes disponibles y las características hidrológicas de cada región. En términos generales, los errores aceptables desde el punto de vista práctico se estiman en aproximadamente 20%.

Se incluye además un pronóstico de los caudales máximos instantáneos de los ríos comprendidos entre el Huasco y el Rapel. Es necesario destacar que dicha estimación considera exclusivamente los caudales originados por la fusión de la nieve y no los producidos por eventuales precipitaciones durante el período primavera-verano.



CUADRO N° 1
NOMINA DE ESTACIONES FLUVIOMETRICAS
DE PRONÓSTICO

CUENCA	ESTACION	LATITUD S	LONGITUD O	ALTURA msnm	AREA km2
Copiapó	Copiapó en la Puerta	27°48	70°07´	758	7419
Huasco	Huasco en Algodones	28°44´	70°30´	600	6999
Elqui	Elqui en Algarrobal	29°59´	70°35´	707	5566
Limarí	Grande en Las Ramadas	31°00´	70°35´	1380	544
Choapa	Choapa en Cuncumén	31°58´	70°35´	955	1172
Aconcagua	Aconcagua Chacabuquito	32°51´	70°31´	1030	2059
Maipo	Mapocho en los Almendros	33°22´	70°27´	950	616
Maipo	Maipo en el Manzano	33°36´	70°23´	890	4769
Rapel	Cachapoal en Puente Termas	34°15´	70°34´	700	2522
Rapel	Tinguiririca en B.Briones	34°43´	70°49´	518	1424
Mataquito	Teno después de Junta	35°00´	70°49´	680	1179
Maule	Maule en Armerillo	35°42´	71°07´	512	5362
Itata	Ñuble en San Fabián	36°36´	71°36´	500	1666



4. SITUACIÓN GENERAL

Precipitaciones

En líneas generales, la situación pluviométrica en el país al 31 de Agosto, es deficitaria en cantidades variables. En la región de Atacama el déficit respecto a un año normal es del orden del 50%, más acentuado en la parte cordillerana, mientras que en las diversas zonas de la región de Coquimbo fluctúan entre el 15% y 40%. En las regiones de Valparaíso y Metropolitana las precipitaciones registradas al 31 de Agosto se encuentran próximos a los normales. La región de O'Higgins y parte del Maule, en el litoral y valle central, los déficit aumentan a cantidades incluso superiores al 20%, mientras que en el resto de la zona que comprende el presente pronóstico, las precipitaciones acumuladas a dicha fecha son prácticamente normales.

La acumulación de nieve en la alta cordillera sigue, en líneas generales, la tendencia de las precipitaciones en el sentido que las mediciones controladas por la Dirección son inferiores a los promedios históricos, con déficit más acentuado en la región de Coquimbo, con un promedio aproximado de 40% menos respecto a la acumulación media anual.

En la Figura N° 1 se presenta la distribución espacial de las precipitaciones, expresadas en porcentaje respecto al promedio estadístico 1961-2000. Los antecedentes utilizados al 31 de Agosto, tanto pluviométricos como nivométricos, se entregan en los cuadros N° 2 y N° 3, respectivamente.

En la Figura N° 2 se muestran las precipitaciones, tanto pluviales como nivales, registradas al 31 de Agosto, en estaciones representativas de las zonas norte, centro y sur del área del pronóstico.

Caudales de Invierno

Los caudales invernales de los principales ríos de la zona que comprende el presente pronóstico se mantuvieron cercanos o bajo los respectivos valores promedios históricos, aunque lejos de los mínimos estadísticos. La variación durante los meses es variable, aunque la tendencia fue mantener caudales relativamente estables. Sin embargo, a raíz de los períodos importantes de precipitaciones que se registraron durante Agosto el caudal de dicho mes, de los cauces de las regiones O'Higgins al sur, aumentaron significativamente, incluso con valores superiores al promedio.

De acuerdo con lo señalados anteriormente, los ríos de la Región de O'Higgins al sur comienzan el período de deshielo con caudales sobre sus promedios históricos, lo que representa una situación favorable desde el punto de vista de la disponibilidad de agua para el período de deshielo.

Estado de Embalses

En las regiones de Atacama y Coquimbo, los embalses, de uso exclusivo para riego, presentan volúmenes de acumulados sin variaciones significativas respecto al 31 de Agosto del año pasado.

El embalse Lautaro dispone de 7.3 mill-m³, vale decir 2.7 mill-m³ menos a igual fecha del 2008, mientras que Santa Juana, aun cuando almacena 149 mill-m³, algo menos



que el año pasado, dispone de recursos hídricos superiores a su promedio histórico.

En la cuenca del río Elqui, región de Coquimbo, los embalses Puclaro y La Laguna, en conjunto, almacenan 231 mill-m³, valor muy cercano a la capacidad máxima de 240 mill-m³ del sistema. Por su parte los embalses del sistema Paloma, en la cuenca del Limarí, acumulan 560 mill-m³, valor superior a lo que acumulaba a Agosto del 2008 y muy cercano a su promedio histórico para el mes.

Más al sur los grandes embalses, principalmente de generación hidroeléctrica y mixto presentan acumulaciones, en general, inferiores a igual fecha del año pasado y a sus promedios históricos.

