

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO DE USO DE PRONÓSTICOS DEL
TIEMPO EN LA GESTIÓN DEL RIESGO ANTE EVENTOS
HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS: ESTUDIO DE CASO EN EL RÍO
BIOBÍO, 11 DE JULIO DE 2006.**

WILSON WLADIMIR URETA PARRAGUEZ

Santiago, Chile
2010

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO DE USO DE PRONÓSTICOS DEL
TIEMPO EN LA GESTIÓN DEL RIESGO ANTE EVENTOS
HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS: ESTUDIO DE CASO EN EL RÍO
BIOBÍO, 11 DE JULIO DE 2006.**

**ESTIMATION OF THE ECONOMIC VALUE OF WEATHER FORECAST
UTILIZATION FOR RISK MANAGEMENT UNDER EXTREME RAINFALL
EVENTS: A CASE STUDY OF JULY 11TH 2006 IN THE BIOBÍO RIVER.**

WILSON WLADIMIR URETA PARRAGUEZ

Santiago, Chile
2010

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO DE USO DE PRONÓSTICOS DEL
TIEMPO EN LA GESTIÓN DEL RIESGO ANTE EVENTOS
HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS: ESTUDIO DE CASO EN EL RÍO
BIOBÍO, 11 DE JULIO DE 2006**

Memoria para optar al Título Profesional de:
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

WILSON WLADIMIR URETA PARRAGUEZ

PROFESOR GUÍA	Calificaciones
Sr. Alejandro León S. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	6,3
PROFESORES EVALUADORES	
Sr. Pablo Morales P. Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph.D.	6,5
Sra. María Teresa Varnero M. Químico Farmacéutico	6,0

Santiago, Chile
2010

DEDICATORIA

A mi padre

AGRADECIMIENTOS

Ha sido mucho, demasiado, el tiempo transcurrido desde el inicio de este proceso, motivo por el cual tengo la difícil tarea de sintetizar en unos cuantos párrafos mis sinceros agradecimientos a la gran cantidad de personas que estuvieron presentes durante la realización de esta memoria.

A mi viejita, el pelaito, el Nico y Pepe por su inagotable amor y preocupación, a pesar de los incontables dolores de cabeza que les he dado. También por siempre apoyarme a ojos cerrados. Me hubiera gustado haberles dado mayores satisfacciones en este tiempo y espero poder ponerme al día en el futuro, es lo mínimo que se merecen. Estoy muy orgulloso de ser hijo y hermano de ustedes.

A Alejandro León, por su guía y colaboración para la formulación y desarrollo del estudio, pero principalmente por su paciencia y comprensión ante los atrasos, incumplimientos y dificultades acontecidas. Espero que las canas verdes no sean crónicas.

A Jorge Vergara, por hacer los contactos con las asociaciones de canalistas y confiar en mí sin siquiera conocerme. Ya pasado el tiempo, también le agradezco por las muchas enseñanzas y oportunidades, siempre bajo la premisa “hacer lo que se dice”.

A las asociaciones de canalistas de los canales Biobío Norte, Sur y Negrete, por el acceso a la información y su excelente disposición. De manera muy especial a Juan Vallejos, Andrés Arriagada, Rodrigo Jelvez y Jacob Arévalo, con quienes compartí grandes momentos en el universo de Negrete.

A Yuri y Felipe por su amistad fiel y esas duras, pero necesarias palabras en los momentos de duda o confusión.

A los amigos de la universidad y la oficina por las innumerables experiencias compartidas, que me han hecho crecer como persona. Especialmente a Gloria, Cata, Belén, Pame, Claudia, Esteban, Karen, Tomás, Seba, Manu, Pía, Ray, Nato, Roxi y Felipe Espinoza, quienes colaboraron en distintas secciones, trámites y en juntar voluntades para terminar la memoria.

Finalmente a mi chiquita, Rocío, quien apareció para cambiar mi vida. Chio, creo que no existen palabras para dimensionar el amor que siento por ti y lo fundamental que has sido en TODOS los aspectos de mi vida durante estos tres inolvidables años. Gracias a ti este proceso tuvo un final, porque encontré un motivo para terminarlo, un nuevo proyecto, el construir una vida juntos y plenos. Que el mundo se prepare para nosotros.

ÍNDICE

1	SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	1
2	RESUMEN.....	2
3	ABSTRACT.....	4
4	INTRODUCCIÓN.....	6
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	8
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
5	MÉTODOS.....	9
5.1	ÁREA DE ESTUDIO Y CARTOGRAFÍA.....	9
5.2	MÉTODOS.....	11
5.2.1	<i>Objetivo 1.....</i>	<i>11</i>
5.2.2	<i>Objetivo 2.....</i>	<i>16</i>
5.2.3	<i>Objetivo 3.....</i>	<i>17</i>
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
6.1	ANTECEDENTES GENERALES.....	19
6.1.1	<i>Descripción Cuenca Río Biobío.....</i>	<i>19</i>
6.1.2	<i>Cuenca del Río Biobío hasta la Estación Hidrometeorológica Biobío en Rucalhue.....</i>	<i>19</i>
6.1.3	<i>Características Demográficas y Socioeconómicas.....</i>	<i>21</i>
6.1.4	<i>Zonas de Riego y Sistemas de Canales.....</i>	<i>23</i>
6.1.5	<i>Principales Actores Privados en la Gestión del Agua en el Área de Estudio.....</i>	<i>32</i>
6.2	DESCRIPCIÓN DEL EVENTO DEL 11 DE JULIO DE 2006.....	35
6.2.1	<i>Antecedentes Históricos en la Cuenca del Río Biobío.....</i>	<i>35</i>
6.2.2	<i>Pronósticos y Precipitaciones del Evento.....</i>	<i>37</i>
6.2.3	<i>Variación del Caudal en el Río Biobío.....</i>	<i>38</i>
6.2.4	<i>Análisis de Frecuencia de los Caudales del Evento.....</i>	<i>39</i>
6.3	GESTIÓN DEL EVENTO.....	44
6.3.1	<i>Organismos Públicos de Emergencia.....</i>	<i>44</i>
6.3.2	<i>Asociaciones de Canalistas.....</i>	<i>47</i>
6.3.3	<i>ENDESA en los Embalses Pangue y Ralco.....</i>	<i>48</i>
6.4	PRINCIPALES IMPACTOS GENERADOS POR EL EVENTO.....	50
6.4.1	<i>Daños Directos en la Población.....</i>	<i>50</i>
6.4.2	<i>Daños en la Actividad Agropecuaria.....</i>	<i>51</i>
6.4.3	<i>Consecuencias Legales y Políticas.....</i>	<i>59</i>
6.5	VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS DAÑOS EN EL SECTOR AGROPECUARIO.....	64
6.5.1	<i>Costos en Infraestructura.....</i>	<i>64</i>
6.5.2	<i>Costos en la Producción Agrícola.....</i>	<i>65</i>
6.6	VALOR ECONÓMICO DEL USO DE LOS PRONÓSTICOS DEL TIEMPO PARA LA REDUCCIÓN DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR EL EVENTO.....	67

6.7	GENERACIÓN DE INCENTIVOS PARA EL USO DE PRONÓSTICOS DEL TIEMPO PARA EL CONTROL DE CRECIDAS.....	68
7	CONCLUSIONES.....	70
8	BIBLIOGRAFÍA.....	72
9	ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Caudal mensual (m^3/s) estación Biobío en Rucalhue para probabilidades de excedencia de 5%, 10%, 20%, 50%, 85% y 95%.....	20
Cuadro 2.	Población urbana y rural en comunas del área de estudio.....	22
Cuadro 3.	Condición de pobreza de la población en comunas del área de estudio.....	22
Cuadro 4.	Superficie total y regada de las zonas de riego por comuna.....	24
Cuadro 5.	Superficie agrícola regada por el canal Biobío Norte dividida por estrato de tamaño predial.....	25
Cuadro 6.	Superficie agrícola regada por el canal Biobío Sur dividida por estrato de tamaño predial.....	25
Cuadro 7.	Superficie agrícola regada por el canal Biobío Negrete dividida por estrato de tamaño predial.....	26
Cuadro 8.	Dotación de personal e implementos en Asociaciones de Canalistas	34
Cuadro 9.	Características técnicas de los embalses Pangue y Ralco.	34
Cuadro 10.	Síntesis de los principales desastres por lluvias y crecidas extremas en la cuenca del río Biobío desde 1940.	36
Cuadro 11.	Caudales máximos anuales instantáneos del río Biobío en estación Biobío en Rucalhue.....	40
Cuadro 12.	Superficies cuencas aportantes a puntos de interés	42
Cuadro 13.	Caudales máximos anuales instantáneos del río Biobío en la bocatoma del canal Biobío Negrete.....	42
Cuadro 14.	Caudal instantáneo del río Biobío para diferentes períodos de retorno en bocatomas de los sistemas de canales, con distribuciones de probabilidades LogPearson tipo III y Gumbel.....	43
Cuadro 15.	Gestión del evento por parte de los organismos públicos entre el 7 y el 11 de Julio.....	44
Cuadro 16.	Gestión del evento por parte de los organismos públicos desde entre el 12 y el 25 de Julio.....	46
Cuadro 17.	Daños en la población debido al desastre del 11 de Julio de 2006 por comuna.....	51
Cuadro 18.	Daños en el sistema de canales Biobío Negrete por el desastre del 11 de Julio de 2006.....	57
Cuadro 19.	Porcentaje de superficie agrícola afectada por el desastre por estrato de tamaño predial.....	58

Cuadro 20.	Superficie agrícola afectada por el desastre por estrato de tamaño predial..	59
Cuadro 21.	Evaluación económica de los daños en la infraestructura de riego provocados por el desastre del 11 de Julio de 2006.	64
Cuadro 22.	Resumen de parámetros económicos unitarios por rubro agrícola y estrato de tamaño predial utilizados para la evaluación de daños en la producción agrícola.....	66
Cuadro 23.	Evaluación económica de los daños en la producción agrícola provocados por el desastre del 11 de Julio de 2006. Canal Biobío Norte.	66
Cuadro 24.	Evaluación económica de los daños en la producción agrícola provocados por el desastre del 11 de Julio de 2006. Canal Biobío Negrete.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Cuenca del río Biobío y área de estudio.....	10
Figura 2.	Ejemplo intersección comunas y zona de riego en SIG..	12
Figura 3.	Ubicación estaciones fluviométricas Biobío en Rucalhue y Biobío Ante Junta Pangué.....	21
Figura 4.	Distribución espacial y comunas de las zonas de riego.....	23
Figura 5.	Depósitos rocosos para desviar las aguas del río Biobío hacia el canal Biobío Norte.....	28
Figura 6.	Entrega del estero Manga Amarilla al canal Biobío Norte sin obra de regulación del caudal entrante.....	28
Figura 7.	Bocatoma canal Biobío Sur hacia el río Biobío (izquierda) y el inicio del canal matriz (derecha).....	29
Figura 8.	Falla por “piping” en canal matriz Biobío Sur.....	30
Figura 9.	Operación de compuerta de la bocatoma del canal matriz Biobío Negrete. .	31
Figura 10.	Contaminación canal Coihue con desechos domiciliarios.	32
Figura 11.	Centro de Los Ángeles inundado durante las precipitaciones del 11 de Julio de 2006.....	38
Figura 12.	Hidrograma de caudales instantáneos registrados en estaciones en estaciones Biobío Ante Junta Pangué y Biobío en Rucalhue. desde el 7 al 13 de Julio de 2006.	39
Figura 13.	Regresión entre caudales máximos anuales medios diarios (eje X) y caudales máximos anuales instantáneos (eje Y) para el periodo 1970-2009 en la estación Biobío en Rucalhue. 40	
Figura 14.	Tramos del canal Biobío Norte afectados por el desastre del 11 de Julio de 2006.....	52
Figura 15.	Tramo del canal Huingán Las Garzas destruido.....	52
Figura 16.	Tramos del canal Biobío Sur afectados por el desastre del 11 de Julio de 2006.....	53
Figura 17.	Reconstrucción de sector canal Biobío Sur afectado por derrumbes.	54
Figura 18.	Tramos del canal Biobío Negrete afectados por el desastre del 11 de Julio de 2006.....	55
Figura 19.	Destrucción canal matriz Biobío Negrete en dos tramos.	56
Figura 20.	Terrazas afectadas adyacentes a canal Biobío Negrete.....	56

Figura 21. Terrenos Agrícolas inundados en Santa Bárbara y rescate de ganado por lugareños en Nacimiento..... 59

1 SIGLAS Y ABREVIATURAS

CEPAL:	Comisión Económica para América latina y el Caribe
BID:	Banco Interamericano de Desarrollo
CDEC	Centro de Despacho Económico de Carga
CNE:	Comisión Nacional de Energía
COE:	Comité de Operaciones de Emergencia
CONAMA	Comisión Nacional de Medioambiente
DEM:	Modelo Digital de Elevación
DGA:	Dirección General de Aguas
DOH:	Dirección de Obras Hidráulicas
DMC	Dirección Meteorológica de Chile
GWP:	Global Water Partnership
INDAP:	Instituto de Desarrollo Agropecuario.
INE:	Instituto Nacional de Estadísticas.
MIDEPLAN	Ministerio de Planificación
MINAGRI	Ministerio de Agricultura
MINVU	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
MOP	Ministerio de Obras Públicas
ONEMI:	Oficina Nacional de Emergencias del Ministerio del Interior
OUA:	Organización de Usuarios de Agua
SIG:	Sistema de Información Geográfica
UTM:	Universal Transversal Mercator.
WGS 84:	World Geodetic System from 1984

2 RESUMEN

La gestión del riesgo de desastres naturales ha cobrado gran importancia debido al incremento en la frecuencia de eventos extremos, que han dejado de manifiesto las condiciones de vulnerabilidad física, social e institucional que facilitan la ocurrencia de daños. En este sentido, la puesta en marcha de planes de prevención y emergencia impone la necesidad de utilizar en forma oportuna la información meteorológica e hidrológica predictiva disponible para la disminución de las condiciones de riesgo existentes.

El objetivo principal del presente trabajo fue estimar el valor económico del uso de pronósticos del tiempo para la mitigación del desastre ocasionado por el evento hidrometeorológico ocurrido el 11 de Julio de 2006 en la cuenca del río Biobío.

El área de estudio corresponde a las zonas de riego abastecidas por los sistemas de canales Biobío Norte, Biobío Sur y Biobío Negrete, cuya superficie regada alcanza 33.500 ha en las regiones Del Biobío y La Araucanía. Además, se consideraron los embalses Pangué y Ralco, propiedad de ENDESA, ubicados en la parte alta de la Cuenca del río Biobío.

El evento se describió con respecto a los pronósticos informados y las precipitaciones y caudales registrados entre el 7 y 11 de Julio de 2006 en el área de estudio. Posteriormente se evaluó la magnitud del evento por medio de un análisis de frecuencia de los caudales máximos anuales instantáneos del río Biobío, estimados a nivel de las bocatomas de los sistemas de canales en el periodo 1937-2009.

También se analizó la gestión realizada por de las Asociaciones de Canalistas y ENDESA, con énfasis en la capacidad técnica y organizacional para disminuir los efectos de la crecida y la utilización de los pronósticos para la toma de decisiones.

Se determinaron los principales impactos del desastre, especialmente en la actividad agrícola de las zonas de riego, los que fueron valorados económicamente a partir del costo de reposición de la infraestructura destruida y los beneficios de producción que dejaron de percibirse en la superficie agrícola afectada, según la metodología propuesta por CEPAL (2003a y 2003b).

Finalmente se estableció la incidencia del uso adecuado de los pronósticos del tiempo en la reducción de los daños ocasionados y su relación con el valor económico estimado.

El 11 de Julio de 2006, la precipitación registrada en 24 horas fue de 241 mm, la que cuadruplicó los pronósticos informados los días anteriores. El caudal del río Biobío estimado a nivel de las bocatomas de los canales Biobío Norte y Sur fue 7.894 m³/s y en el

canal Biobío Negrete 8.289 m³/s, los mayores de toda la estadística disponible, con un periodo de retorno de 202 años.

La gestión de este evento por parte de las Asociaciones de Canalistas y ENDESA evidenció graves falencias de infraestructura y procedimientos para disminuir los efectos de las crecidas, y que en incluso provocaron el aumento artificial del caudal del río. Al momento de producirse el desastre, ENDESA no contaba con los incentivos económicos ni legales para considerar los pronósticos del tiempo para la prevención de la crecida.

El desastre provocó la muerte de siete personas, 11.525 damnificados y el deterioro de viviendas y caminos. Además ocasionó daños en la infraestructura de canales que fueron calculados en \$352.423.000 y afectó 3.135,9 ha de terrenos agrícolas, disminuyendo la producción en \$375.499.192.

El uso adecuado de los pronósticos del tiempo podría haber disminuido en forma gravitante los daños provocados por la crecida en estudio, beneficio que puede ser valorado económicamente. Sin embargo, no es posible afirmar que el valor económico de uso de los pronósticos corresponde al ahorro de la totalidad de los costos estimados, ya que en la concreción éstos también influyeron la extraordinaria magnitud del evento, la exactitud de los pronósticos y la vulnerabilidad y capacidad de la infraestructura existente para contener la crecida del río.

La promulgación de la Ley sobre Operación de Embalses Frente a Alertas y Emergencias de Crecidas el 2008, es un avance en la creación de incentivos económicos para la internalización de los daños causados por las crecidas como parte de la actividad productiva de las empresas hidroeléctricas. No obstante es necesaria la conformación de organismos multisectoriales a nivel de cuenca que enfrenten integralmente la gestión del riesgo de desastres, junto con una mayor responsabilidad social empresarial.

Palabras clave: Río Biobío, pronósticos, crecidas, desastre, gestión del riesgo, Asociaciones de Canalistas, ENDESA.

3 ABSTRACT

The management of natural disasters has achieved great importance, since the extreme events have been increasing, leaving explicitly the physical, social and institutional vulnerability, that facilitate the occurrence of damages. In this sense, the activation of emergency and prevention plans, have shown the importance of use meteorological and hydrological information to reduce the existing risk conditions.

The main objective of this work was to estimate the economic value of weather forecasts utilization in the mitigation of the disaster caused by the extreme rainy event happened in July 11th 2006 in the Biobío river basin.

The case study area includes irrigations areas supplied for the, Biobío Norte, Biobío Sur and Biobío Negrete canal systems. Surface reaches 33.500 ha in the Regions of Biobío and Araucanía. Besides, there were considered the Pangué and Ralco reservoirs, owned by ENDESA, located on the upper part of the Biobío river basin.

The event was described in regard to the forecasts informed, the rainfalls and the water flow registered between July 7th and 11th 2006, in the case study area. Then, it was evaluated the magnitude of the event through a frequency analysis of the instant maximum annual flows on the Biobío river between 1973 and 2009, estimated for the intake points of the canal systems.

Also, it was analyzed the management made by the Association of Channels Users and ENDESA, with emphasis on the organizational and technical capacity to minimize the effects of the level rise, and the use of forecasts on the decision making process.

Furthermore, there were identified the main impacts of the disaster, especially on the agricultural activity of the irrigation areas, which there were economically evaluated in terms of cost reposition of the destroyed infrastructure, and the absence of production benefits in the damaged agricultural surface, according with the CEPAL (by the acronym in Spanish) methodology (2003a and 2003b).

Finally, it was established the incidence of the proper use of weather forecasts on the reduction of damaged and their relation with the estimated economic value.

In July 11th 2006, records show that it rained 241mm in 24 hours on the higher sections of the basin, four times more than anticipated by the forecasts. Biobío river flow estimated for the intake points of the Biobío Norte and Biobío Sur channels was 7.893 m³/s, and in the Biobío Negrete channel was 8.289 m³/s, the higher values of all the available statistics, with a returning period of 202 years.

The management of this event by the Association of Channels Users and ENDESA, it showed serious problems of infrastructure and measurements to minimize the effects of the rise, which even caused the artificial increase of the river flow. At the moment when the disaster happened, ENDESA had no economic or legal incentives to consider the weather forecasts as an instrument to prevent the rise.

The disaster involved the losses of seven human lives, 11.525 injured and deterioration of households and roads. Besides, Also, it damaged the infrastructure of the canal system were calculated on \$352.423.000 (Chilean pesos) and affected 3.135,9 ha of irrigated floodplains, valued on \$375.499.192 in decreased production.

The correct weather forecasts utilization would have been seriously diminished the damaged caused by the river rise, benefit that can be economically estimated. However, it is not possible state that the economic value of weather forecasts utilization equals the savings of the estimated total costs; because they also were affected on the extraordinary magnitude of the event, the accuracy of forecasts and the vulnerability and capacity of the existing infrastructure to contain the rise of the river.

The promulgation of the Law about Operation of Reservoirs in Alerts and Emergencies of Rises in 2008 is a great advance in the creation of economic incentives for the internalization of the damages caused by the rises, as part of the production activity of the hydro-power companies. However, it is necessary the creation of multi-sectors basin organizations that integrally address the risk management of disasters, along with increase corporate social responsibility.

Key words: Biobío river, forecasts, rises, disaster, risk management, Association of Channels Users, ENDESA.

4 INTRODUCCIÓN

La investigación científica referida a los desastres naturales con potencial destructivo ha tenido importantes avances en las últimas dos décadas. Actualmente se puede estimar con mayor certeza la probabilidad que eventos hidrometeorológicos, tales como huracanes o lluvias torrenciales, se presenten en un momento y lugar específico y qué magnitud tendrán. Del mismo modo, la idea que es la magnitud, intensidad o duración de los eventos físicos lo que permite explicar por sí solo el daño sufrido ha perdido aceptación. La tendencia creciente busca encontrar además una explicación en el conjunto de las condiciones económicas, sociales y ambientales existentes en el momento del impacto (Lavell, 2002a).

Lo anterior permite identificar dos ramas de investigación muy relacionadas, pero que en la práctica se desarrollan en forma independiente. La primera se asocia al conocimiento del fenómeno desde una perspectiva natural o tecnológica mientras la segunda estudia la expresión de éste en el territorio y la sociedad como un evento de desastre, concepto eminentemente social (Cardona, 2001).

Es en esta última línea de indagación donde el concepto de *riesgo* adquiere gran importancia, siendo esencial para el análisis del desastre y la búsqueda de esquemas de intervención y acción que permitan pensar en la reducción de la probabilidad de ocurrencia de desastres en el futuro. El desastre se concibe, entonces, más en términos de la concreción o actualización de condiciones de riesgo preexistentes que como una manifestación de la "furia" de la naturaleza y de impactos inevitables (Lavell, 2002b). El riesgo se define como la probabilidad de pérdidas, en un punto geográfico definido y dentro de un tiempo específico, dada la presencia de una *amenaza* o evento con suficiente fuerza para causar daños. Además se relaciona el riesgo con condiciones particulares de *vulnerabilidad* resultantes de factores físicos, socioeconómicos, político-institucionales y ambientales que aumentan la susceptibilidad de la comunidad a los impactos de las amenazas, durante o después de su desarrollo (Cardona, 2001). Un aspecto importante es que mientras los sucesos naturales no son siempre controlables, la vulnerabilidad sí lo es (Keipi et al, 2005).

Desde hace veinticinco años la vulnerabilidad a los impactos de las amenazas naturales ha aumentado dramáticamente en América Latina y el Caribe como consecuencia de una expansión urbana rápida y desordenada, la falta de una institucionalidad sólida en el tema, descoordinación de los organismos con competencia en el tema y la pérdida de la memoria histórica de la población, entre otras causas (Mora, 1995). Un factor transversal es la carencia de incentivos para la prevención y responsabilidad conducente a la reducción de la vulnerabilidad en el diseño, ubicación y control de calidad de la infraestructura, tanto en la gestión pública y privada, como también en el comportamiento cotidiano de la sociedad. (BID y CEPAL, 2000).

Chile no escapa a la realidad de la región. Por ejemplo, se puede encontrar una institucionalidad creada especialmente para la protección civil (ONEMI), organismos sectoriales con relevancia en el manejo de los recursos naturales, tales como el MINVU, MINAGRI y MOP, e instrumentos de planificación territorial y de incentivos en las distintas escalas administrativas existentes, pero con escasa coordinación entre ellos, a pesar de existir un cuerpo legal, el Plan Nacional de Protección Civil del 2002, que les entrega responsabilidades y compone estructuras operativas al respecto (León y Aldunce, 2005).

Es así como, con la llegada de las precipitaciones, se producen nuevos episodios de emergencia tales como inundaciones y derrumbes, que ponen en evidencia la vulnerabilidad de la población y acentúan rasgos tales como la desigual situación socioeconómica existente y lo poco integrada y previsor de la gestión habitual de los recursos hídricos en nuestro país.

En este sentido, la puesta en marcha de planes de prevención y emergencia ante el riesgo de inundaciones por crecidas, tanto en el ámbito público como privado, impone la necesidad de utilizar la información meteorológica e hidrológica disponible en forma eficaz, además de generar mecanismos continuos para hacerla lo más completa, certera y operativa posible (Aldana, 2004), con el fin de evitar en lo posible pérdidas de vidas humanas, mermas en la economía e impactos ambientales.

En una cuenca, aspectos tales como el funcionamiento de los sistemas de riego y el manejo racional de los recursos disponibles en los embalses en eventos críticos obliga a operar con la previsión hidrometeorológica como una de las principales fuentes de información (Aguado, 2005). En la cuenca del río Biobío las acciones de las centrales hidroeléctricas Pangué y Ralco, las Asociaciones de Canalistas y los organismos públicos, tales como DGA y DOH, repercuten directamente en la disponibilidad y por ende en la gestión de los recursos hídricos de la cuenca, en sectores y momentos determinados, tanto en situaciones de normalidad como ante eventos extremos. Entonces es importante conocer si existen mecanismos y herramientas de gestión en concordancia a la existencia de pronósticos meteorológicos, que conduzcan a la previsión hidrológica y la consecuente disminución de los daños potenciales de una crecida del río, además del valor que representa esto para los actores involucrados.

La presente memoria de título aborda, a través del análisis de un caso de estudio, la importancia económica del uso de pronósticos del tiempo por parte de organizaciones de usuarios de agua y empresas hidroeléctricas para enfrentar un fenómeno hidrometeorológico extremo y evitar de daños en las obras de riego y la actividad agrícola asociada a ellas. El propósito de la investigación es incentivar el uso permanente y sistemático de la información meteorológica como factor preventivo en la gestión del riesgo de desastres.

El caso de estudio es el evento del día 11 de Julio de 2006 en la cuenca del río Biobío, debido a la magnitud de este evento hidrometeorológico, los daños provocados y las consecuencias económicas, sociales y legales generadas.

4.1 Objetivo General

Estimar el valor económico del uso de pronósticos del tiempo en la gestión de organizaciones de usuarios de agua y empresas privadas para la prevención y mitigación de desastres ocasionados por un evento hidrometeorológico extremo.

4.2 Objetivos Específicos

1. Analizar las características del evento hidrometeorológico del 11 de Julio de 2006, sus principales impactos y la gestión del desastre en el área de estudio.
2. Estimar el valor económico de los daños del desastre en la infraestructura de riego y la producción agrícola del área de estudio.
3. Determinar el valor del uso de los pronósticos del tiempo y su relación con la disminución de los daños ocasionados por el desastre.

5 MÉTODOS

5.1 Área de Estudio y Cartografía

La presente investigación se llevó a cabo en la zona media-alta de la cuenca del río Biobío, comprendida entre las coordenadas UTM 170.731 y 271.630 Este, 5.876.124 y 5.753.266 Norte y que comprende a las zonas de riego abastecidas por los sistemas de canales Biobío Norte, Biobío Sur y Biobío Negrete y los sectores en donde se encuentran los embalses de las centrales hidroeléctricas Pangue y Ralco (Figura 1). Indirectamente también abarca las cuencas aportantes a los sistemas de canales.

Para la descripción del área de estudio se utilizó información cartográfica digital de las comunas indicadas anteriormente. Se dispuso de las siguientes capas básicas y temáticas:

- 1 División político – administrativa.
- 2 Hidrografía.
- 3 Toponimia y red vial.

Además se utilizó un Modelo Digital de Terreno (DEM) de 90 m de resolución espacial para determinar las cuencas aportantes a las estaciones fluviométricas y las zonas de riego¹ en estudio.

La delimitación de cada zona de riego se hizo por medio de la digitalización de planos provistos por las Asociaciones de Canalistas y una verificación sobre una imagen satelital Landsat con el software ArcGis 9.3.

Todo el material fue georeferenciado en el sistema UTM huso 19 sur, Datum WGS 84.

¹ En el punto de ubicación de la bocatoma del sistema de canales respectivo en el río Biobío.

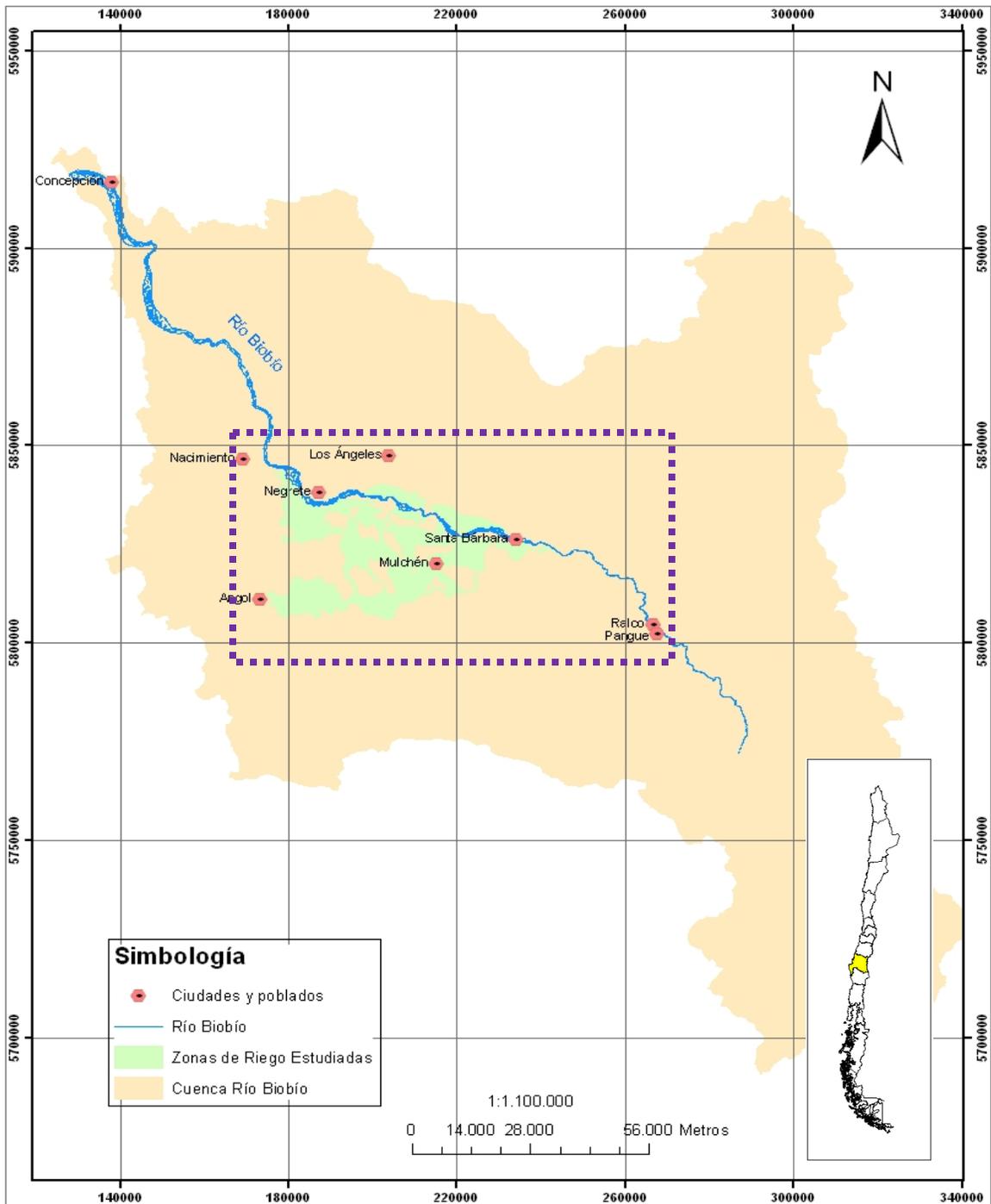


Figura 1. Cuenca del río Biobío y área de estudio. La línea segmentada indica los límites del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

5.2 Métodos

5.2.1 Objetivo 1

5.2.1.1 Descripción de las principales características del área de estudio

Se describieron los aspectos físicos de la cuenca del río Biobío, además de los aspectos demográficos y socioeconómicos más relevantes de la zona en estudio.

Posteriormente el análisis se centró en las zonas de riego abastecidas por los canales Biobío Norte, Biobío Sur y Biobío Negrete. Se describieron los principales rubros agrícolas y la superficie que cada uno representa en las zonas de riego.

Los antecedentes referentes al uso del suelo agrícola disponibles para cada zona de riego poseen al menos siete años de antigüedad (DOH 2002b, 2000 y 1999), por lo que, con el fin de poseer un panorama más realista del área de estudio e incorporar los cambios producidos en los últimos años, se realizó una actualización de dicha información.

Esta actualización se basó en información del VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007), que contiene la superficie regada a nivel comunal, clasificada por tipos cultivo y estratos de tamaño predial. Para representar la información comunal en forma proporcional a su presencia en la zona de riego respectiva, se realizaron los siguientes pasos:

1. Se determinó la superficie de cada comuna por donde atraviesa la zona de riego, intersectando sus respectivas capas espaciales con el software ArcGis 9.3 (Figura 2).