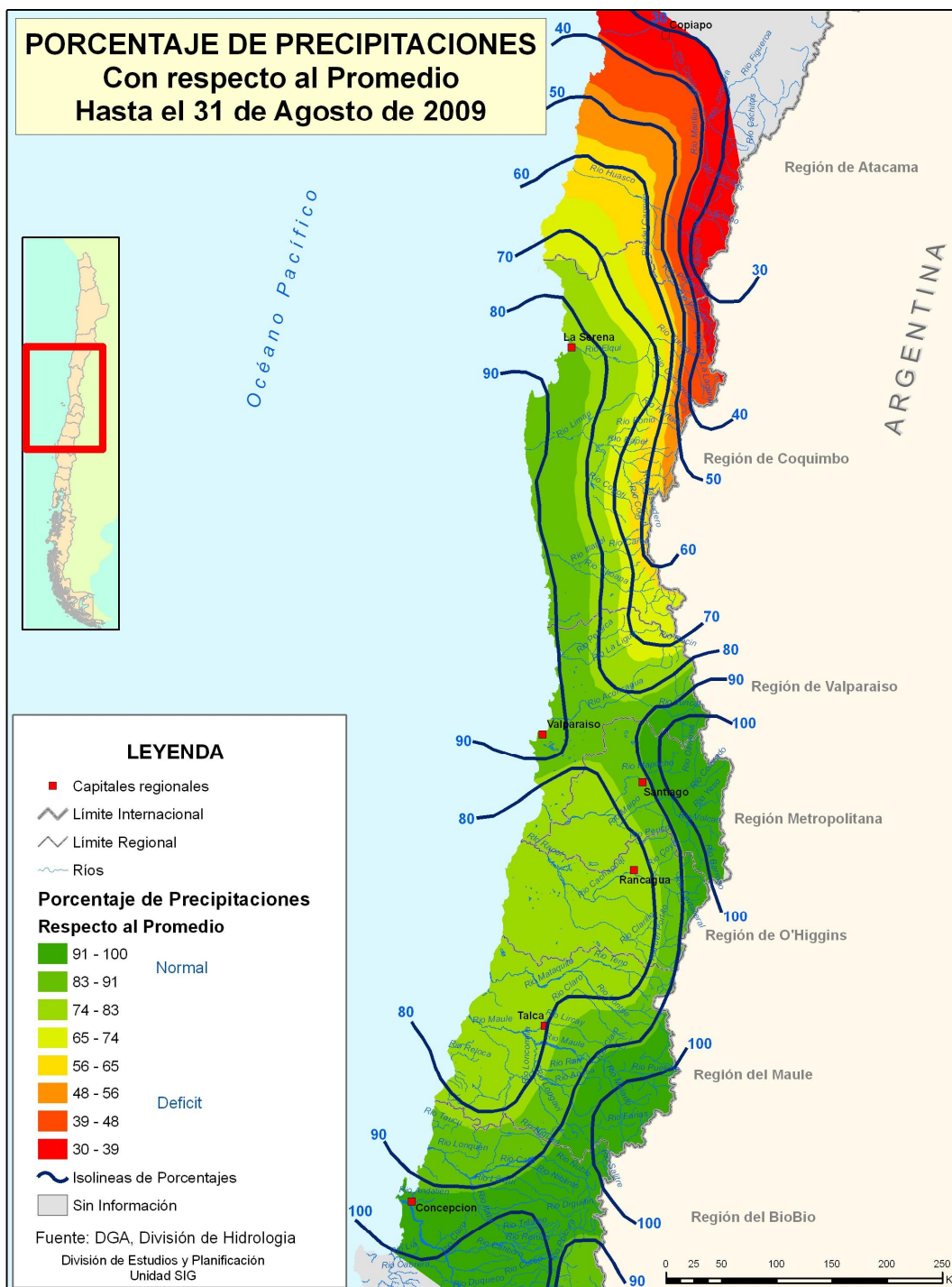
El embalse Rapel, de la región de O´Higgins, dispone de 522 mill-m³, inferior en 103 mill-m³ registrado a Agosto el 2008, pero muy semejante a su promedio histórico para dicho mes.

El embalse Cobún, de uso compartido para riego y generación, acumula 970 mill-m³, inferior a los 1356 mill-m³ del año pasado y a los 1172 mill-m³ del promedio histórico a la fecha.

Los grandes embalses Laguna del Maule y Lago Laja, en conjunto acumulan 2599 mill-m³, inferior a los 3042 mill-m³ almacenados a fines de Agosto del 2008. Dicha cifra representa un 60 % respecto a su promedio histórico.

En el Cuadro N° 4 se entrega la situación de los principales embalses, relacionada con el volumen del agua almacenada al 31 de Agosto, y cuyos principales aportes corresponden a recursos de componente nival. En la Figura N° 3 se presentan los volúmenes a Agosto de los últimos años para embalses importantes del país.





CUADRO N° 2
PRECIPITACIONES AL 31 DE AGOSTO 2009

ESTACIÓN	PROMEDIO mm (1)	2009 mm	PORCENTAJE % (2)
Copiapó	12.4	4.3	34
Embalse Lautaro	28.2	13.5	48
Vallenar	30.8	17.5	57
Conay	73.4	18.5	25
Rivadavia	85.7	63.0	73
La Serena	72.1	62.5	87
Pisco Elqui	104.5	97.0	93
Los Nichos	117.5	71.4	61
Ovalle	93.3	70.4	76
Embalse La Paloma	122.3	105.6	86
Las Ramadas	251.5	211.7	84
Cuncumén	243.1	237.0	97
Salamanca	218.7	172.0	79
Resguardo Los Patos	253.2	144.0	57
Vilcuya	283.1	271.0	96
Los Andes	213.9	193.0	90
Riecillos	443.3	358.3	81
Lago Peñuelas	544.2	489.0	90
Santiago (MOP)	263.1	225.7	86
La Obra	517.5	402.0	78
Rancagua	340.4	265.0	78
San Fernando	591.7	427.1	72
La Rufina	923.5	618.5	70
Curicó	586.9	463.5	79
Los Queñes	1111.9	760.4	68
Talca	535.1	454.2	85
Armerillo	1973.2	1620.1	82
Bullileo	1658.8	1487.1	90
Linares	732.4	650.7	89
Parral	778.4	753.3	97
Chillán	790.9	785.3	99
Atacalco	1803.0	1535.0	85
Angol	873.7	983.8	113
Temuco	896.9	936.5	104

- (1) Promedio del Período 1961-90.
(2) Porcentaje respecto al Promedio.