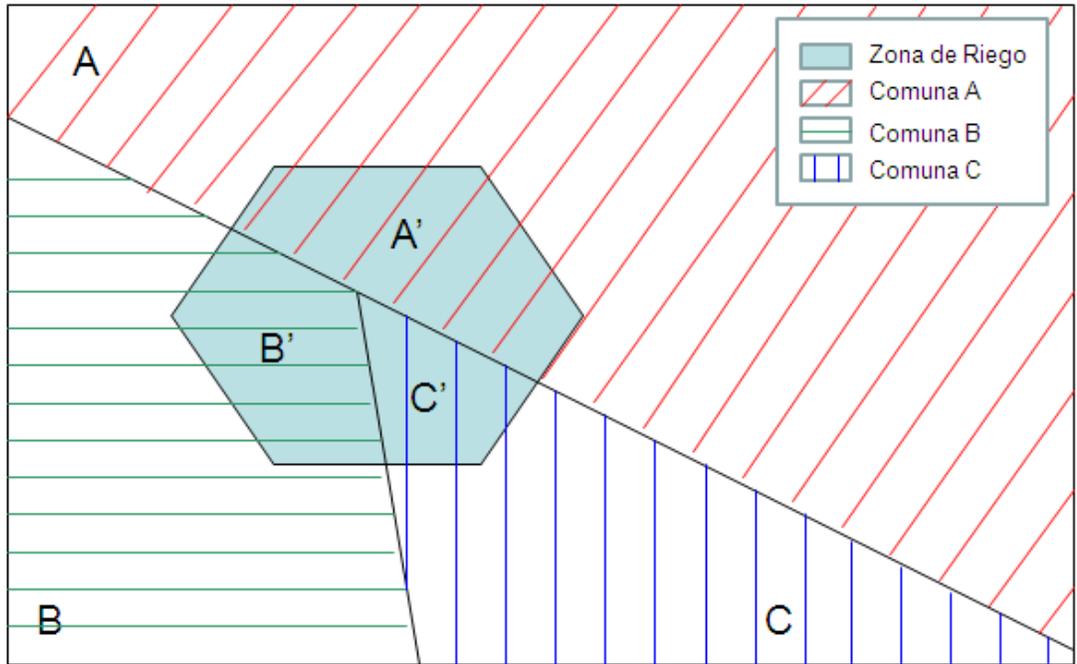


Figura 2. Ejemplo intersección comunas y zona de riego en SIG. Las zonas denominadas A', B' y C' representan los sectores de las comunas A, B y C que se encuentran dentro de la zona de riego, respectivamente. Fuente: Elaboración propia.

- Se calculó un factor de ponderación de superficie comunal (Fp) con la siguiente fórmula:

$$FpA = \frac{SupA'}{SupRiegoA} \quad (1)$$

Dónde:

FpA : Factor de ponderación de superficie para la comuna A.

$SupA'$: Superficie de la comuna A en la zona de riego.

$SupRiegoA$: Superficie de riego de la comuna A según el VII Censo Agropecuario y Forestal.

Este procedimiento fue reiterado para cada comuna involucrada en la zona de riego.

- El factor de ponderación comunal (Fp) se multiplicó por la superficie de cada cultivo por estrato de tamaño predial obtenida del VII Censo Agropecuario y Forestal en la comuna respectiva, obteniendo así la superficie comunal de cada cultivo para los estratos de tamaño predial dentro de la zona de riego.

4. Se sumó cada resultado parcial por comuna calculado en el paso 3 para conseguir los valores que representan el uso actual del suelo agrícola para la zona de riego respectiva.

Posterior a la caracterización agrícola, se expusieron los aspectos esenciales de la infraestructura de riego extrapredial de cada sistema de canales, sus problemas y aspectos de vulnerabilidad existentes.

Finalmente se realizó una descripción de los actores privados más relevantes en la gestión del agua, específicamente las Asociaciones de Canalistas de los canales Biobío Norte, Biobío Sur y Biobío Negrete y las centrales hidroeléctricas Ralco y Pangué, pertenecientes a ENDESA-Chile.

5.2.1.2 Descripción del evento hidrometeorológico y posterior desastre.

5.2.1.2.1 Revisión de antecedentes históricos de lluvias y crecidas extremas en la cuenca del río Biobío.

Se realizó una revisión bibliográfica de antecedentes históricos de desastres causados por precipitaciones extremas y crecidas del río Biobío en el área de estudio. Las fuentes de información fueron ONEMI, DMC, Gobierno Regional Del Biobío, municipalidades y las Asociaciones de Canalistas involucradas.

5.2.1.2.2 Pronósticos y evolución del evento.

Se describieron los pronósticos de precipitación existentes para el área de estudio desde el 7 de Julio de 2006, sus modificaciones subsecuentes y las precipitaciones reales registradas entre el 11 y 12 de Julio en base a los reportes de la DMC.

Además se analizaron los principales factores físicos condicionantes de la magnitud del evento, tales como las características previas de la cuenca y la duración, intensidad y extensión geográfica de la lluvia.

Se caracterizaron los caudales instantáneos medidos desde el 7 al 13 de Julio en las estaciones fluviométricas Biobío Ante Junta Pangué y Biobío en Rucalhue, disponiendo así de una referencia de la crecida del río inmediatamente aguas abajo del Embalse Pangué y en las cercanías de las zonas de riego en estudio.

5.2.1.2.3 Análisis de frecuencia de la crecida

Con el fin de dimensionar la magnitud de la crecida del río Biobío el 11 de Julio se realizó un análisis de frecuencia, metodología que permite comparar el caudal Máximo Instantáneo registrado en este evento con la serie histórica de caudales Máximos Anuales Instantáneos

disponible para un punto geográfico en particular, en este caso las bocatomas de los sistemas de canales, jerarquizando estos caudales asignándoles una probabilidad de ocurrencia y un periodo de retorno.

La fuente inicial de información fue la estadística de la estación fluviométrica Biobío en Rucalhue, la cual es la más cercana a las bocatomas de los sistemas de canales. Para esta estación se dispone de una serie de caudales Máximos Anuales Medios Diarios para el período 1937-2009, faltando tres años intermedios, además de registros con caudales Máximos Anuales Instantáneos para el periodo 1970-2009.

Esta última serie de caudales resulta insuficiente para realizar un análisis de frecuencia con un grado aceptable de confiabilidad. Por este motivo se procedió a calcular los valores para el periodo 1937-1969 en forma indirecta, con una regresión lineal entre la serie de caudales Máximos Anuales Instantáneos y su homóloga de caudales Máximos Anuales Medios Diarios para el periodo 1970-2009, para luego utilizar la ecuación resultante para completar los valores faltantes (Chow, 1994).

Posteriormente se estimaron los caudales Máximos Anuales Instantáneos a nivel de las bocatomas de los sistemas de canales Biobío Norte, Sur y Negrete a través del método de transposición simplificada de caudales (Fuster, 2007), el cual establece que los caudales de dos puntos geográficos cercanos son proporcionales a sus cuencas aportantes. Para el caso de estudio, la fórmula es la siguiente (2):

$$\frac{Q_e * A_b}{A_e} = Q_b \quad (2)$$

Donde:

Q_b : Caudal Máximo Anual Instantáneo en la bocatoma del sistema canales en m^3/s .

Q_e : Caudal Máximo Anual Instantáneo en la estación Biobío en Rucalhue en m^3/s .

A_b : Superficie de la cuenca aportante a la bocatoma del sistema de canales en km^2 .

A_e : Superficie de la cuenca aportante a la estación Biobío en Rucalhue en km^2 .

Con la serie de caudales Máximos Anuales Instantáneos completa y ajustada para cada sistema de canales se realizó el análisis de frecuencia del evento del 11 de Julio de 2006. Para el cálculo de la probabilidad de ocurrencia y el periodo de retorno se utilizaron las distribuciones probabilísticas de LogPearson tipo III y Gumbel o de Valores Extremos tipo I (Chow, 1994), evaluando la consistencia de cada distribución con la prueba de bondad de Kolmogorov - Smirnov.

5.2.1.2.4 Gestión del evento.

Se describieron cronológicamente las acciones emprendidas por parte de los principales organismos públicos ligados al Sistema Nacional de Protección Civil, señalando aspectos referentes a la previsión de la ocurrencia del evento del 11 de Julio, la generación de mecanismos de alerta temprana y la gestión post-desastre.

Luego se analizó la gestión por parte de las Asociaciones de Canalistas y ENDESA en las centrales hidroeléctricas Pangue y Ralco en la generación de condiciones de riesgo antes y durante la crecida del 11 de Julio, estableciendo las posibles causas y responsabilidades al respecto.

Los aspectos analizados en las Asociaciones de Canalistas fueron los siguientes:

- Calificación del personal.
- Existencia y características de sistemas de prevención y alerta temprana.
- Mecanismos de obtención y uso de la información meteorológica.
- Tiempos de respuesta ante la emergencia.
- Pertinencia y disponibilidad de fondos de emergencia.

En el caso del accionar de ENDESA se hizo hincapié en las características de las descargas de agua desde los embalses, especialmente Pangue, y la capacidad técnica que poseía la empresa para evitar la ocurrencia del desastre.

Especial atención merecieron las opiniones de los administradores de las Asociaciones de Canalistas, declaraciones en los medios de prensa y los informes de carácter técnico y político y que analizaron el desastre (Cámara de Diputados del Congreso de Chile, ONEMI y DOH), que entregan antecedentes sobre la construcción social del desastre y la vulnerabilidad existente.

5.2.1.2.5 Principales impactos del desastre.

Se adoptó el enfoque metodológico de CEPAL (2003a), que recomienda para el análisis de eventos ocurridos hace más de dos meses utilizar como base de referencia reportes e indicadores oficiales y antecedentes de prensa, los que pueden ser respaldados por información primaria de expertos y actores claves.

Se realizó una descripción general de los efectos directos en las personas y viviendas del área de estudio generados por el desastre y registrados en el reporte respectivo de ONEMI (2006).

Se describió en forma detallada la infraestructura de riego extrapredial afectada en las tres zonas de riego consideradas, en base a la evaluación de daños realizada por cada Asociación de Canalistas y los informes de contingencia de la DOH. La descripción se complementó con opiniones de los administradores Asociaciones de Canalistas.

El daño en la infraestructura de riego puede repercutir negativamente en la oferta de agua para el uso agrícola. Si esta situación se mantiene por un periodo prolongado puede afectar la producción de los cultivos en la zona regada por cada canal, por lo que es muy importante cuantificar este impacto. Se estimó la superficie agrícola que no tuvo producción la temporada 2006-2007 en cada zona de riego y los principales cultivos comprometidos, con datos recabados en INDAP y la prensa escrita regional y nacional. Esta información fue presentada y discutida con administradores y directores de las Asociaciones de Canalistas, con el fin de determinar la superficie y rubros agrícolas afectados por estrato de tamaño predial.

5.2.1.2.6 Otras Consecuencias

Se describieron las principales consecuencias sociales, políticas y legales del evento. Específicamente se consideraron los siguientes aspectos:

- Protestas y denuncias por parte de los afectados.
- Conformación, desarrollo y conclusiones de la Comisión Investigadores del caso Pangue que llevó a cabo la Cámara de Diputados de Chile.
- Promulgación de la Ley sobre Operación de Embalses Frente a Alertas y Emergencias de Crecidas de 2008.

5.2.2 Objetivo 2

5.2.2.1 Valoración económica de los principales impactos del desastre

CEPAL (2003b) revisa distintas metodologías de valoración económica del daño de un desastre en la población, la infraestructura y las actividades productivas, y destaca el uso de métodos indirectos basados en información secundaria, debido a la mayor facilidad de obtención de datos objetivos luego de haber transcurrido un tiempo prolongado desde el evento en estudio.

Se valoraron los daños en la infraestructura de riego extrapredial y en producción agrícola en términos de la superficie del área de estudio afectada.

5.2.2.1.1 Daños en la infraestructura de riego

En el caso de la infraestructura de riego extrapredial y las áreas de servidumbre adyacentes se empleó el método de valoración económica de Costos de Reposición, que consiste en

calcular los costos necesarios para reponer todos aquellos componentes afectados negativamente por un cambio en el entorno, volviendo de esta forma a la situación original (Azqueta, 2002), en este caso antes del desastre.

Los datos se obtuvieron de las evaluaciones de daños realizadas por las Asociaciones de Canalistas afectadas y los informes de contingencia desarrollados por la DOH, como también a partir de proyectos presentados con posterioridad al desastre, los cuales buscaron solucionar problemas derivados de éste. Al momento de sistematizar los datos se tuvo especial preocupación por evitar duplicar costos de reparación en una misma obra, debido a las distintas fuentes de información utilizadas.

No se consideró la valoración económica de los daños en la infraestructura de riego intrapredial, debido a que ninguna fuente de información contempla esta evaluación específica.

5.2.2.1.2 Daños en la producción agrícola

Para la valoración de daños en la producción agrícola se utilizaron márgenes económicos unitarios por hectárea de cultivos representativos de cada rubro agrícola y estratos de tamaño predial existentes en la zona de estudio. Cada margen se obtiene de una ficha técnico-económica que registra los ingresos recibidos por venta del producto y los gastos incurridos en el uso de maquinaria, mano de obra y adquisición de insumos involucrados en la producción de una hectárea del cultivo analizado². Para este estudio se utilizaron las fichas técnico-económicas resumidas del Plan Director para la Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Maule (DGA, 2007), el cual a su vez se basó en los estudios de mejoramiento de infraestructura de los sistemas de riego del Embalse Tutuven (DOH, 2006a) y el Canal Maule Sur (DOH, 2002a).

Los márgenes unitarios de cada rubro agrícola fueron multiplicados por la superficie afectada respectiva. Así se obtuvo el valor del daño en la producción por zona de riego y el área de estudio.

5.2.3 Objetivo 3

5.2.3.1 Determinación de relación entre el uso de los pronósticos del tiempo y la disminución del valor económico de los daños para el caso de estudio

Se discutió la relevancia del uso de los pronósticos del tiempo para la disminución de daños, tanto desde el punto de vista conceptual como también en el caso en estudio.

² El margen económico del cultivo corresponde a la sustracción entre ingresos y costos de cada ficha técnica.

Luego se estableció la relación entre el uso de los pronósticos del tiempo y la valoración de los daños efectuada en la actividad agrícola.

Se analizó la pertinencia de otras causas, ajenas al uso adecuado de los pronósticos del tiempo, que pudieron haber influido en la ocurrencia del desastre y los costos estimados.

5.2.3.2 Identificación de incentivos para el uso de los pronósticos del tiempo para el control de crecidas

Se analizaron los incentivos que se generaron con las modificaciones legales adoptadas luego de la ocurrencia del desastre del 11 de Julio de 2006, tendientes a la regulación de las descargas desde los embalses con potencial de causar daños aguas abajo de su ubicación basándose en la mejor utilización de los pronósticos del tiempo.

Finalmente se propusieron líneas de acción distintas a la creación de incentivos para la gestión del riesgo en la cuenca que involucren a todos los actores relevantes.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Antecedentes Generales

6.1.1 Descripción Cuenca Río Biobío

La cuenca del río Biobío es la tercera más grande del país con una superficie de 24.029 Km². Se ubica principalmente en la Región Del Biobío, aunque existen sectores en las provincias de Malleco y Cautín en la Región de la Araucanía.

El río Biobío nace en la ribera oriental de la laguna Gualletué en la cordillera de los Andes y entre sus primeros aportes se destacan los ríos Lonquimay y Rehue, luego de lo cual el río comienza a encajonarse, el relieve se vuelve más accidentado y la velocidad de sus aguas aumenta, recibiendo el aporte de cursos de agua menores (DGA, 2004a).

Más abajo, cerca del pueblo de Negrete, desemboca por la ribera norte el río Duqueco y por la sur el río Bureo. Próximo a Nacimiento recibe al río Vergara y en las cercanías de San Rosendo al río Laja, su afluente más importante (DGA, 2004b).

El río Biobío no presenta lagos o ensanchamientos importantes en su curso medio, lo que provoca un arrastre excesivo de sedimentos que embancan su lecho. Estos bancos muchas veces son móviles, por lo que obliga a las Asociaciones de Canalistas a disponer de desripiadores en las bocatomas de los canales (DOH, 1999).

En los tramos finales el río Biobío presenta un lecho muy ancho, de más de 2 km frente a San Pedro de la Paz. Se encuentra embancado con arena gruesa, de manera que en su desembocadura se forma una barra que impide la navegación desde y hacia el océano.

6.1.2 Cuenca del Río Biobío hasta la Estación Hidrometeorológica Biobío en Rucalhue

La estación Biobío en Rucalhue registra los valores que definen la precipitación y la escorrentía de la cuenca del río Biobío hasta su zona media y es utilizada como referencia para el diseño de las obras de los sistemas de canales del área de estudio (DOH, 2000). Esta estación se encuentra a 245 m.s.n.m, en la salida del río Biobío de la Cordillera de los Andes, cuando se comienza a internar en el Valle Central, muy cerca del poblado de Santa

Bárbara (Figura 3). Hasta el punto donde se ubica la estación la cuenca del río Biobío drena 7.044 km².

En esta zona los deshielos ejercen influencia importante en el comportamiento del río, reflejándose con mayor fuerza en los caudales del mes de Octubre. Se puede observar que para años secos los aportes nivales son ligeramente mayores que pluviales. En tanto que para años húmedos la situación se invierte, siendo los caudales generados por precipitaciones el 70% del caudal acumulado anual (DGA, 2004a).