CUADRO N° 3

NIEVE ACUMULADA
EQUIVALENCIA EN AGUA

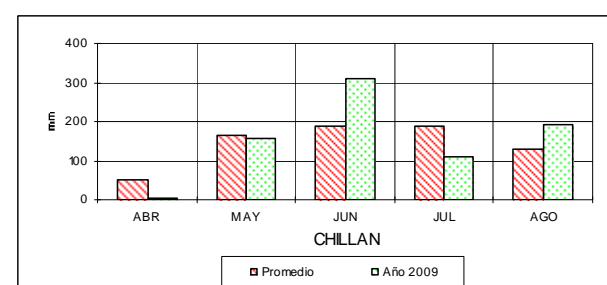
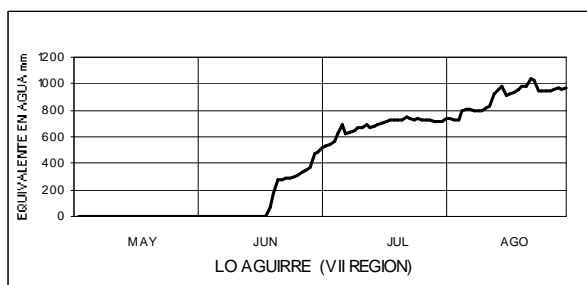
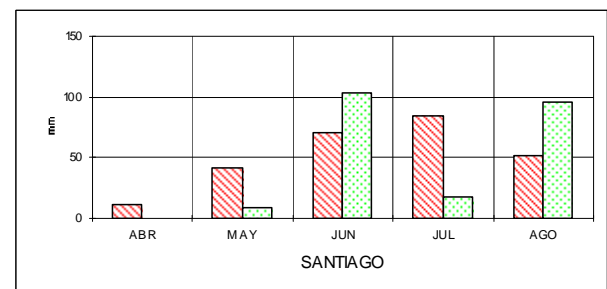
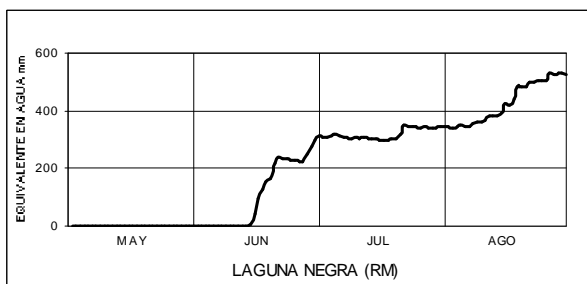
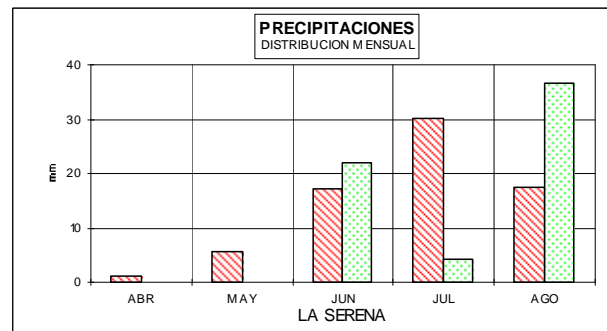
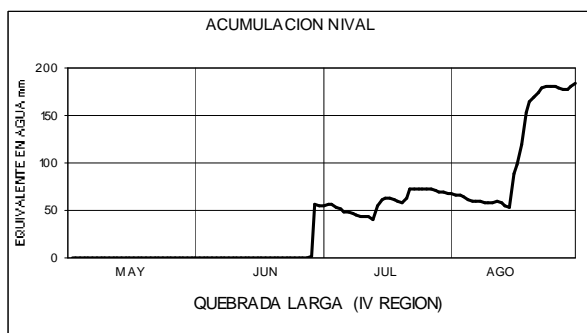
CUENCA	RUTA DE NIEVE	ACUMULACIÓN MÁXIMA		PORCENTAJE (2) %
		Promedio (1) mm	2009 mm	
ELQUI	Cerro Olivares	141	55	39
LIMARI	Quebrada Larga	206	180	87
LIMARI	Cerro Vega Negra	528	290	55
CHOAPA	El Soldado	412	270	65
ACONCAGUA	Portillo	630	631	100
MAIPO	Farellones	453	400	88
MAIPO	Laguna Negra	566	530	94
MAULE	Lo Aguirre	1035	1070	103
ITATA	Volcán Chillán	879	850	97
BIO-BIO	Alto Mallines	758	715	94

(1) Promedio para el Período 1951-90

(2) Porcentaje respecto al Promedio



Figura N° 2



CUADRO N° 4

ESTADO DE EMBALSES

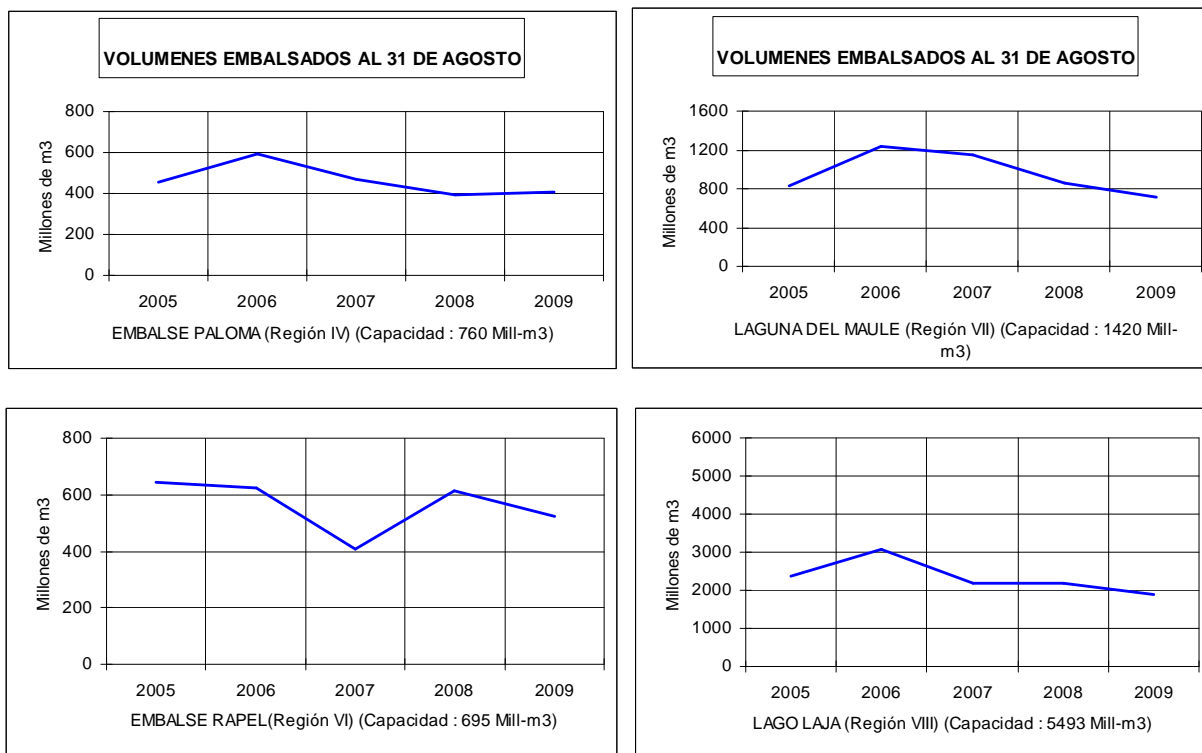
Al 31 de Agosto 2009

(millones de m³)

EMBALSE	REGION	CUENCA	CAPACIDAD MAXIMA	PROMEDIO AGOSTO	2008	2009
Lautaro	III	Copiapó	35	13	10	7.3
Santa Juana	III	Huasco	166	126	166	149
La Laguna	IV	Elqui	40	25	32	37
Puclaro	IV	Elqui	200	136	200	194
Recoleta	IV	Limarí	100	69	86	100
La Paloma	IV	Limarí	748	432	396	406
Cogotí	IV	Limarí	150	85	33	54
El Yeso	M	Maipo	256	176	168	165
Rapel	VI	Rapel	695	527	625	522
Colbún	VII	Maule	1544	1172	1356	970
Lag. Del Maule	VII	Maule	1420	951	865	714
Bullileo	VII	Maule	60	54	60	60
Digua	VII	Maule	220	200	220	216
Ralco	VIII	Bio-Bio	1174	----	867	934
Lago Laja	VIII	Bio-Bío	5582	3323	2177	1885



Figura N° 3



5. PRONÓSTICO

Se puede estudiar la disponibilidad de los recursos hídricos utilizando como índice de comparación el porcentaje del valor promedio o la probabilidad de excedencia de los caudales pronosticados. El primer índice sirve para cuantificar la magnitud de las diferencias con respecto al promedio. El segundo corresponde a la probabilidad que estadísticamente el volumen de deshielo estimado sea superado por otras temporadas y sirve para establecer de manera relativa al resto de los años, la frecuencia con que se han presentado situaciones análogas.