Para un año promedio (50% probabilidad de excedencia) se observa una gran semejanza de los caudales acumulados entre Junio y Agosto (1.974,7 m³/s) con los registrados entre Octubre y Enero (1.962,5 m³/s), por lo que se considera que esta parte de la cuenca posee un régimen pluvio-nival en la escorrentía del río. En el Cuadro 1 se resumen los caudales mensuales para probabilidades de excedencia de 5%, 10%, 20%, 50%, 85% y 95%.

Cuadro 1. Caudal mensual (m³/s) estación Biobío en Rucalhue para probabilidades de excedencia de 5%, 10%, 20%, 50%, 85% y 95%.

Meses	Probabilidad de Excedencia					
	5%	10%	20%	50%	85%	95%
Abril	404	302,9	221,5	134,9	85,8	70,6
Mayo	1202,2	902,3	637,6	329,3	145,9	90,3
Junio	1439,2	1193,6	951,5	617	361,9	264,5
Julio	1455,2	1246,9	1029,8	701,9	410,6	278,4
Agosto	1062,3	972,5	863,7	655,8	399,7	249,2
Septiembre	1111,3	926,2	759	556,9	430,7	390,8
Octubre	1042,3	966,8	875,4	700,7	485,6	359,2
Noviembre	968,2	895,5	807,4	639,1	431,9	310,1
Diciembre	857,3	726,3	594,1	404,7	252,2	191,1
Enero	369,3	331,9	289,4	217,9	147,4	114,3
Febrero	245,1	218,1	190,1	147,6	109,9	92,8
Marzo	181,4	163,6	145	117	92,1	80,8
Junio-Agosto	3956,6	3412,9	2845	1974,7	1172,1	792,2
Octubre-Enero	3237	2920,4	2566,4	1962,5	1317	974,7

Fuente: DGA (2004a).

Cabe destacar que en la parte alta de la cuenca se ubica la estación fluviométrica Río Biobío ante Junta Pangue, la que se ubica inmediatamente aguas abajo de la central hidroeléctrica del mismo nombre y que por ende registra de mejor forma el aporte de las descargas de los embalses Pangue y Ralco al río (Figura 3).

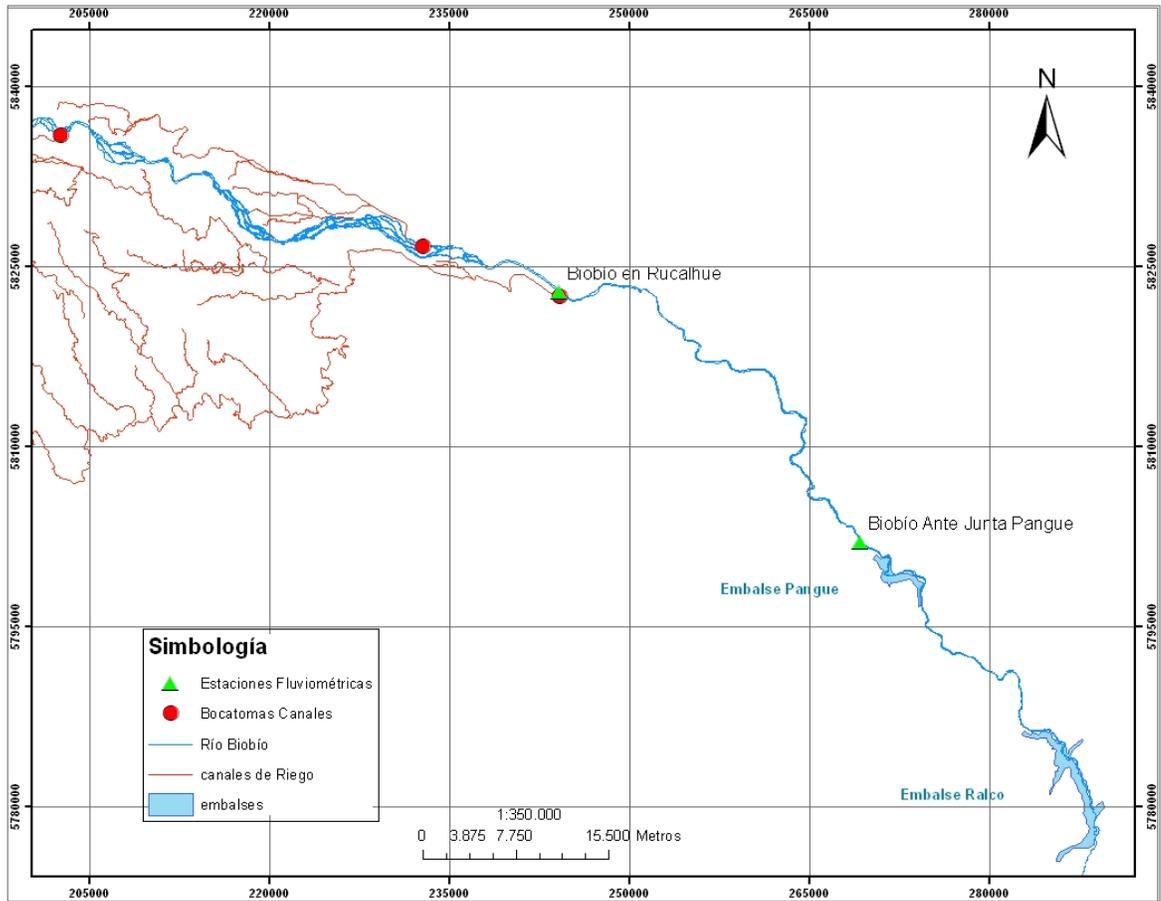


Figura 3. Ubicación estaciones fluviométricas Biobío en Rucalhue y Biobío Ante Junta Pangué. Fuente: Elaboración propia.

6.1.3 Características Demográficas y Socioeconómicas

El área de estudio comprende sectores en seis comunas en la región Del Biobío y tres en la región de La Araucanía. La composición demográfica es diversa, existiendo comunas con población mayoritariamente urbana, por ejemplo Los Ángeles y Angol, y otras con un marcado sello rural, llegando en algunos casos al 60% de la población total comunal (Cuadro 2).

Cuadro 2. Población urbana y rural en comunas del área de estudio.

Región	Comuna	Población Total	Población Urbana	Población Rural	Ruralidad (%)
Biobío	Los Ángeles	166.556	123.445	43.111	25,88
	Santa Bárbara	19.970	7.932	12.038	60,28
	Quilaco	4.021	1.612	2.409	59,91
	Mulchén	29.003	21.819	7.184	24,77
	Negrete	8.579	5.283	3.296	38,42
	Nacimiento	25.971	20.884	5.087	19,59
La Araucanía	Angol	48.996	43.801	5.195	10,60
	Renaico	9.128	6.878	2.250	24,65
	Collipulli	22.354	16.006	6.348	28,40
Total Área de Estudio		334.578	247.660	86.918	25,98

Fuente: INE (2002).

El porcentaje de población pobre en las comunas del área de estudio (Cuadro 3) alcanza 21,9%, el que se encuentra por sobre el 21,0% regional y el 15,1% a nivel país (MIDEPLAN, 2009).

Cuadro 3. Condición de pobreza de la población en comunas del área de estudio

Región	Comuna	Condición de Pobreza (%)			
		Total Pobres	Pobres no indigentes	Pobres Indigentes	No Pobres
Biobío	Los Ángeles	17,3	13,6	3,7	82,7
	Santa Bárbara	24,6	17,0	7,6	75,4
	Quilaco	31,1	22,4	8,7	68,9
	Mulchén	26,0	20,5	5,5	74,0
	Negrete	29,2	21,9	7,3	70,8
	Nacimiento	25,8	16,2	9,6	74,2
La Araucanía	Angol	22,7	16,0	6,7	77,3
	Renaico	32,3	24,5	7,8	67,7
	Collipulli	33,2	21,4	11,8	66,8

Fuente: MIDEPLAN (2009).

La principal actividad económica es la agricultura, que demanda el 20,3% de la población económicamente activa, lo que representa 19.785 personas. Si no se considera la comuna de Los Ángeles, principal polo urbano de la provincia Del Biobío, el porcentaje aumenta a 26,4%, llegando a 11.644 personas (INE, 2002).

Estos valores confirman la significancia de la agricultura en el área de estudio y permiten dimensionar las enormes repercusiones económicas y sociales que puede tener, por ejemplo, la destrucción de la infraestructura de riego y la pérdida de terrenos agrícolas debido a la crecida de un cauce.

6.1.4 Zonas de Riego y Sistemas de Canales

6.1.4.1 Características Generales

Las zonas de riego de los canales Biobío Norte, Sur y Negrete (Figura 4) componen parte importante de las áreas agrícolas de la cuenca del río Biobío, alcanzando una extensión total cercana a las 65.000 ha³, de las cuales se riegan 33.500 ha.

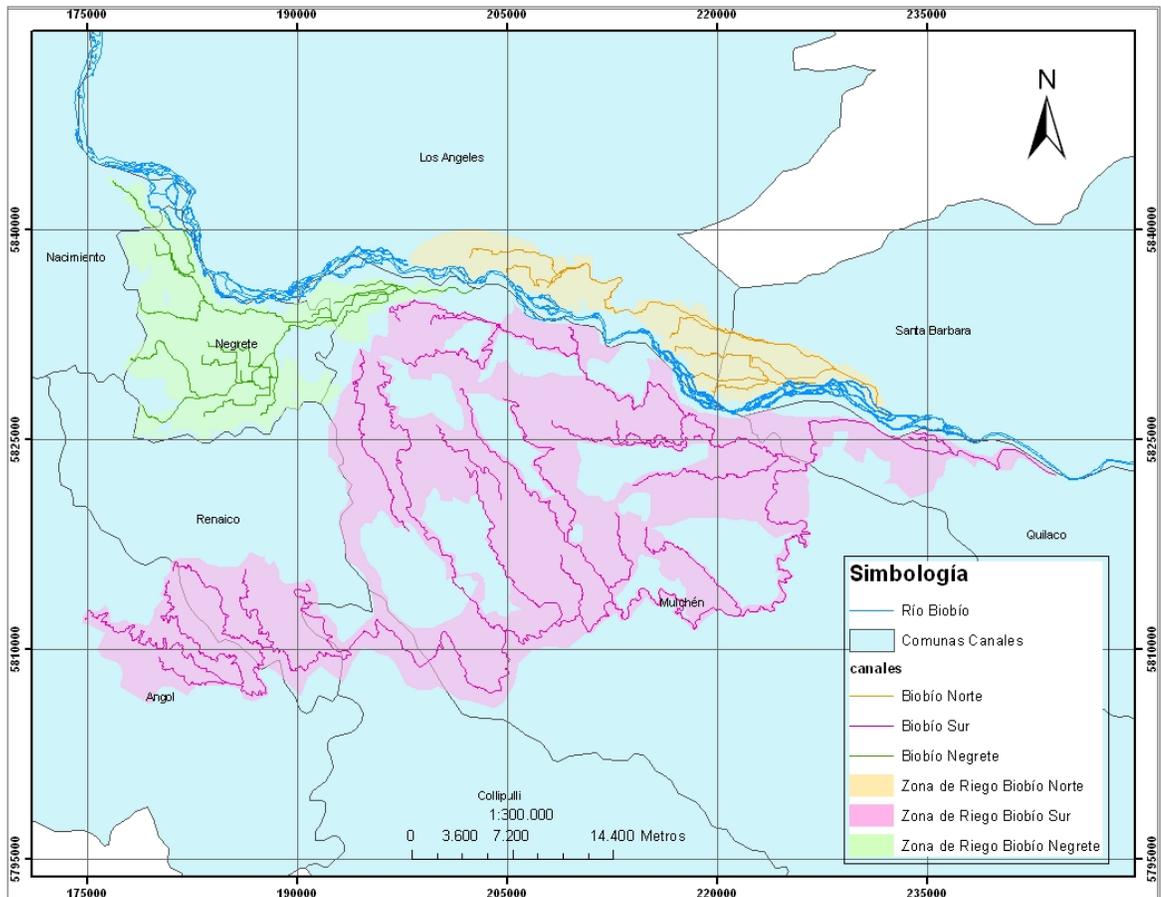


Figura 4. Distribución espacial y comunas de las zonas de riego. Fuente: Elaboración Propia.

La zona de riego del canal Biobío Norte comprende terrenos ubicados en las comunas de Santa Bárbara y Los Ángeles. Su superficie predial total es 11.550 ha, de las cuales se riegan 7.000 ha (DOH, 2002b).

Por su parte, la zona de riego del canal Biobío Sur, con una superficie predial total de 39.947,4 ha y 25.855,7 ha de riego efectivo, es la de mayor de la región Del Biobío (DOH,

³ Corresponde a la superficie total de los predios abastecidos por los sistemas de canales.

1999). Se ubica en sectores de las comunas de Negrete, Quilaco y Mulchén en la región Del Biobío y Angol, Collipulli y Renaico en la región de La Araucanía.

Finalmente, la zona de riego del canal Biobío Negrete se ubica principalmente la comuna de Negrete y en algunos sectores en las comunas de Mulchén y Nacimiento. La superficie regada es 6.945,3 ha, dentro de un área predial total de 13.301,7 ha (DOH, 2000).

6.1.4.2 Uso del Suelo Agrícola

A partir de los datos del VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007) ajustados según la metodología descrita, se obtuvo la superficie regada de cada zona de riego por comuna (Cuadro 4).

Cuadro 4. Superficie total y regada de las zonas de riego por comuna

Comunas	Superficie Total (ha)			Superficie Regada (ha)		
	Biobío Norte	Biobío Sur	Biobío Negrete	Biobío Norte	Biobío Sur	Biobío Negrete
Los Ángeles	7.770,5	0,0	0,0	4.763,7	0,0	0,0
Santa Bárbara	3.729,5	0,0	0,0	2.286,3	0,0	0,0
Quilaco	0,0	2.729,2	0,0	0,0	1.766,5	0,0
Mulchén	0,0	28.174,4	1.885,2	0,0	18.235,7	984,3
Negrete	0,0	57,5	10.964,1	0,0	37,2	5.724,8
Nacimiento	0,0	0,0	452,4	0,0	0,0	236,2
Angol	0,0	3.544,0	0,0	0,0	2.293,8	0,0
Renaico	0,0	3.948,5	0,0	0,0	2.555,6	0,0
Collipulli	0,0	1.493,9	0,0	0,0	966,9	0,0
TOTAL	11.500,0	39.947,4	13.301,7	7.050,0	25.855,7	6.945,3

Fuente: Elaboración propia a partir de planos de zonas de riego DOH (1999, 2000 y 2002b) y posterior intersección con mapas de división comunal con el Software ArcGis 9.3

La zona de riego del canal Biobío Norte se caracteriza por la producción de cultivos forrajeros (47,1%) y cereales (31,7%), principalmente en el estrato predial mayor a 100 ha (Cuadro 5).

Cuadro 5. Superficie agrícola regada por el canal Biobío Norte dividida por estrato de tamaño predial.

Rubros	Área por Estratos (ha.)				TOTAL
	Subsistencia (0 - 5 ha.)	Pequeño (5 - 20 ha.)	Mediano (20 - 100 ha.)	Grande (> 100 ha.)	
Cereales	59,0	1.155,3	393,7	630,6	2.238,6
Leguminosas y tubérculos	3,1	55,0	29,6	73,4	161,1
Cultivos industriales	3,0	323,2	136,6	282,5	745,3
Hortalizas	22,3	80,7	32,6	55,6	191,2
Flores	0,0	0,6	0,2	0,4	1,2
Plantas forrajeras	53,4	798,0	647,7	1.819,0	3.318,0
Frutales	27,2	108,0	59,8	121,9	316,9
Viñas y parronales viníferos	0,8	13,4	2,0	0,7	16,8
Viveros	0,2	2,8	1,5	3,8	8,3
Semilleros	0,9	14,4	9,8	27,5	52,6
TOTAL	169,9	2.551,3	1.313,5	3.015,3	7.050,0

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2007).

En el caso del canal Biobío Sur, la mayor parte de la superficie corresponde a cereales, principalmente maíz, los que ocupan el 51% de la zona de riego, seguidos por los cultivos forrajeros y los cultivos industriales (Cuadro 6).

Cuadro 6. Superficie agrícola regada por el canal Biobío Sur dividida por estrato de tamaño predial.

Rubros Productivos	Área por Estratos (ha.)				TOTAL
	Subsistencia (0 - 5 ha.)	Pequeño (5 - 20 ha.)	Mediano (20 - 100 ha.)	Grande (> 100 ha.)	
Cereales	137,2	2.983,3	2.767,5	7.372,8	13.260,8
Leguminosas y tubérculos	2,5	41,7	31,6	89,8	165,5
Cultivos industriales	1,7	412,0	491,7	1.290,1	2.195,6
Hortalizas	33,4	116,5	38,9	62,9	251,7
Flores	0,0	0,4	0,2	0,4	1,0
Plantas forrajeras	36,8	997,3	1.070,1	5.826,4	7.930,5
Frutales	72,5	264,5	177,9	1.019,9	1.534,8
Viñas y parronales viníferos	0,0	1,5	0,0	295,8	297,3
Viveros	0,4	7,8	5,9	19,0	33,1
Semilleros	4,8	60,7	28,9	90,9	185,3
TOTAL	289,4	4.885,6	4.612,5	16.068,2	25.855,7

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2007).