En el Cuadro N° 5 se presentan los volúmenes pronosticados para la temporada de deshielo Septiembre - Marzo, y una distribución mensual de los caudales, de carácter referencial, para los meses que abarca el período de deshielo. Se muestran también los porcentajes de los valores pronosticados en relación con los promedios históricos respectivos de cada estación y la probabilidad de excedencia de los volúmenes esperados para la temporada.

La Figura N° 4 presenta los caudales pronosticados comparados con las curvas de probabilidad de excedencia 20%, 50% y 80%, para las estaciones consideradas en las estimaciones.

Finalmente en el Cuadro N° 6 se entrega un pronóstico de los caudales máximos de deshielo para las estaciones fluviométricas comprendidas entre los ríos Huasco y Rapel.



CUADRO N° 5
CAUDALES PRONOSTICADOS (2009/2010)
(m³/s)

ESTACION	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Vol. mill-m ³	V/ \bar{V}	Prob exc. %
Copiapó en la Puerta	1	1.3	1.1	1	1	0.9	0.8	20	0.50	80
Huasco en Algodones	2.5	2.5	2	1.5	1.5	1	1	30	0.79	70
Elqui en Algarrobal	7	7	8	8	7	7	6	130	0.68	45
Grande en Las Ramadas	3	5	7	4	2	2	1	65	0.60	50
Choapa en Cuncumén	5	11	20	15	9	5	4	180	0.78	45
Aconcagua en Chacabuquito	20	37	60	80	60	40	25	850	1.04	45
Mapocho en los Almendros	15	10	11	10	7	5	3	160	1.00	40
Maipo en el Manzano	65	95	155	210	190	140	95	2500	0.95	45
Cachapoal en Puente Termas	55	80	125	160	155	110	80	2000	0.93	50
Tinguiririca en B.Briones	30	45	65	80	70	55	35	1000	0.88	60
Teno después de Junta	57	75	105	100	60	35	25	1200	1.00	40
Maule en Armerillo	230	350	470	400	250	160	120	5200	0.96	45
Ñuble en San Fabián	110	150	160	100	60	35	30	1700	0.85	55

V : Volumen pronosticado para la temporada Sep-Mar, en mill.m³

\bar{V} : Volumen promedio para la temporada Sep-Mar, en mill-m³

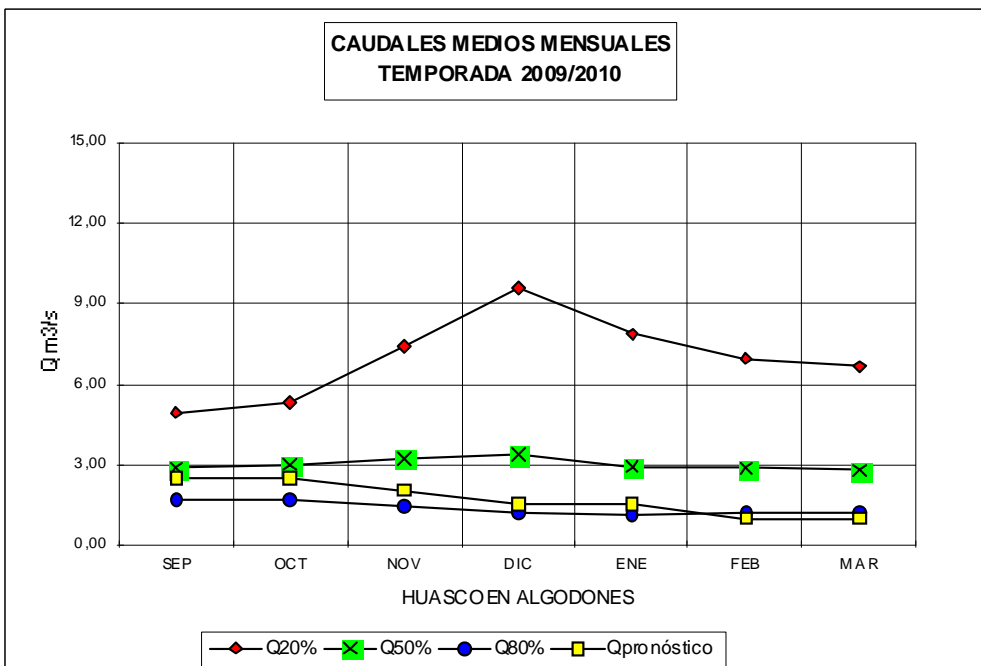
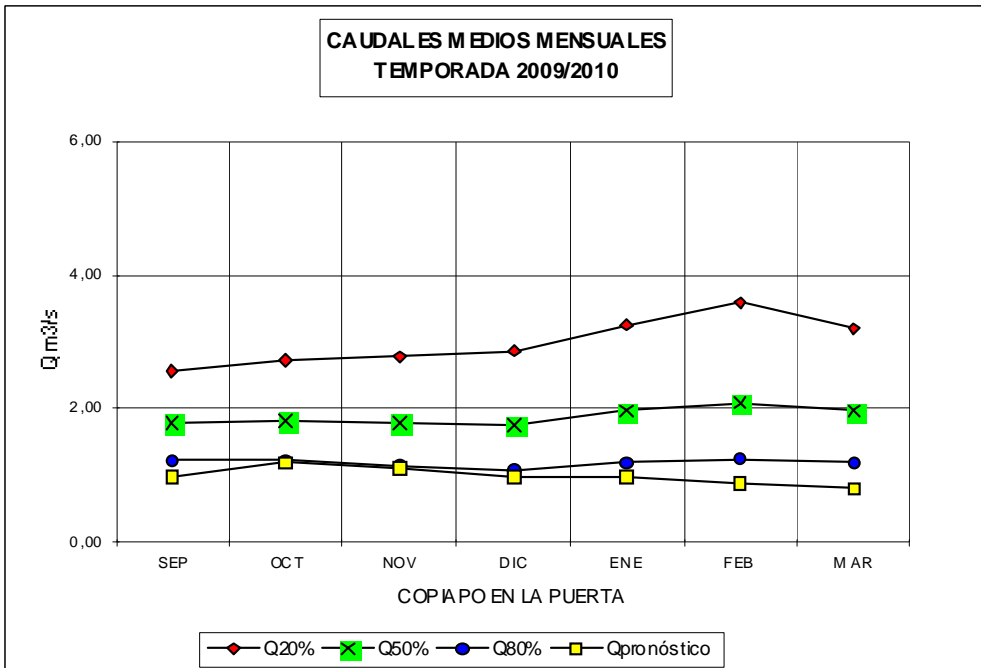
Prob.exc : Probabilidad de excedencia o número promedio de años de 100, con volúmenes superiores a la presente temporada

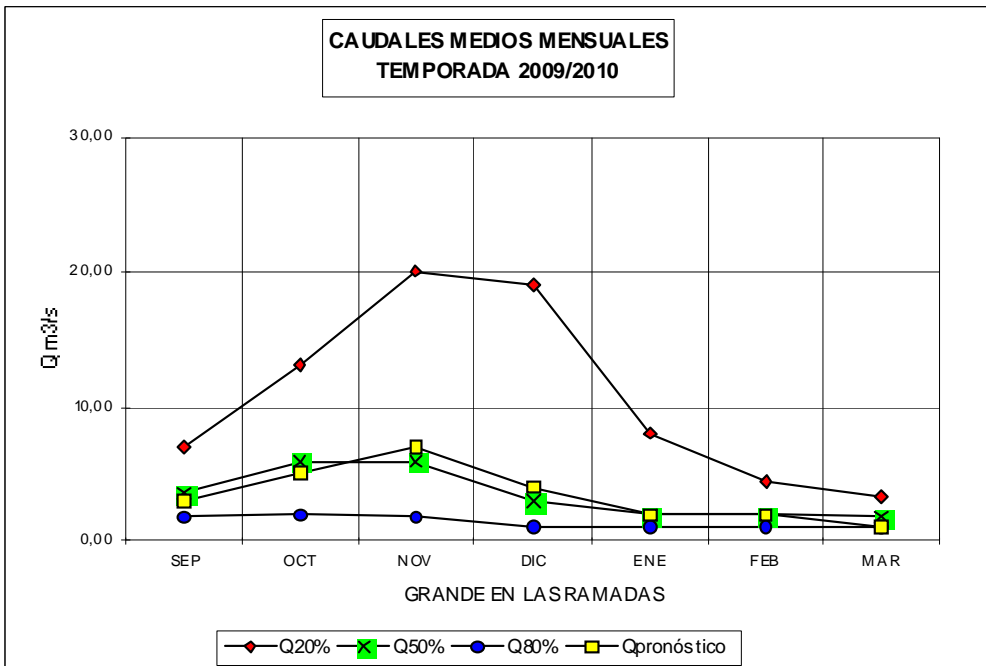
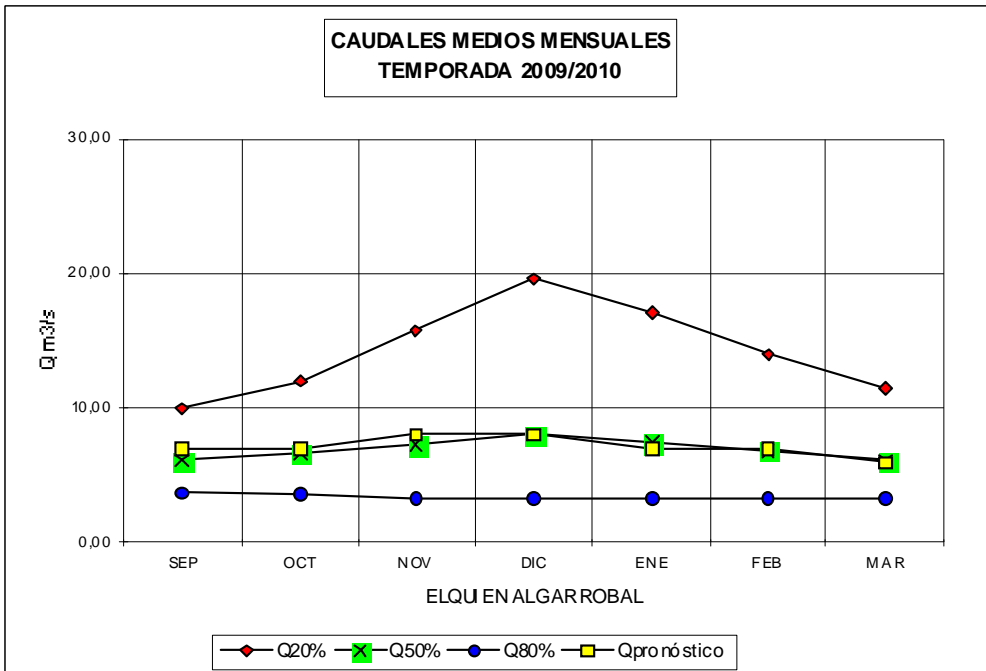


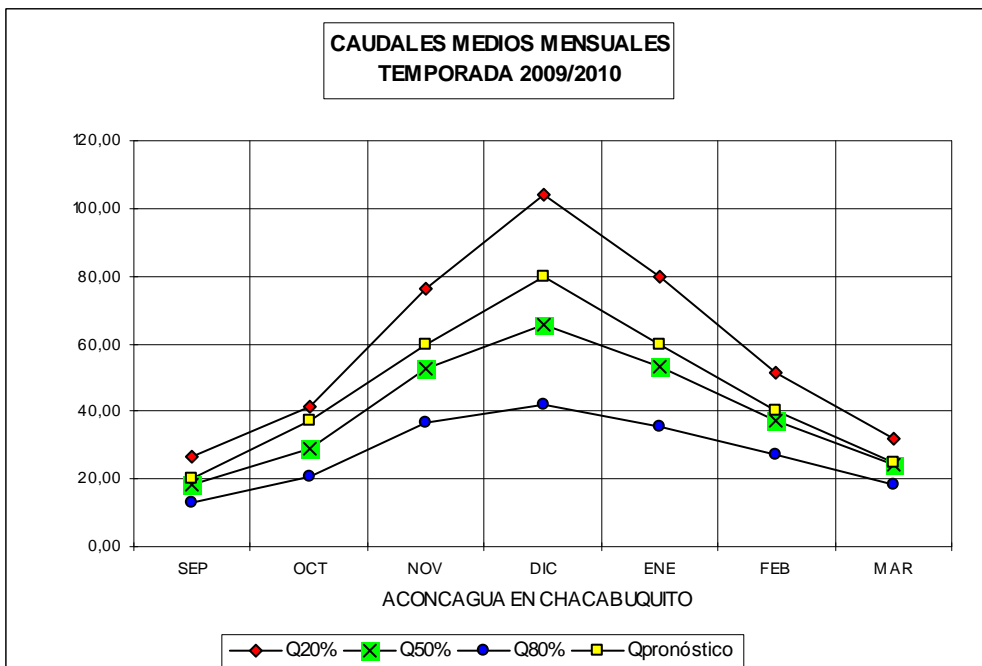
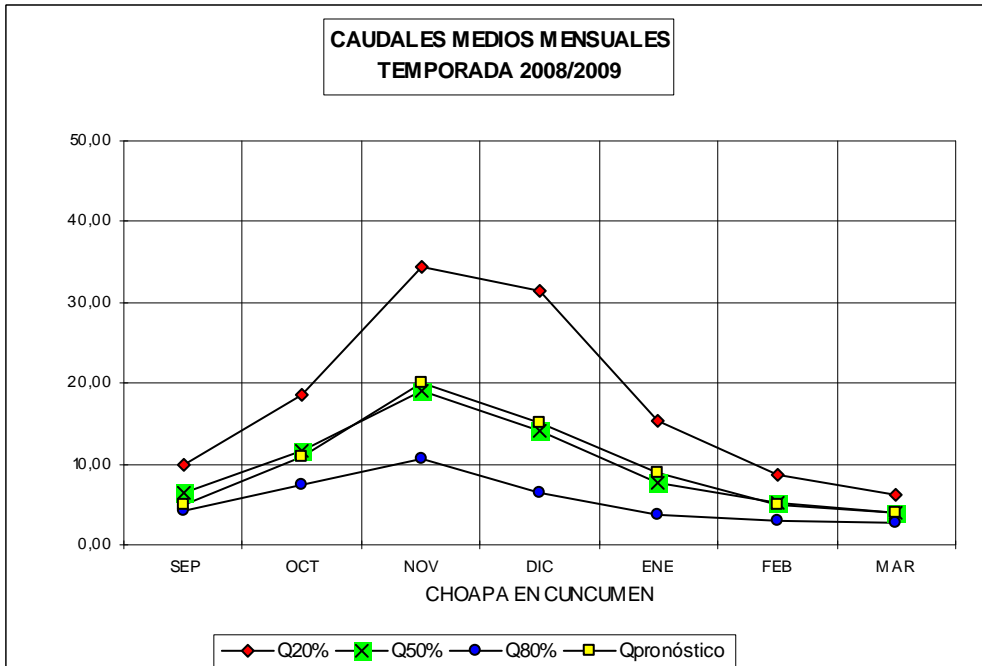
CUADRO N° 6
CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS PRONOSTICADOS
(m³/s)