En la zona de riego del canal Biobío Negrete existe también una alta presencia de cereales y cultivos forrajeros, aunque los frutales tipo berries y cultivos industriales comienzan a cobrar mayor relevancia con respecto a la superficie regada (Cuadro 7).

Cuadro 7. Superficie agrícola regada por el canal Biobío Negrete dividida por estrato de tamaño predial.

Rubros Productivos	Área por Estratos (ha.)				TOTAL
	Subsistencia (0 - 5 ha.)	Pequeño (5 - 20 ha.)	Mediano (20 - 100 ha.)	Grande (> 100 ha.)	
Cereales	20,9	905,2	635,6	1.250,8	2.812,6
Leguminosas y tubérculos	1,8	47,2	33,5	56,6	139,1
Cultivos industriales	0,1	132,3	82,1	233,0	447,6
Hortalizas	24,3	61,2	17,2	22,1	124,8
Flores	0,0	0,1	0,2	0,2	0,6
Plantas forrajeras	1,9	581,0	467,5	1.158,4	2.208,9
Frutales	35,2	330,4	43,4	125,2	534,1
Viñas y parronales viníferos	4,9	44,0	2,2	584,4	635,5
Viveros	0,0	0,4	0,4	0,6	1,5
Semilleros	0,5	13,0	9,8	17,4	40,7
TOTAL	89,6	2.114,8	1.292,0	3.448,8	6.945,3

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2007).

6.1.4.3 Características y Vulnerabilidad de la Infraestructura de Riego

Varios estudios (DOH 1999, 2000 y 2002b) han analizado en forma detallada las características de los sistemas de canales en estudio, identificando las principales deficiencias técnicas y estructurales, con el fin de proponer alternativas de mejoramiento rentables desde el punto de vista privado y social, evaluando el desarrollo agropecuario provocado por dicha mejora.

El estudio “Programa de Modernización de Sistemas de Riego Existentes” en su primera (DOH, 2007) y segunda fase (DOH, 2008) realizó una actualización de estos problemas, señalando como un aspecto causal relevante la antigüedad de la infraestructura de estos canales, presentándose dificultades relacionadas al diseño original de las obras, el deterioro natural y la falta de mantenimiento adecuada. Lo anterior se traduce en dificultades para el manejo del agua debido a la rigidez operacional de los sistemas, numerosas roturas y filtraciones de distinta índole que aumentan las pérdidas por captación y conducción. Sin embargo, el mismo estudio indica que estos problemas no representan una limitante que potencialmente provoque el colapso de las obras existentes, bajo condiciones climáticas promedio y el impulso de procesos de mejoramiento localizado de la infraestructura catalogada en estado crítico.

Otro elemento de importancia es la carencia de infraestructura automatizada adecuada en las bocatomas para dar una respuesta rápida a las fluctuaciones repentinas de caudal del río Biobío debido a las descargas de la Central Pangué, las que se han incrementado luego del inicio de operaciones de la Central Ralco en 2004. Según lo manifestado por las tres Asociaciones de Canalistas consultadas, esta limitante de infraestructura es clave para poder explicar los daños ocasionados por el evento del 11 de Julio de 2006, dado que no se pudo reaccionar oportunamente a un aumento drástico y extraordinario del caudal a nivel de bocatoma, por ejemplo cerrando las compuertas automáticamente, produciéndose un efecto “dominó” del daño en toda la red de canales (Cámara de Diputados, 2006).

Cada sistema de canales presenta problemas y necesidades específicos, los que determinan sus características particulares de vulnerabilidad y que ponen en riesgo el cumplimiento eficiente de su función cotidiana, como también la seguridad de la infraestructura, actividades económicas y vidas ante eventos de emergencia, en este caso crecidas y desbordes de los canales. A continuación se detallan algunos de los aspectos básicos de las redes de canales en estudio y los problemas asociados que generan condiciones de vulnerabilidad física.

Sistema Canal Biobío Norte.

El sistema de canales Biobío Norte fue inaugurado en 1934. La bocatoma del canal está situada en la ribera sur del río Biobío, aproximadamente a 25 km aguas arriba del cruce con la Ruta 5 Sur. La captación se hace mediante dos canales de aducción, los que luego de recorrer alrededor de 300 m descargan en una laguna, desde la cual se controla el ingreso del agua hacia el canal matriz que posee una extensión 38 km y 10 m³/s de capacidad. El canal matriz se divide en cinco derivados y dos subderivados, completando una red cuya extensión es de 91,2 km (DOH, 2002b).

La principal limitante de este sistema de canales es la inexistencia de una obra de regulación del caudal que ingresa al sector de la bocatoma, lo que obliga a depositar enrocados para desviar y captar el agua desde el río (Figura 5), medida poco segura debido a la variabilidad del caudal diario producto de las descargas desde las centrales hidroeléctricas de la cuenca alta (DOH, 2008).

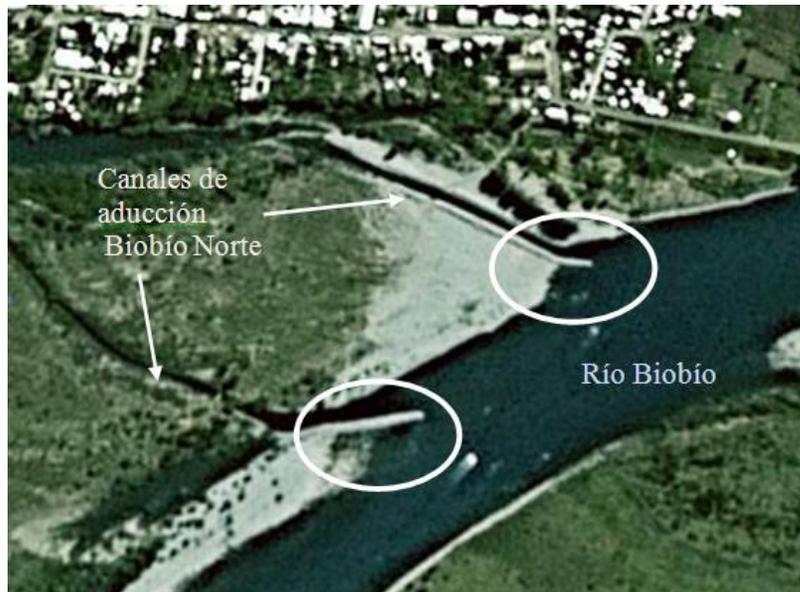


Figura 5. Depósitos rocosos para desviar las aguas del río Biobío hacia el canal Biobío Norte. Los círculos blancos destacan la ubicación de los depósitos. Fuente: Elaboración propia partir de imagen satelital de Google Earth (2009).

Los problemas de regulación de caudal en el canal matriz también se evidencian en el sector donde recibe los aportes no controlados de los esteros Los Laureles y Manga Amarilla, en ocasiones provocando desbordes del canal (Figura 6). Es necesaria la construcción de una descarga en este sector que permita drenar los excesos de agua directamente al río Biobío. En la actualidad existe una descarga que devuelve parte de los excesos al estero Manga Amarilla, la que resulta insuficiente debido a la capacidad del estero (DOH, 2007).

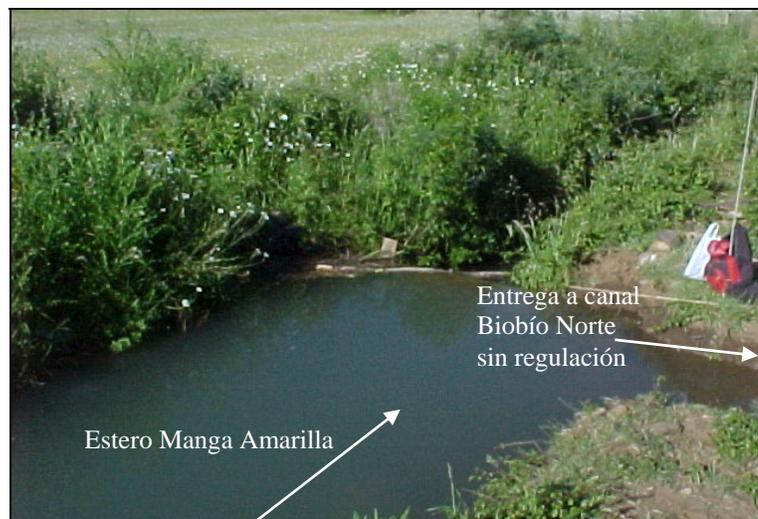


Figura 6. Entrega del estero Manga Amarilla al canal Biobío Norte sin obra de regulación del caudal entrante.

Otros problemas son las inundaciones en canales derivados debido a la poca capacidad hidráulica de éstos y a la inestabilidad de los taludes, además de problemas puntuales de filtraciones y embancamientos en el canal matriz y en los sifones invertidos⁴ del sistema.

Sistema Canal Biobío Sur.

La construcción del sistema de canales Biobío Sur se inició en 1932. Dada la magnitud de las obras e inversiones comprometidas en el proyecto original, la construcción fue dividida en tres etapas, siendo la entrega definitiva fue en 1974.

El sistema se compone de una compleja red primaria y secundaria de canales, la que comienza con una bocatoma ubicada en la ribera sur del río Biobío frente al pueblo de Rucalhue. La captación se realiza en forma directa (Figura 7), sin barreras de desviación ni lagunas de regulación, mediante nueve compuertas metálicas que captan un caudal máximo de 60 m³/s. La Asociación de Canalistas del canal Biobío Sur posee derechos de aprovechamientos de aguas constituidos en el río Biobío equivalentes a 45 m³/s, por lo cual en el km 3 del canal matriz debe regresar al río 15 m³/s (DOH, 1999).

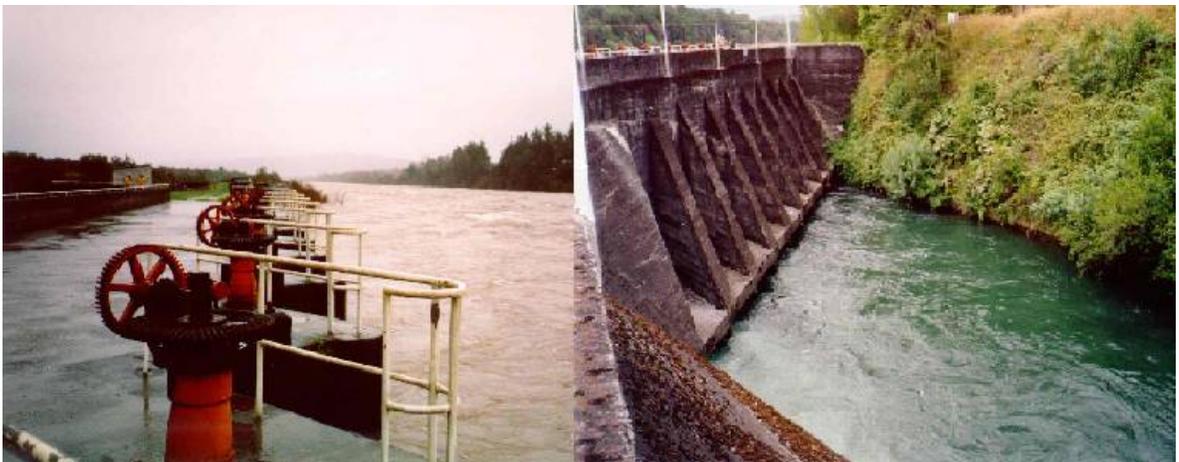


Figura 7. Bocatoma canal Biobío Sur hacia el río Biobío (izquierda) y el inicio del canal matriz (derecha). Fuente: Asociación de Canalistas del canal Biobío Sur (2007)

El canal matriz tiene una longitud de 132,2 km. A lo largo de su recorrido, éste abastece 33 canales derivados y 54 canales subderivados, logrando así una red que alcanza 474,2 km de extensión (DOH, 2008).

Debido a las limitaciones de los estudios geotécnicos iniciales para el diseño y construcción de las tres etapas del proyecto, varios tramos del canal están ubicados junto a laderas con poca estabilidad a un lado y pequeñas bermas al otro. Esta condición genera algunos

⁴ Un sifón invertido consiste en una sección de un canal entubada y con forma U. Es usado para cruzar desniveles, por ejemplo fondos de ríos y quebradas.

problemas ocasionales, tales como fallas por “piping⁵” (Figura 8), pérdidas de agua y deslizamientos de tierra que han arrasado en algunas oportunidades tramos del canal matriz, principalmente en el sector medio (DOH, 2008).



Figura 8. Falla por “piping” en canal matriz Biobío Sur. En el área encerrada por el círculo se observa la entrada de agua desde fuera del canal.

No obstante, las deficiencias existentes no constituyen una prioridad de mejoramiento para la Asociación de Canalistas respectiva, debido al gran caudal disponible (DOH, 2008).

Otro problema común es la abundante vegetación dentro del lecho del canal y en las bermas respectivas, lo cual afecta la operación correcta del sistema por obstrucción de algunos tramos y sus accesos, lo que implica incurrir en gastos elevados por concepto de limpieza (DOH, 2007).

Sistema Canal Biobío Negrete.

Este sistema consta de un canal matriz, de 11,6 km de longitud y 18 m³/s de capacidad en bocatoma y tres derivados principales, Munilque, de 3 m³/s de capacidad y 3 km de longitud; Coihue, de 6 m³/s de capacidad y 13 km de longitud; y Rihue de 8 m³/s de capacidad y 13 km de longitud. Además existe una red de canales subderivados que suman 40 km adicionales (DOH, 2000).

La bocatoma y el inicio del canal matriz se encuentran muy expuestos al torrente del río Biobío, por lo que reciben en forma directa la fuerza de las crecidas. El primer tramo del canal matriz se encuentra solo a 3 m en paralelo al río, distancia que se vio reducida luego del caso de estudio. Por ello, resulta imperativa la construcción de una protección de que

⁵ Filtraciones desde fuera del canal, las que pueden ocurrir principalmente en laderas de cerros y que deterioran la loza del canal formando fisuras.

impida la destrucción de la ribera adyacente a estas obras. Meier (2006) propone un pretil de rocas reforzado⁶ como protección en este sector.

La bocatoma posee dos compuertas, una inutilizable y otra con un deterioro importante que hace difícil su operación con rapidez ante una crecida repentina del nivel del agua en el río Biobío (Figura 9).



Figura 9. Operación de compuerta de la bocatoma del canal matriz Biobío Negrete. Se puede observar que se necesita de dos personas para regular la apertura de la compuerta.

En los últimos tramos del canal matriz, antes del comienzo de los derivados Coihue y Rihue, se presentan terraplenes de altura insuficiente, en malas condiciones, con filtraciones hacia caminos y predios del sector. Por otra parte, el canal derivado Munilque posee varios sectores con embancamientos y abundante vegetación.

Finalmente, el canal derivado Coihue presenta problemas de contaminación con desechos domiciliarios (Figura 10), principalmente en los tramos del canal que atraviesan las localidades de Santa Amelia, El Agro, La Capilla y Coihue, obstruyendo compuertas y descargas del canal (DOH, 2008).

⁶ Un pretil de rocas reforzado es un muro de pequeña altura compuesto por una mezcla de rocas y concreto, cuyo objetivo es cubrir la ribera de un río para evitar la remoción de ese terreno.



Figura 10. Contaminación canal Coihue con desechos domiciliarios. La fotografía corresponde al estado del canal luego de una limpieza preliminar de los elementos de mayor tamaño.

6.1.5 Principales Actores Privados en la Gestión del Agua en el Área de Estudio

6.1.5.1 Organizaciones de Usuarios de Agua (OUAs)

6.1.5.1.1 Definición y Aspectos Legales

El Código de Aguas (Ministerio de Justicia de Chile, 1981) contempla una distinción entre organizaciones de usuarios de agua (OUAs) en cauces naturales y artificiales. En el caso de los cauces naturales se constituyen las Juntas de Vigilancia, en tanto que para cauces artificiales existen las Comunidades de Aguas y las Asociaciones de Canalistas.

Las Asociaciones de Canalistas son organizaciones con personalidad jurídica que se constituyen en torno a una obra de infraestructura y un punto de captación inicial común, estableciendo jurisdicción en aquel sector. Se constituyen por escritura pública suscrita por todos los titulares de derechos que se conducen por la obra común y se consideran organizadas cuando confirman su registro en la Dirección General de Aguas (DGA, 1999).

Cada Asociación de Canalistas posee un directorio que es elegido por los miembros de la organización en una asamblea. Este directorio debe cumplir con las resoluciones de la asamblea, además de las funciones que le encomienda la ley, siendo el presidente el representante legal de la Asociación. En el ámbito ejecutivo, normalmente existe un administrador general y un personal, los cuales se dedican a las tareas cotidianas de la Asociación (Puig, 1998).

Según lo establecido en el Código de Aguas (1981) y el análisis de Puig (1998) los objetivos fundamentales de las Asociaciones de Canalistas se pueden dividir en los siguientes:

- Captar las aguas sobre las cuales tienen derechos de aprovechamiento sus integrantes desde el cauce natural en el punto de captación respectivo.
- Conducir el agua mediante los cauces artificiales.
- Distribuir y entregar el agua de acuerdo a los derechos de los integrantes.