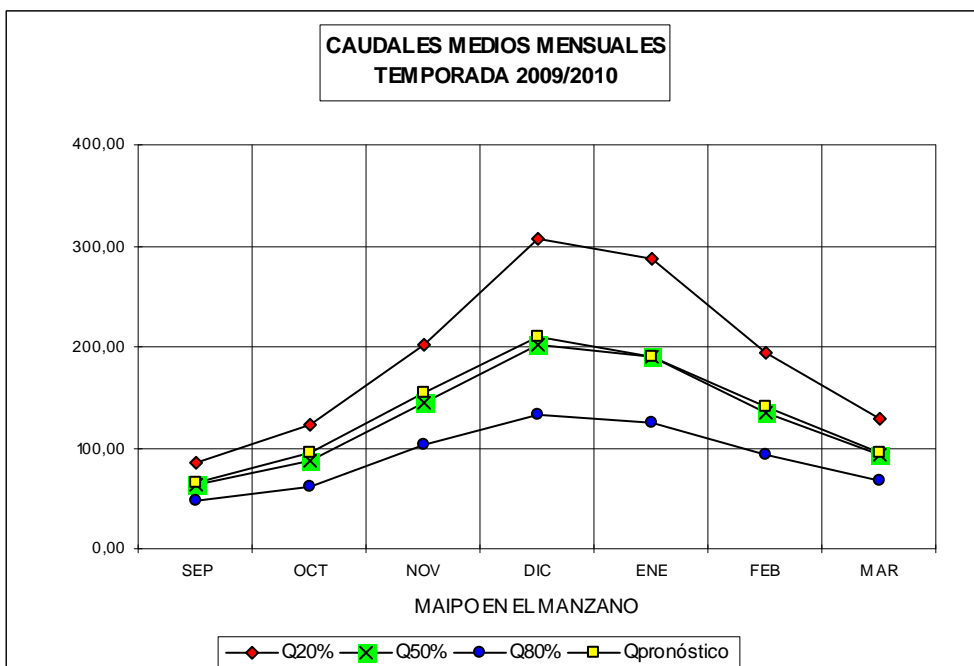
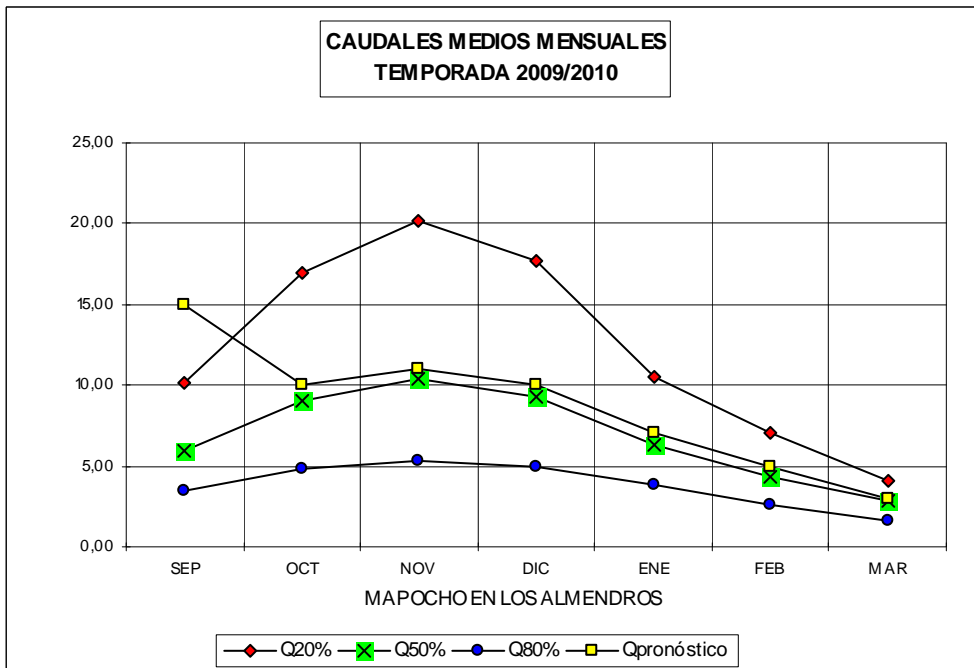
CUENCA	ESTACION	CAUDAL (m ³ /seg)
Huasco	Huasco en Algodones	4
Elqui	Elqui en Algarrobal	11
Limarí	Grande en Las Ramadas	9
Choapa	Choapa en Cuncumén	38
Aconcagua	Aconcagua en Chacabuquito	135
Maipo	Mapocho en Los Almendros	20
Maipo	Maipo en El Manzano	310
Rapel	Tinguiririca en Bajo Briones	120

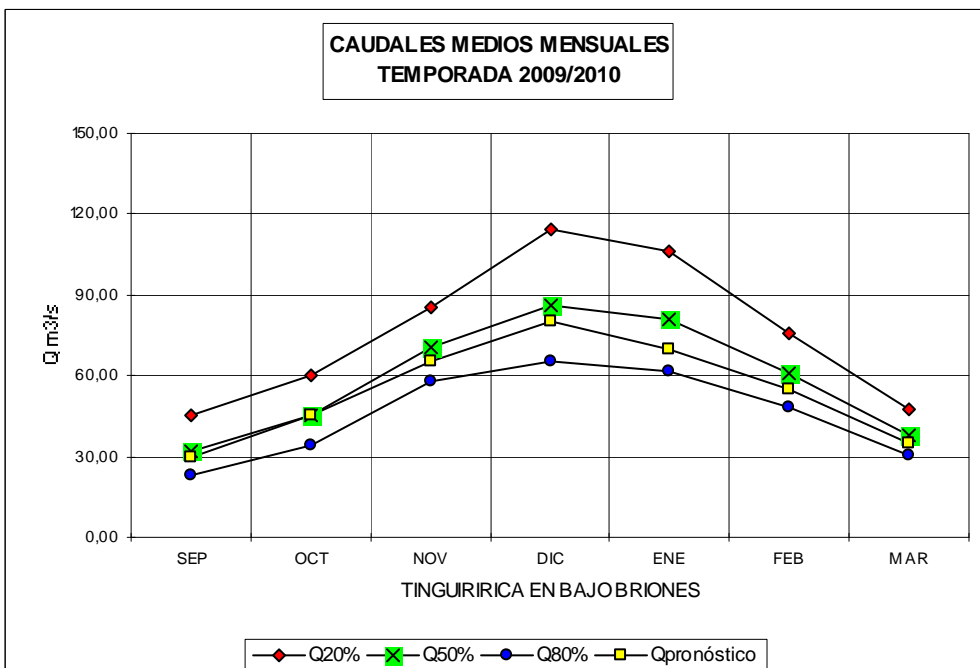
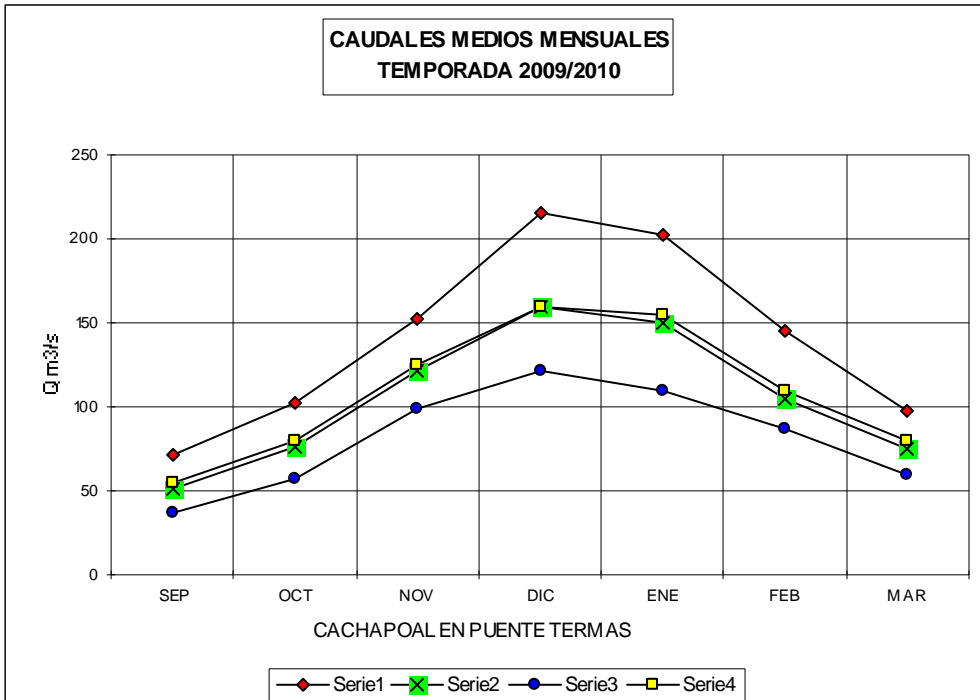


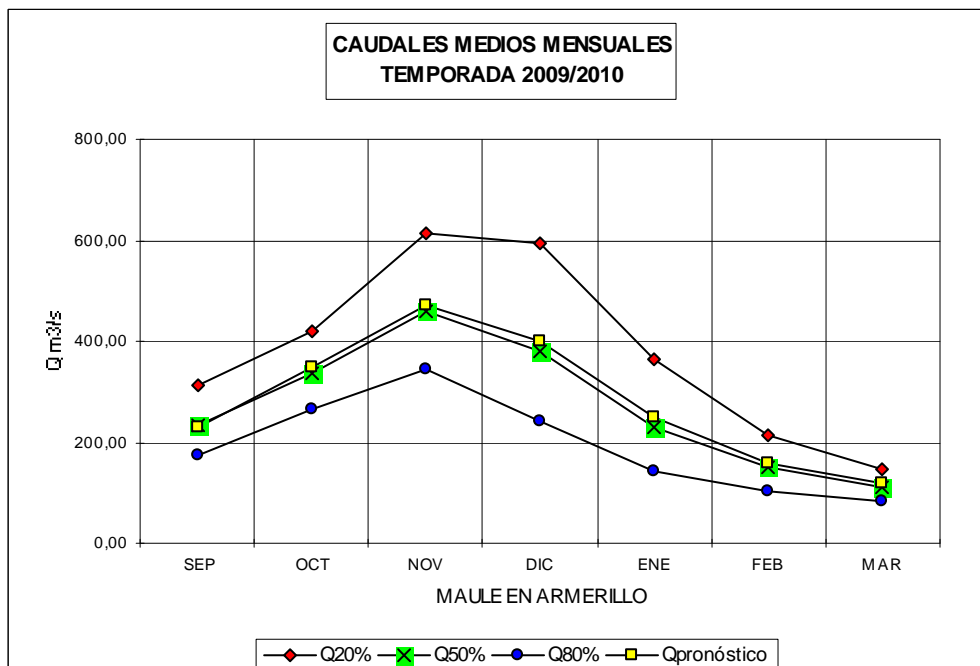
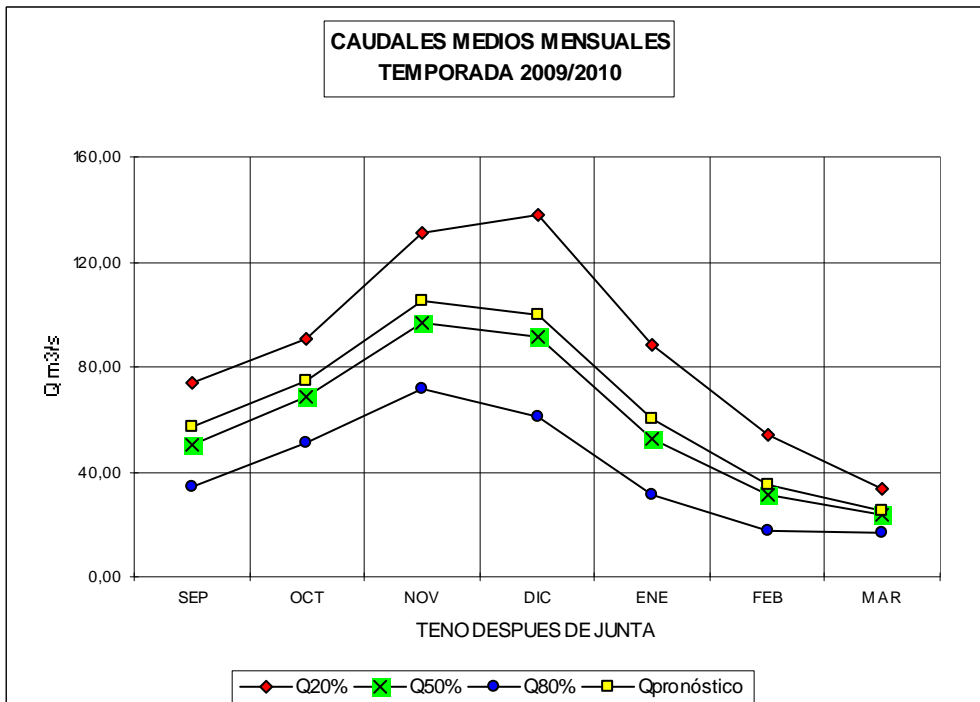