Además tienen atribuciones para:

- Ejercer jurisdicción arbitral sobre sus miembros para resolver problemas relacionados con el agua, con los derechos de aprovechamiento sobre ellas, con las obras de conducción y los dispositivos de distribución.
- Recaudar de sus asociados los pagos de las cuotas necesarias para solventar la operación del canal
- Realizar los aportes económicos y de gestión necesarios a la Junta de Vigilancia cuando corresponda.

6.1.5.1.2 Asociaciones de Canalistas del Área de Estudio

En el río Biobío no existen Juntas de Vigilancia, por lo que las OUAs más importantes son las Asociaciones de Canalistas de los canales Biobío Norte, Sur y Negrete.

La Asociación del Canal Biobío Norte posee con 403 miembros, pertenecientes en su mayoría al estrato de tamaño predial pequeño (entre 5 a 20 ha). En el caso de las Asociaciones de los canales Biobío Sur y Biobío Negrete, están conformadas por 630 y 1800 usuarios respectivamente, en ambos casos con una importante proporción de agricultores de subsistencia con predios con superficie menor a 5 ha (DOH, 1999 y DOH, 2000).

Además de las características de los sistemas de canales y del uso del suelo agrícola analizadas en los apartados anteriores, las zonas de riego presentan diferencias en la composición de las Asociaciones de Canalistas con respecto a la disponibilidad de personal e implementos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Dotación de personal e implementos en Asociaciones de Canalistas

ITEM	Biobío Norte	Biobío Sur	Biobío Negrete
Personal			
Administrador estable	SI	SI	SI
Secretarías	1	4	2
Celadores	6	19	9
Técnicos estables	0	2	0
Implementos			
Oficinas	1	2	1
Camionetas	0	3	0
Instrumentos medición caudales	SI	SI	SI
Maquinas mantención canal	0	1	0
Walkie Talkie celadores	0	12	3
Celular celadores	6	13	6

Fuente: Asociaciones de Canalistas de los canales Biobío Norte, Biobío Sur y Biobío Negrete.

Del Cuadro 8 se desprende que en la Asociación del canal Biobío Sur existe una mayor y mejor disponibilidad de medios físicos y humanos, lo que relaciona con la necesidad de atender más usuarios, superficie y diversidad de tareas.

6.1.5.2 Centrales Hidroeléctricas en el Río Biobío

Los embalses y centrales hidroeléctricas Pangue y Ralco, propiedad de ENDESA-Chile S.A., se ubican en la zona conocida como Alto Biobío y entraron en servicio en 1996 y 2004, respectivamente. Las descargas desde el embalse Ralco se acumulan en Pangue, el que se relaciona en forma más directa con los sistemas de canales ubicados aguas abajo.

La revisión de las características estructurales y de funcionamiento de ambos embalses y las centrales hidroeléctricas adjuntas resulta imprescindible para comprender el rol de ENDESA en el evento de estudio (Cuadro 9).

Cuadro 9. Características técnicas de los embalses Pangue y Ralco.

Ítem	Embalse Pangue	Embalse Ralco
Altura Muro (m)	121	155
Volumen útil generación eficiente (millones m ³)	67	797
Volumen total (millones m ³)	175	1.200
Rango cotas volumen útil (m.s.n.m.)	501-510	705-725
Capacidad vertedero (m ³ /s)	12.000	8.800
Compuertas (Nº)	4	3
Altura túneles aducción (m)	60-70	80-90

Fuente: Robinson (1992) y Uribe (2005).

El primer aspecto relevante es que el volumen de almacenamiento del embalse Pangue es diez veces menor que Ralco, lo que reduce su capacidad de regulación del caudal proveniente de las descargas de éste último y de otros cauces cordilleranos.

Además, la ubicación de los túneles de aducción que alimentan a las turbinas de ambas centrales obliga a mantener siempre un importante volumen de agua para un funcionamiento óptimo, entre 38% y 50% del volumen total en el embalse Pangue y entre 66% y 75% en Ralco, perdiendo eficiencia técnica y económica el proceso de generación eléctrica sobre o bajo estos valores. Este diseño reduce aún más la capacidad de regulación, sobre todo en el embalse Pangue.

La central Pangue posee un manual de operación (Anexo I), el cual entre sus puntos contempla la apertura sucesiva de sus 4 compuertas en ciclos de 200 m³/s cuando la altura del agua en el muro supera los 510 m.s.n.m y el caudal afluyente es mayor a 500 m³/s, según la indicación de un software de operación. En estos casos el embalse nunca evacuará más agua que los caudales afluentes, evitando así el denominado “golpe de agua”⁷. Incluso, si el software de operación lo recomienda, se almacenará más agua que lo determinado como óptimo para la producción.

El mismo manual describe los procedimientos de traspaso de información cuando el caudal del río aumenta y hace necesaria la descarga para mantener condiciones de seguridad en la producción eléctrica. En este sentido, si el caudal afluyente alcanza los 700 m³/s se informa a la DGA, ONEMI, la Gobernación Provincial Del Biobío y las Asociaciones de Canalistas aguas abajo, procedimiento que se repite cada 500 m³/s de aumento.

6.2 Descripción del Evento del 11 de Julio de 2006

6.2.1 Antecedentes Históricos en la Cuenca del Río Biobío

La cuenca del río Biobío ha sido históricamente azotada por crecidas e inundaciones. Existen antecedentes desde el periodo de la conquista de Arauco y la construcción de los fuertes en Negrete y Nacimiento (Guevara, 1902).

En base a la información recopilada en ONEMI, y las Asociaciones de Canalistas de los Canales Biobío norte, Sur y Negrete es posible resumir los principales eventos de los últimos 70 años causantes de daños en el área de estudio (Cuadro 10).

⁷ La DGA (2007) define un “golpe de Agua” como la acción de evacuar desde un embalse más agua que la que está recibiendo desde los cauces afluentes, provocando un aumento súbito y artificial del caudal del río.

Cuadro 10. Síntesis de los principales desastres por lluvias y crecidas extremas en la cuenca del río Biobío desde 1940.

Fecha	Antecedentes
Junio 1940	Desbordes del estero Quilpué en Los Angeles y estero Andalién y río Biobío en Concepción dejan las ciudades con más de un metro de agua en sus calles. Más de 5.000 personas resultaron damnificadas.
Junio 1950	Intensas precipitaciones dejan aisladas las ciudades de Los Angeles, Mulchén y Santa Bárbara durante nueve días. Crecida del río Biobío inundó sector de Chiguayante.
Agosto 1965	Lluvias y desbordes de ríos dejaron un saldo de cuatro personas muertas y 5.000 damnificados en las comunas de Santa Bárbara, Los Ángeles, Mulchén, Nacimiento y Chiguayante. La ruta 5 quedó interrumpida desde Los Angeles al sur por socavamiento del camino.
Mayo 1972	Tres muertos, 11.000 damnificados, 78.000 hectáreas de trigo y remolacha destruidas, 70.000 cabezas de ganado, como consecuencia de las intensas lluvias en las provincias de concepción y Del Biobío. El río Biobío aumentó 4 m su nivel inundando poblaciones de Concepción, Chiguayante y Hualqui, además de destruir o inutilizar 20 puentes. La ruta 5 quedo interrumpida desde Los Angeles al sur por desbordes de ríos. Derrumbes importantes en el canal matriz del sistema Biobío Sur.
Agosto 1987	Lluvias por más de tres días provocan inundaciones y derrumbes que dejan 24 muertos, 12 desaparecidos, 4.360 damnificados, 91 viviendas destruidas y 789 viviendas dañadas. 7 caminos cortados, un puente destruido, 19 localidades sin servicio telefónico y 9 localidades sin energía eléctrica en toda la cuenca del río Biobío. Desbordes y daños en canales Biobío Negrete y Sur, los que retrasaron su apertura para el riego en un mes.

Fuente: ONEMI (2006).

En 2001, 2002 y 2003 se produjeron inundaciones en comunas ubicadas en las riberas del río Biobío, especialmente en Hualqui y Santa Bárbara, pero afectando también las localidades de Negrete y Nacimiento. En aquella ocasión hubo numerosas críticas al accionar de la Central Pangué, culpando a ENDESA-Chile de causar un aumento repentino y excesivo del caudal del río (Cámara de Diputados, 2006).

Cabe destacar que los daños en los canales en estudio y la inundación de los sectores aledaños no sólo son provocados por eventos naturales, ya que las Asociaciones de Canalistas respectivas deben constantemente afrontar contingencias de origen netamente antrópico, tales como desbordes por obstrucción del cauce debido a desechos arrojados en los sectores más poblados (León et al, 2006).

6.2.2 Pronósticos y Precipitaciones del Evento

El 7 de Julio de 2006 la DMC informa sobre la aproximación de un sistema frontal de gran extensión y magnitud a las regiones Del Biobío y La Araucanía desde el sur por el Océano Pacífico, siendo la región Metropolitana la que recibiría la mayor intensidad el 12 de Julio (DMC, 2006). El 8 de Julio el pronóstico confirma la región Metropolitana como la más afectada desde el lunes 10.

El 9 de Julio, la DMC indica las siguientes precipitaciones probables para las regiones Del Maule, la nueva zona de mayor afectación, y Del Biobío (ONEMI, 2006):

- Lunes 10 y martes 11: 30 a 50 mm totales para la región Maule y entre 50 y 70 mm totales para la región Del Biobío.
- Miércoles 12: entre 90 y 110 mm totales en la región Del Maule y 30 mm totales en la región Del Biobío.

Sin embargo, el sistema si concentró más tiempo de lo estimado en la región Del Biobío y debilitó hacia la zona central. El temporal comenzó la noche del 9 de Julio y alcanzó su mayor intensidad en la cuenca del río Biobío el 11 de Julio, particularmente en las zonas altas. La precipitación registrada en 24 horas en las cuatro estaciones principales de la cuenca fue la siguiente (DGA, 2008):

- Alto Biobío: 224 mm.
- Biobío en Central Pangué: 241 mm.
- Biobío en Rucalhue: 278,5 mm.
- Concepción: 106,6 mm.

En promedio, las lluvias descritas cuadruplicaron lo pronosticado el 9 de Julio. Incluso en la estación Biobío en Rucalhue se llegó a medir 30 mm/hr entre las 12:00 y 14:00 del 11 de Julio. Finalizado el sistema frontal la región Del Biobío presentó un superávit de 35% de precipitaciones con respecto a un año normal.



Figura 11. Centro de Los Ángeles inundado durante las precipitaciones del 11 de Julio de 2006. Fuente: ONEMI (2006).

Según lo expresado por la DGA (Cámara de Diputados, 2006) el sistema frontal alcanzó altas magnitudes e intensidades por desarrollarse en un ambiente más cálido de lo habitual, con una isoterma cero a 2.300 m.s.n.m⁸, situándose habitualmente a 1.260 m.s.n.m. en esta época del año. Lo anterior se traduce en una mayor superficie de la cuenca que recibe la precipitación en forma de lluvia, incrementando en forma inmediata y repentina los caudales de los cauces, en algunos casos más allá de capacidad de sus lechos (Chow, 1994).

En el Anexo II se presenta la serie estadística de las precipitaciones desde el 7 al 13 de Julio en la estación Biobío en Rucalhue.

6.2.3 Variación del Caudal en el Río Biobío

El sistema frontal en estudio generó un notorio y abrupto aumento del caudal del río Biobío y sus cauces afluentes, debido a tres motivos:

- La gran magnitud e intensidad de las precipitaciones del evento.
- La ocurrencia reciente de otro temporal el 7 de Julio, lo que facilitó la saturación del suelo en la cuenca⁹, incrementando más rápidamente la escorrentía superficial.
- La mayor superficie que recibió las precipitaciones en forma de lluvia.

Tal como lo muestra el hidrograma del río Biobío para un periodo de siete días (Figura 12), el caudal instantáneo alcanzó su máximo el 11 de Julio, registrándose 4.395 m³/s a las 12:00 horas en la estación fluviométrica Biobío Ante Junta Pangué¹⁰ y 7.894 m³/s a las 14:00 horas en la estación hidrometeorológica Biobío en Rucalhue. La altura promedio del

⁸ La isoterma cero corresponde a la línea imaginaria de altura a la cual la temperatura es 0°C, y por sobre la cual la precipitación se presenta en forma de nieve.

⁹ Para fines del estudio, la saturación del suelo está referida a la pérdida temporal de la capacidad de percolación e infiltración.

¹⁰ Ubicada inmediatamente aguas abajo de la central hidroeléctrica Pangué.

río Biobío en Rucalhue aumentó desde 2,4 m a comienzos del 10 de Julio hasta 8,7 m el día 11 a las 14:00 horas (DGA, 2006).

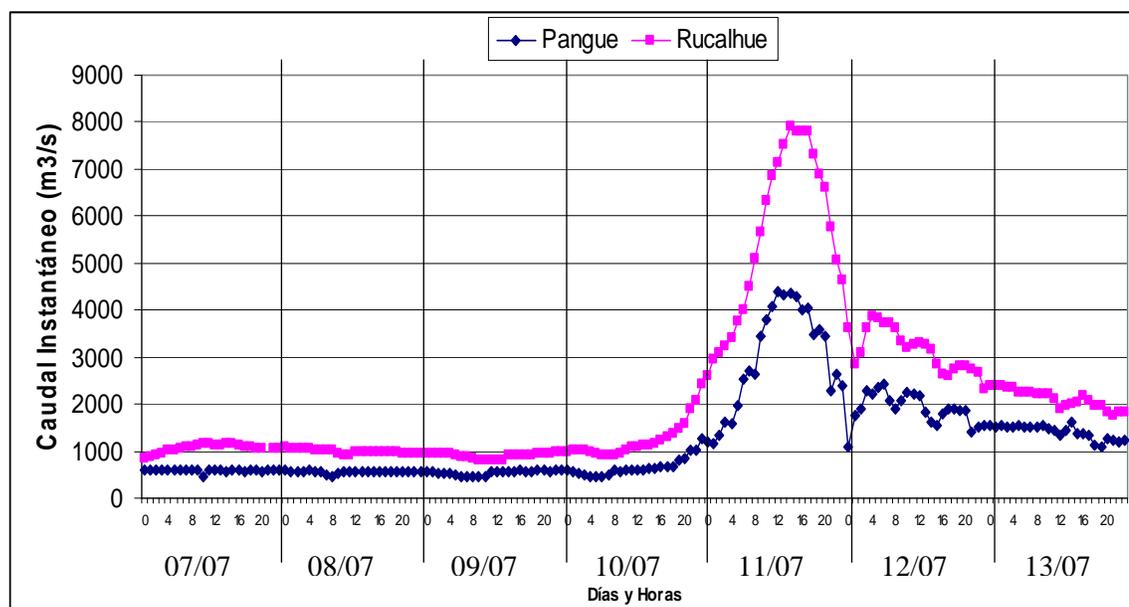


Figura 12. Hidrograma de caudales instantáneos registrados en estaciones en estaciones Biobío Ante Junta Pangué y Biobío en Rucalhue. desde el 7 al 13 de Julio de 2006.

Fuente: Elaboración propia a partir de serie estadística disponible en DGA.

6.2.4 Análisis de Frecuencia de los Caudales del Evento

6.2.4.1 Estimación de Caudales Máximos Anuales Instantáneos en el Río Biobío en Estación Biobío en Rucalhue

Luego de la sistematización de las series de caudales máximos anuales medios diarios y de caudales máximos anuales instantáneos registrados en la estación Biobío en Rucalhue, se procedió a calcular la regresión lineal para el periodo 1970-2009, cuya ecuación obtenida es la siguiente:

$$Y = 1,22039 X \quad (3)$$

Dónde:

X : Caudal máximo anual medio diario en m^3/s .

Y : Caudal máximo anual instantáneo m^3/s .

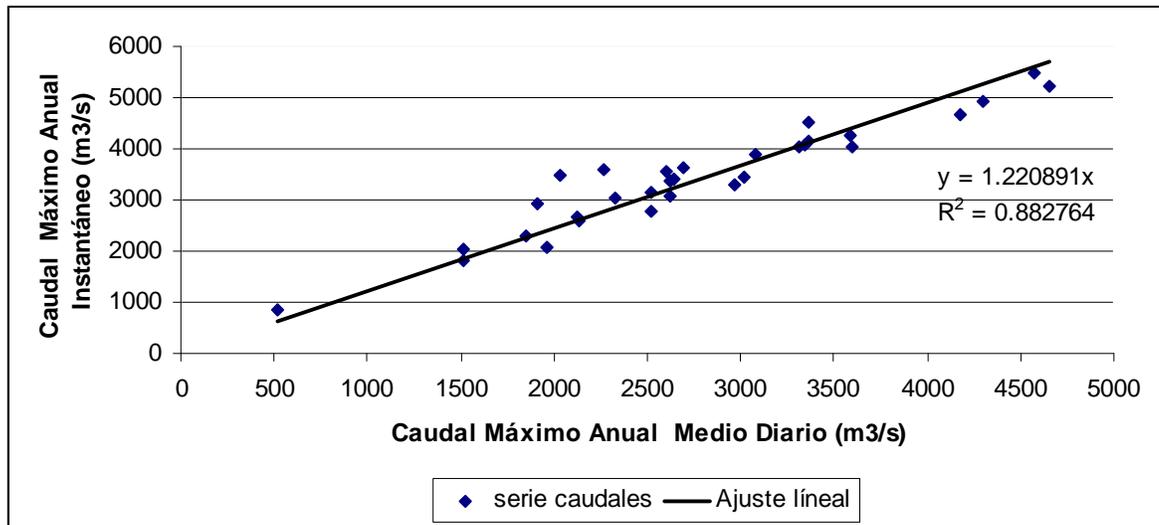


Figura 13. Regresión entre caudales máximos anuales medios diarios (eje X) y caudales máximos anuales instantáneos (eje Y) para el periodo 1970-2009 en la estación Biobío en Rucalhue.