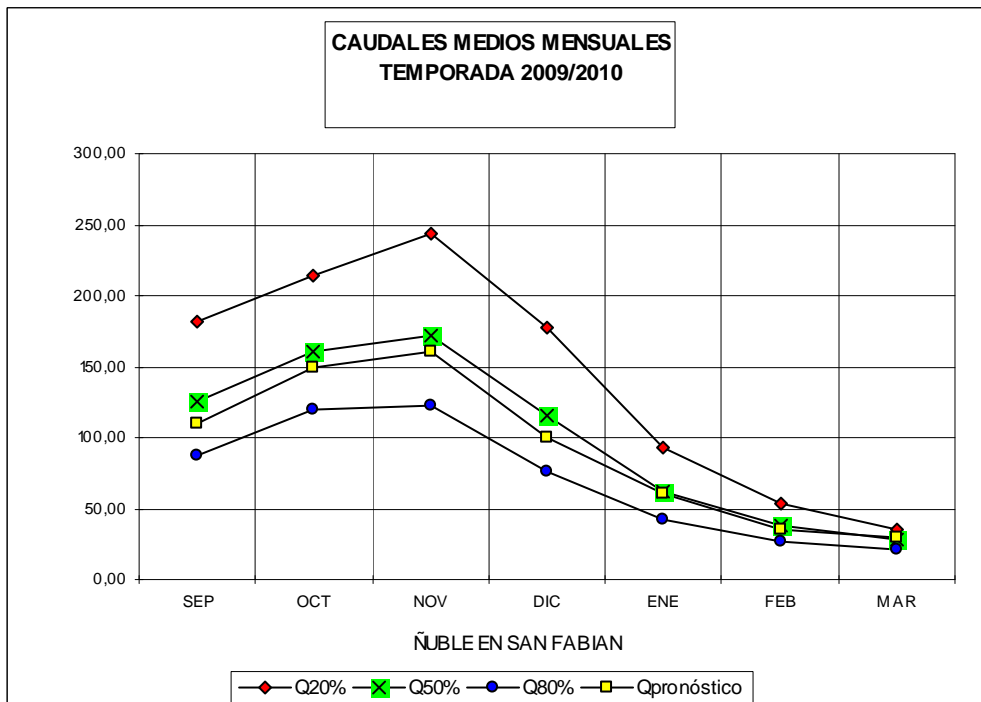












6. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que se pueden extraer de los antecedentes hidrológicos de la temporada invernal y del pronóstico, se señalan a continuación.

- El año pasado, 2008, se caracterizó por presentar precipitaciones superiores a los normales en gran parte de la zona de pronóstico, aunque con déficit marcados en el norte chico y en menor medida en algunas zonas costeras del valle central y en la cordillera desde la cuenca del Maule al sur.
- La situación pluviométrica del presente año fue deficitaria durante los primeros meses del invierno, en gran parte de la zona de pronóstico, lo que se redujo con algunos períodos importantes de precipitaciones que se registraron principalmente durante Agosto.
- Las zonas más deficitarias fueron las regiones de Atacama y Coquimbo, con valores que variaron entre 15% y 50%, y las regiones de O'Higgins y parte del Maule, con cifras del 20%.
- La acumulación nival, en líneas generales, sigue la tendencia de las precipitaciones, en el sentido que proporcionalmente los menores valores corresponden a las zonas con menores lluvias.
- Desde la cuenca del Aconcagua al Itata, los volúmenes pronosticados para la temporada son muy cercanos a los respectivos promedios históricos, situación favorable para el riego, en especial en la zonas que cuentan con embalses destinados a tales fines.
- En la Región de Coquimbo y la cuenca del Huasco, el pronóstico para la temporada corresponde a valores que varían entre un 64% y 79% de los promedios históricos. Sin embargo la existencia de embalses con importantes acumulaciones con permite asegurar la disponibilidad de recursos hídricos para la próxima temporada.
- En la cuenca del río Copiapó se pronostica un volumen de 50% respecto a su promedio histórico, situación que obligará a tomar medidas adecuadas para el uso eficiente del agua.
- Los embalses de las cuencas de los ríos Huasco y Elqui se encuentran prácticamente a capacidad máxima y aunque los aportes por deshielo no superarán los valores promedios, se puede afirmar que está asegurado el abastecimiento de las demandas de la zona para la próxima temporada.
- Los embalses del sistema Paloma almacenan a la fecha 560 mill-m³. Considerando que debe abastecer una demanda normal de 320 mill-m³ y que los aportes por deshielo se estiman en 250 mill-m³, al final de la temporada los recursos hídricos almacenados deberían disminuir alrededor de 70 mill-m³.



- El embalse El Yeso, que se usa para el agua potable de la Región Metropolitana, dispone de 165 mill-m³, volumen inferior sólo en un 6 % al promedio histórico del mes. Según los recursos hídricos esperados en el río Maipo, este embalse debería mantener al final de la temporada un volumen semejante o algo inferior al actual.
- Los embalses Laguna del Maule y Lago Laja, de regulación interanual y de uso compartido entre riego e hidroelectricidad, disponen actualmente de 714 mill-m³ y 1885 mill-m³ respectivamente, con un total de 2599 mill-m³. Considerando los caudales pronosticados, se estima que la temporada de deshielo terminarían con un volumen semejante o algo inferior.
- No se esperan problemas causados por las crecidas de deshielo.





GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS



PRONÓSTICO DE DISPONIBILIDAD DE AGUA TEMPORADA DE RIEGO 2009-2010

REALIZADO POR:
DIVISIÓN DE HIDROLOGÍA



S.D.T. N° 278
Santiago, Septiembre 2009