La correlación de los datos es muy alta (Figura 13), lo que se confirma estadísticamente con el coeficiente R^2 de 0,88. Por esta razón resulta confiable la utilización de la ecuación (3) para completar la estadística de los años faltantes (1937 a 1969) de la serie de caudales máximos anuales instantáneos del periodo 1937-2009, en la estación Biobío en Rucalhue (Cuadro 11).

Cuadro 11. Caudales máximos anuales instantáneos del río Biobío en estación Biobío en Rucalhue.

Año	Caudal Máximo Diario (m^3/s)	Caudal Máximo Instantáneo (m^3/s)	Año	Caudal Máximo Diario (m^3/s)	Caudal Máximo Instantáneo (m^3/s)
1937	5.110	6.239	1975	2.525	2.792
1938	2.285	2.790	1976	2.642	3.393
1939	2.466	3.011	1977	1.853	2.291
1940	3.769	4.602	1978	2.621	3.374
1941	2.530	3.089	1979	3.589	4.265
1942	1.155	1.410	1980	3.082	3.873
1943	1.560	1.905	1981	3.344	4.062
1944	2.217	2.707	1982	3.313	4.024
1945	5.343	6.523	1983	2.972	3.305
1946	2.527	3.085	1984	2.326	3.026
1947	1.494	1.824	1985	3.360	4.153
1948	3.398	4.149	1986	3.599	4.050
1949	4.818	5.882	1987	1.964	2.092
1950	5.017	6.125	1988	1.511	2.022
1951	3.978	4.857	1989	2.267	3.577
1952	1.794	2.190	1990	2.693	3.644

Año	Caudal Máximo Diario (m ³ /s)	Caudal Máximo Instantáneo (m ³ /s)	Año	Caudal Máximo Diario (m ³ /s)	Caudal Máximo Instantáneo (m ³ /s)
1953	3.836	4.683	1991	4.179	4.657
1954	2.851	3.481	1992	2.519	3.160
1955	1.148	1.402	1993	4.297	4.912
1956	1.251	1.527	1994	3.362	4.513
1957	3.486	4.256	1995	2.599	3.557
1958	4.533	5.534	1996	1.516	1.808
1959	3.030	3.699	1997	3.014	3.459
1960	3.568	4.356	1998	515	843
1961	4.015	4.902	1999	1.256	1.534
1962	2.255	2.753	2000	2.029	3.495
1963	2.984	3.643	2001	4.659	5.230
1964	1.798	2.195	2002	3.484	4.254
1965	3.605	4.401	2003	4.578	5.489
1969	3.481	4.250	2004	1.423	1.737
1970	2.131	2.589	2005	2.022	2.469
1971	2.626	3.081	2006	6.466	7.894
1972	2.661	3.249	2007	715	996
1973	1.906	2.936	2008	995	999
1974	2.120	2.678	2009	973	999

Fuente: Elaboración propia a partir de datos hidrológicos de la DGA.

El mayor valor de la serie de caudales máximos anuales instantáneos en la estación Biobío en Rucalhue corresponde al registrado el 11 de Julio de 2006 con 7.894 m³/s (Cuadro 11). Sin embargo, esto no resulta suficiente para evaluar cuantitativamente la magnitud de la crecida, más aun cuando no se ha estimado el caudal instantáneo que se produjo a nivel de las bocatomas de los sistemas de canales en estudio, aspecto que es resuelto en los apartados siguientes.

6.2.4.2 Estimación de Caudales Máximos Anuales Instantáneos del Río Biobío en las Bocatomas de los Sistemas de Canales

El primer paso para la aplicación del método de Transposición de Caudales es el cálculo de la superficie de las cuencas aportantes a la estación Biobío en Rucalhue y a las bocatomas de los canales Biobío Norte, Sur y Negrete (Cuadro 12).

Cuadro 12. Superficies cuencas aportantes a puntos de interés

Punto de Interés	Coordenadas UTM		Superficie Cuenca (km ²)	Diferencia con Estación Biobío en Rucalhue (km ²)
	Norte	Este		
Estación Biobío en Rucalhue	5.822.860	244.184	7.044	-
Bocatoma Canal Biobío Norte	5.826.618	232.808	7.076	32
Bocatoma Canal Biobío Sur	5.822.491	244.178	7.065	21
Bocatoma Canal Biobío Negrete	5.835.845	202.647	7.685	641

Fuente: Elaboración propia a partir del procesamiento del DEM del área de estudio con el software ArcGis 9.3.

Con respecto a la utilización de la transposición de caudales para el estudio de crecidas en la zona media y alta del río Biobío, Meier (2006) afirma que los sectores ubicados entre la estación Biobío en Rucalhue y las bocatomas de los canales en estudio sólo es drenada por esteros menores, los cuales al aumentar su caudal ante un evento de precipitación intensa tienen tiempos de respuesta¹¹ mucho menores que el río Biobío. Esto se traduce en una menor diferencia de magnitud de caudales entre ambos puntos en episodios de crecida, aspecto que no es considerado en primera instancia por el método tradicional de transposición de caudales, cuyo uso está concebido para caudales medios y no máximos.

Meier recomienda considerar los caudales máximos de la estación Biobío en Rucalhue como representativos de los canales Biobío Norte y Sur, debido a la poca diferencia de las cuencas respectivas. En el caso del canal Biobío Negrete la diferencia de superficie resulta más significativa, por lo que el autor señala que luego de aplicar la transposición tradicional de caudales a la estadística de la estación Biobío en Rucalhue, el resultado debe ser multiplicado por 0,962 para obtener una serie de caudales más certera en un escenario de crecida del río Biobío (Cuadro 13).

Cuadro 13. Caudales máximos anuales instantáneos del río Biobío en la bocatoma del canal Biobío Negrete.

Año	Caudal Máximo Instantáneo (m ³ /s)	Año	Caudal Máximo Instantáneo (m ³ /s)	Año	Caudal Máximo Instantáneo (m ³ /s)
1937	6.551	1961	5.147	1988	2.123
1938	2.929	1962	2.891	1989	3.756
1939	3.161	1963	3.825	1990	3.826
1940	4.832	1964	2.305	1991	4.890
1941	3.243	1965	4.621	1992	3.318
1942	1.481	1969	4.462	1993	5.158
1943	2.000	1970	2.718	1994	4.739
1944	2.842	1971	3.235	1995	3.735
1945	6.849	1972	3.411	1996	1.898
1946	3.239	1973	3.083	1997	3.632
1947	1.915	1974	2.812	1998	885

¹¹ El tiempo de respuesta en este caso se refiere a la tasa de aumento del caudal.

Año	Caudal Máximo Instantáneo (m ³ /s)	Año	Caudal Máximo Instantáneo (m ³ /s)	Año	Caudal Máximo Instantáneo (m ³ /s)
1948	4.356	1975	2.932	1999	1.611
1949	6.176	1976	3.563	2000	3.670
1950	6.431	1977	2.406	2001	5.492
1951	5.100	1978	3.543	2002	4.467
1952	2.300	1979	4.478	2003	5.763
1953	4.918	1980	4.067	2004	1.824
1954	3.655	1981	4.265	2005	2.592
1955	1.472	1982	4.225	2006	8.289
1956	1.604	1983	3.470	2007	1.046
1957	4.469	1984	3.177	2008	1.049
1958	5.811	1985	4.361	2009	1.050
1959	3.884	1986	4.253		
1960	4.574	1987	2.197		

Fuente: Elaboración propia a partir del método de transposición de caudales multiplicado por un factor de corrección igual 0,962.

6.2.4.3 Análisis de Frecuencia

Con el análisis de frecuencia de las series de caudales máximos anuales instantáneos respectivos se determinó el caudal instantáneo del río Biobío a nivel de las bocatomas de los canales Biobío Norte, Sur y Negrete para periodos de retorno iguales a 50, 100 y 200 años (Cuadro 14).

Cuadro 14. Caudal instantáneo del río Biobío para diferentes períodos de retorno en bocatomas de los sistemas de canales, con distribuciones de probabilidades LogPearson tipo III y Gumbel.

Período de Retorno (años)	Caudal Instantáneo Canal (m ³ /s)					
	Biobío Norte y Sur			Biobío Negrete		
	LogPearson III	Gumbel	Promedio	LogPearson III	Gumbel	Promedio
50	6.645	6.853	6.749	6.977	7.195	7.086
100	7.051	7.541	7.296	7.403	7.918	7.660
200	7.406	8.226	7.816	7.777	8.637	8.207

Fuente: Elaboración propia a partir de serie de caudales máximos anuales instantáneos del periodo 1937-2009.

Ambas distribuciones de probabilidad utilizadas, LogPearson III y Gumbel, satisfacen la prueba de bondad estadística de Kolmogorov - Smirnov, por lo que pueden ser consideradas fiables.

Del caudal instantáneo estimado el 11 de Julio de 2006 en las bocatoma de los canal Biobío Norte y Sur (7.894 m³/s) y Biobío Negrete (8.289 m³/s) y el análisis de frecuencia se obtiene que su periodo de retorno es de 202 años. Este resultado resulta completamente

coherente con estimaciones realizadas por la DGA (Cámara de Diputados de Chile, 2006), que obtuvo valores superiores a los 150 años, pero a nivel de desembocadura del río Biobío, lo que involucra una homogenización de los aportes de todas las subcuencas aportantes, algunas de ellas con un caudal importante, como es el caso de los ríos Laja y Vergara.

El análisis de frecuencia demuestra que la crecida en estudio supera estadísticamente en forma significativa los registros que se poseen y como consecuencia las previsiones de cualquier tipo en el diseño de obras de infraestructura para el manejo de los recursos hídricos en la zona, dejando de manifiesto la importante situación de riesgo presentada ante tal amenaza.

6.3 Gestión del Evento

Antes, durante y después del evento del 11 de Julio de 2006 se tomaron diversas decisiones y acciones por parte de los organismos de emergencia, las Asociaciones de Canalistas, las cuales fueron analizadas en cuanto a su influencia en la caracterización y magnitud del desastre.

6.3.1 Organismos Públicos de Emergencia

En el Cuadro 15 se sintetizan los sucesos y acciones de los principales organismos públicos relacionados con el manejo de las situaciones de emergencia hasta el día 11 de Julio, contemplando la preparación, alertas y las acciones durante el evento.

Cuadro 15. Gestión del evento por parte de los organismos públicos entre el 7 y el 11 de Julio.

Fecha	Antecedentes
Viernes 7	La DMC informa a la ONEMI sobre el análisis de riesgo que predice proximidad del sistema frontal de gran magnitud, que según los datos disponibles afectarían en mayor medida a la región Metropolitana. La ONEMI a su vez distribuye la información a los organismos competentes en el Sistema Nacional de Protección Civil.
Domingo 9	La ONEMI declara, en base al informe entregado por la DMC, una Alerta Temprana Preventiva entre la región Del Maule y Del Biobío.
Lunes 10	El Ministerio del Interior despacha un oficio a las intendencias y gobernaciones entre la región de Coquimbo y de Los Lagos, con instrucciones de gestión a partir de la alerta preventiva declarada por ONEMI, tales como evaluar con mayor atención al estado de los cauces y embalses y la disposición de todo el personal de terreno para abordar una posible emergencia. Se comunica vía email a las 16:45 hrs.
A las 18:00 hrs., debido a la intensificación progresiva del evento, se convoca al	

Fecha	Antecedentes
	<p>COE nacional para las 08:30 hrs. del martes 11, hecho que se replicó en los COE a nivel regional, provincial y comunal, los que fueron presididos por el intendente, gobernador y alcalde, respectivamente.</p> <p>La DGA de la región del Biobío realiza a las 19:00 hrs. el primer contacto telefónico con la ONEMI para informar sobre el estado de los cauces, actualizándose la información a las 23:30 hrs. y posteriormente cada seis horas.</p>
Martes 11	<p>06:00 hrs: la ONEMI despacha primeras 20 toneladas de ayuda vía terrestre, a la región Del Biobío y recopila antecedentes para el operativo de ayuda a las regiones de La Araucanía y Los Lagos.</p> <p>08:30 hrs: Se constituye el COE Nacional en la ONEMI, presidido por el Ministro y Subsecretario del Interior quienes, y dados los impactos registrados hasta el momento, especialmente en la región Del Biobío, resuelven declarar Alerta Amarilla para toda la zona comprendida entre las regiones Del Maule y Los Lagos. Esto activa inmediatamente los sistemas de emergencia desde el nivel comunal hasta el nacional. La orden se despacha a regiones a las 10:20 hrs. vía correo electrónico.</p> <p>18:30 hrs: El Comité de Emergencia se constituye en la Moneda, presidido por la Presidenta de la República, quien decreta Zona Afectada por Catástrofe a la región Del Biobío (D.S. de Interior N° 759 del 11/07/2006), lo que facilita la gestión administrativa de emergencia, eliminando trámites y suministrando recursos financieros extraordinarios.</p> <p>20:00 hrs: Se extiende la alerta amarilla desde la región de Coquimbo hasta Aysén, basándose en antecedentes de la DMC que indican que el fenómeno se intensificará en su desplazamiento hacia la zona central.</p> <p>Prosiguió el despacho de ayuda desde ONEMI a la zona afectada, principalmente para los albergues establecidos.</p>

Fuente: Síntesis de acciones de ONEMI (2006).

Antes del evento todas las medidas estuvieron guiadas a la preparación de los mecanismos de ayuda para los damnificados y la etapa de recuperación de los servicios básicos, sin existir la voluntad, capacidad de gestión ni herramientas legales para influir en la magnitud del desastre.

El 11 de Julio se activan estos mecanismos de asistencia. El Cuadro 16 presenta las acciones realizadas por la administración pública, tendientes a la recuperación básica luego del desastre, hasta el 25 de Julio, sin ahondar en detalles sobre la magnitud de la ayuda directa entregada a los damnificados y albergados.

Cuadro 16. Gestión del evento por parte de los organismos públicos desde entre el 12 y el 25 de Julio.

Fecha	Antecedentes
Miércoles 12	<p>La Presidenta de la República encabezó una reunión de coordinación en ONEMI, instruyendo mantener despacho paralelo de ayuda vía aérea y vía terrestre, manteniendo coordinación con el Estado Mayor del Ejército para la adición de recurso humano para la construcción de viviendas de emergencia y de transporte en las zonas más afectadas.</p> <p>Se despacharon 4 camiones con ayuda a la región Del Biobío, los que sufrieron retardo en la ruta por paro sindicatos de camioneros.</p> <p>La Presidenta viajó a la región Del Biobío junto a miembros de su gabinete.</p>
Jueves 13 y Viernes 14	<p>La Presidenta de la República ordenó el traslado a la región Del Biobío de la Subsecretaria de Hacienda, Directora de ONEMI y de su jefe de Gabinete, para evaluar niveles de cumplimiento del sistema de atención a las personas y recuperación de vías, como igualmente las nuevas necesidades que se hubiesen estimado urgentes de subsanar.</p> <p>Las direcciones regionales de vialidad y obras hidráulicas, por mandato del MOP, aceleran proceso de evaluación de daños en infraestructura, en primera instancia puentes y defensas fluviales.</p>
Sábado 15	<p>El Ministro del Interior visitó las oficinas de la ONEMI e instruyó presentar una evaluación pormenorizada del estado de la región Del Biobío, con propuestas de perfeccionamiento de la gestión de la emergencia, la que fue entregada durante la tarde del mismo día, recomendando medida principal instalar un equipo permanente de expertos para agilizar la adquisición y distribución localizada de la ayuda.</p> <p>La Subsecretaria de Hacienda, acompañada por la Directora de la ONEMI y el jefe de gabinete de la Presidenta recorrió sectores afectados de las provincias de Biobío, Arauco y Concepción, y sostuvo reuniones con los COE regional y provincial.</p>
Miércoles 19	<p>Una vez mejoradas las condiciones de tiempo se estableció la coordinación entre la ONEMI, carabineros y el ejército para el apoyo aéreo en la zona del Alto Biobío. Se mantuvo la adquisición local de elementos de ayuda, complementado con despachos desde el nivel central, con un permanente sistema de monitoreo de la distribución.</p>
Jueves 20 y Viernes 21	<p>Se logró acceder vía aérea a zona del Alto Biobío, con alimentos, frazadas, colchonetas, carbón y otros elementos, a través de vuelos periódicos desde Los Ángeles.</p>
Martes 25	<p>La distribución local monitoreada desde Intendencia Regional permitió disminuir la cantidad de damnificados, hecho que vio facilitado por el mejoramiento de las condiciones meteorológicas.</p>

Fuente: Síntesis de acciones de ONEMI (2006).

6.3.2 Asociaciones de Canalistas

Al revisar la gestión de las Asociaciones de Canalistas no se observan medidas oportunas de prevención ante las precipitaciones pronosticadas y las acciones de respuesta luego de ocurrida la crecida del 11 de Julio fueron muy acotadas, especialmente en los canales Biobío Norte y Negrete. Esto se debe a la existencia de importantes limitantes de infraestructura y falencias organizacionales.

La primera limitante es el estado de conservación y poca automatización de la infraestructura de riego, relacionada a la inexistencia de obras regulación en la bocatoma del canal Biobío Norte y el mal estado de las compuertas de la bocatoma y exposición excesiva hacia el río Biobío del tramo inicial del canal matriz Biobío Negrete, además de la baja capacidad de las obras de ambos canales para la evacuación de los caudales excedentes hacia el río¹².

Estas condiciones provocan una dependencia mayor en la gestión por parte de las Asociaciones de Canalistas de canales Biobío Norte y Negrete para evitar los daños potenciales, a diferencia de lo que ocurre en la Asociación de Canalistas del canal Biobío Sur en donde la infraestructura presenta menos falencias.

Es importante mencionar que ninguna de las Asociaciones de Canalistas posee procedimientos formales, funciones establecidas y conocidas por todo el personal ni menos capacitación para la previsión y manejo de emergencias, dejando toda la responsabilidad al criterio e improvisación de los administradores del canal. En el evento del 11 de Julio, debido a la magnitud del mismo y la imposibilidad de distribuir en forma rápida los recursos físicos y técnicos, cada administrador se limitó a gestionar la evacuación del agua de los terrenos inundados, ayuda a los usuarios más afectados y la evaluación de los daños. Además, al momento de desencadenarse la crecida, los problemas de conectividad existente en algunos sectores para contactos por walkie-Talkie y más aún por teléfono móvil entre los celadores y la administración perjudicaron la identificación de puntos de emergencia y la conformación de equipos de trabajo con prontitud.

A pesar de las falencias anteriores, la Asociación de Canalistas del canal Biobío Sur tuvo la posibilidad de proteger algunos sectores sensibles en Mulchén y construir desagües de emergencias en las cercanías de Angol con la ayuda de la máquina retroexcavadora de la Asociación, además de distribuir más personal técnico en ayuda de los agricultores afectados. En los canales Biobío Norte y Negrete la situación se enfrentó en forma más precaria, transportando sacos de arena en camionetas para evitar que el agua desbordara el canal inundando sectores poblados, logrando escaso éxito.

Otro aspecto fundamental para entender el desastre es el no uso permanente y formal de los pronósticos meteorológicos y de los parámetros hidrológicos del río Biobío por parte de las Asociaciones de Canalistas para la toma de decisiones tendiente a la protección del canal.

¹² Ver Apartado 6.1.4.3 sobre características y vulnerabilidad de la infraestructura de riego.

No existe un encargado de revisar los pronósticos del tiempo con anticipación, además de los niveles de los embalses y el caudal del río Biobío disponibles en tiempo real en la plataforma web de la DGA. Según la opinión de los administradores de cada Asociación de Canalistas, el saber tardíamente la magnitud del fenómeno antes y durante su ocurrencia condicionó la priorización en las acciones del personal a la recuperación básica y la ayuda a los afectados en desmedro de las medidas preventivas.

Por otra parte, las Asociaciones de Canalistas no contemplan dentro de su presupuesto anual fondos para enfrentar posibles situaciones de emergencia, más aún cuando la morosidad existente en el pago de cuotas por parte de los usuarios es de un 20% como promedio (DOH, 2007). Esto provocó que los trabajos de recuperación tardaran un mes en comenzar, en espera de la ayuda estatal. Además, la Asociación del Canal Biobío Negrete tuvo que recurrir a dineros destinados al mejoramiento de otras obras de infraestructura y de sus oficinas para complementar los subsidios del MOP para la reconstrucción del canal.

En este sentido cabe preguntarse si la disposición de fondos de emergencia para eventos extremos externos al funcionamiento habitual del canal es una obligación de las Asociaciones de Canalistas. A juicio del autor resulta injustificable que no se considere este aspecto en sus presupuestos anuales, ya que dentro del Código de Aguas (Ministerio de Justicia de Chile, 1981) en las funciones principales de las Asociaciones se encuentra la mantención del servicio de entrega de agua de riego a sus usuarios, que a su vez pagan cuotas y forman parte de la organización para dicho objetivo. Además es evidente que este servicio debe ser realizado con niveles aceptables de seguridad para la vida y las actividades productivas. No obstante, esta opinión no es compartida por la administración de los canales, quienes consideran que la previsión y respuesta, en términos de gestión y disposición de recursos económicos, debe ser llevada a cabo por el Estado con un fuerte énfasis subsidiario.

Actualmente la inversión por parte de las Asociaciones de Canalistas se enfoca solamente al mejoramiento de obras de entrega (compuertas), construcción y recuperación de revestimientos y limpieza de canales (DOH, 2008).

6.3.3 ENDESA en los Embalses Pangue y Ralco

El 11 de Julio, entre las 10:00 y 13:00 horas¹³, el embalse Pangue registró una disminución de su volumen de agua en 0,44 hm³, es decir, que las descargas fueron mayores que los aportes. El “golpe de agua” entregó 41 m³/s adicionales por tres horas al caudal efluente del río Biobío, un hecho extremadamente grave, ya que si bien el caudal es poco significativo con respecto al total que llevaba el río, incrementa el efecto natural de la crecida, incumpliendo las normas de operación interna de ENDESA, las disposiciones de la

¹³ Es el periodo de tiempo que determina las mayores crecidas en las bocatomas de los canales, sucedidas a las 14:00 horas, ya que el agua descargada de la central Pangue se demora aproximadamente 2,5 horas en llegar al sector mencionado.

DGA y la legislación vigente. Entre la transgresiones legales se encuentra la resolución que constituye derechos de aprovechamiento no consuntivo de agua en el río Biobío y Pangué a favor de ENDESA establece en su cuarto punto que “La titular del derecho deberá evitar que se produzcan golpes de agua que puedan provocar daños en las bocatomas que existan aguas abajo de la descarga de la Central.” (DGA, 1983).

El 7 de Julio el embalse Pangué se encontraba con 72,5 hm³ como promedio, al límite del rango del volumen útil de funcionamiento eficiente para la generación eléctrica. Este mismo día se conocieron los primeros pronósticos del sistema frontal, los que fueron actualizados los días 8, 9 y 10, destacando la cantidad importante de precipitaciones esperadas, que si bien eran menores a las que finalmente se registraron, eran suficientes para prever un aumento significativo de los caudales. No obstante, el volumen del embalse Pangué no varió significativamente estos días, por lo que el 11 de Julio su capacidad de regulación de la crecida era mínima.

El 9 de Julio el caudal del río Biobío en la estación fluviométrica Biobío Ante Junta Pangué variaba entre 445 y 588 m³/s. Se desde ese día se hubiese descargado en forma gradual una parte del agua almacenada en el embalse Pangué su capacidad de regulación de la crecida del 11 de Julio habría aumentado notablemente. Dependiendo de la magnitud y frecuencia de las descargas anticipadas, se podrían haber acumulado hasta los 4.298 m³/s promedio que llegaron al embalse en el periodo de mayor intensidad de las precipitaciones¹⁴, logrando caudales de 3.138 m³/s en las bocatomas de los sistemas de canales en estudio, un 60% menos de los registrado.

Otra posibilidad para la disminución de los caudales era la acumulación de parte del agua en el embalse Ralco, el que se encontraba el 11 de Julio con 800 hm³ de agua, restando aún 200 hm³ (400 hm³ menos el volumen de sedimentos) para completar la capacidad total del embalse, sin embargo la administración de la central hidroeléctrica decidió mantener el volumen casi constante, descargando los excedentes aguas abajo, presionando las descargas desde el embalse Pangué, en pos de la mantención del nivel de producción eléctrica en los niveles más eficientes en ambas centrales.

Desde el punto de vista de las comunicaciones, según lo señalado en el manual de operación de la central Pangué (Anexo I) y al observar los registros de caudal de la estación fluviométrica Biobío Ante Junta Pangué (Anexo II), ENDESA debiera haber informado a la DGA, ONEMI, la Gobernación Provincial Del Biobío y las Asociaciones de Canalistas al menos cinco veces sobre descargas desde el embalse, sin embargo solo lo hizo dos veces, a las 18:00 (106 m³/s por tres hora) y 23:00 horas (200 m³/s por cuatro horas) del 10 de Julio, por intermedio de faxes.

Los protocolos de comunicación sobre las descargas y niveles de los embalses también presentan falencias que se manifestaron el 10 y 11 de Julio. Según lo expresado por administradores de los canales en estudio, el operador encargado de los reportes de

¹⁴ Entre las 10:00 y las 14:00 horas del 11 de Julio.

ENDESA no solicita la identificación del receptor de la llamada telefónica (que en este caso ni siquiera se efectuó) o el fax, pudiendo ser una secretaria o un guardia nocturno, personal que en el caso de las Asociaciones de Canalistas en estudio no se encuentra capacitado para comprender ni menos evaluar la magnitud de la información de caudales y niveles de embalse entregada en pos de la puesta en marcha de procedimientos de emergencia oportunos y eficientes. El reporte del 10 de Julio a las 23:00 horas fue recibido por un funcionario de aseo en la Asociación de Canalistas de Biobío Norte y un guardia en el caso del canal Biobío Negrete, los cuales no dieron aviso de esto al personal técnico ni a los administradores respectivos.

En definitiva, ENDESA no realizó aparentemente ninguna medida entre el 7 y el 11 de Julio basada en el uso de los pronósticos del tiempo y la previsión hidrológica para disminuir las condiciones de riesgo a nivel de la cuenca del río Biobío, a pesar de la existencia de información meteorológica base y modernos software de simulación contemplados en el manual de operaciones (Anexo I), el cual está restringido a elaborar escenarios y recomendar acciones para la generación eléctrica de corto plazo con respecto a las variaciones horarias de los caudales. Por otra parte, la empresa no siguió los protocolos internos para casos de emergencia, poniendo en tela de juicio la utilidad de disponer mecanismos formales para la gestión si es que en la práctica no son contemplados, ya sea por negligencia o dolo.

6.4 Principales Impactos Generados por el Evento

En las comunas del área de estudio el impacto del evento del 11 de Julio de 2006 generó importantes pérdidas de vidas, infraestructura y actividad económica.

6.4.1 Daños Directos en la Población

Según las evaluaciones de ONEMI (2006) más de 40.000 personas sufrieron algún tipo de daño inmediato (Cuadro 17), sin considerar los problemas generados posteriormente debido al cese temporal de las actividades del comercio y principalmente la agricultura.

Cuadro 17. Daños en la población debido al desastre del 11 de Julio de 2006 por comuna.

Región	Comunas	Tipo de Daño en la Población				
		Fallecidas	Afectadas	Damnificadas	Albergadas	Aisladas
VII	Los Ángeles	5	2.000	416	416	-
	Quilaco	-	217	217	12	-
	Santa Bárbara	-	3.000	1.709	20	-
	Mulchén	-	3.255	3.255	280	-
	Nacimiento	2	20.000	5.500	296	-
	Negrete	-	382	312	14	-
IX	Ángol	-	-	-	-	-
	Renaico	-	-	69	7	-
	Collipulli	-	39	47	30	15
Total		7	28.893	11.525	1.075	15

Fuente: ONEMI (2006).

Las repercusiones en las viviendas también fueron de consideración, registrándose en forma oficial 4200 viviendas con algún grado de daño y 26 destruidas (ONEMI, 2006).

6.4.2 Daños en la Actividad Agropecuaria

El impacto del evento en el sector agropecuario se vio reflejado en los cuantiosos daños sobre las redes de canales existentes registrados por las Asociaciones de Canalistas, especialmente en los canales Biobío Norte y Negrete, tanto en el canal mismo como en bocatomas, obras de contención, compuertas y entregas.

Debido a estos daños, los trabajos de reparación en algunos casos concluyeron a principios de Noviembre¹⁵, afectando de forma drástica la entrega de agua de riego para amplios sectores del área de estudio, disminuyendo la producción agrícola.

6.4.2.1 Daños en la Infraestructura de Riego

6.4.2.1.1 Canal Biobío Norte

Los daños más importantes se registraron en el sector de bocatoma, en el cual se destruyeron las barreras, se socavó drásticamente el terreno y se acumuló gran cantidad de material en la laguna de aducción. Otros daños de importancia se produjeron en el canal Huingán Las Garzas (Figura 15), en el cual varios tramos se destruyeron, incluida la descarga Las Ñipas. Algunos tramos en el canal Ormeño también fueron afectados.

¹⁵ El periodo de riego en los sectores afectados se inicia a mediados de septiembre.

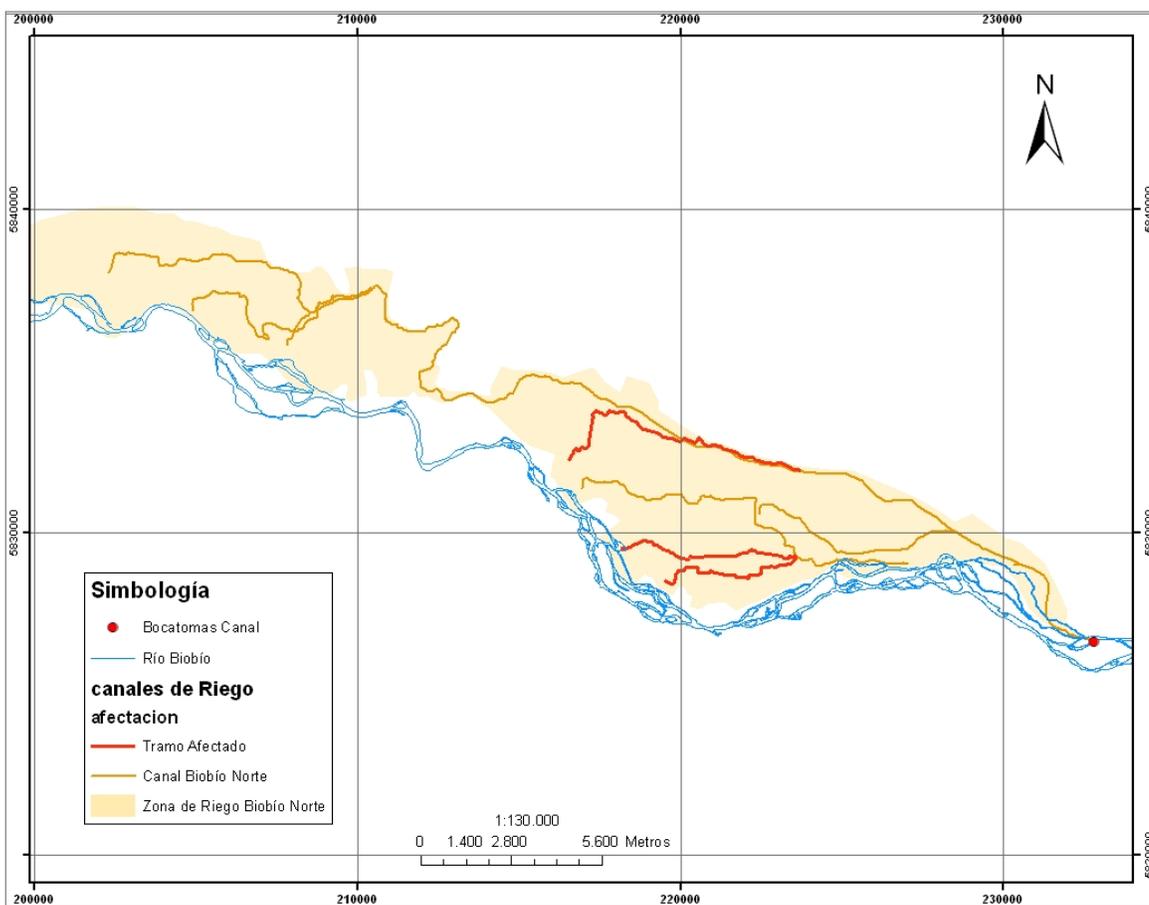


Figura 14. Tramos del canal Biobío Norte afectados por el desastre del 11 de Julio de 2006. Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Tramo del canal Huingán Las Garzas destruido. La línea segmentada indica el trazado original del muro norte del canal revestido en mampostería, de la cual solo se puede distinguir una parte en mal estado. Asociación de Canalistas del Canal Biobío Norte (2006).

6.4.2.1.2 Canal Biobío Sur

En comparación con los otros dos sistemas de canales los daños fueron menores, ya que además de casos puntuales de rupturas en canales derivados, lo más significativo fue el derrumbe de algunas laderas en el canal matriz y derivados (Figura 17), lo que según la administración del canal, no representó un incremento importante respecto de los daños producidos en años normales.

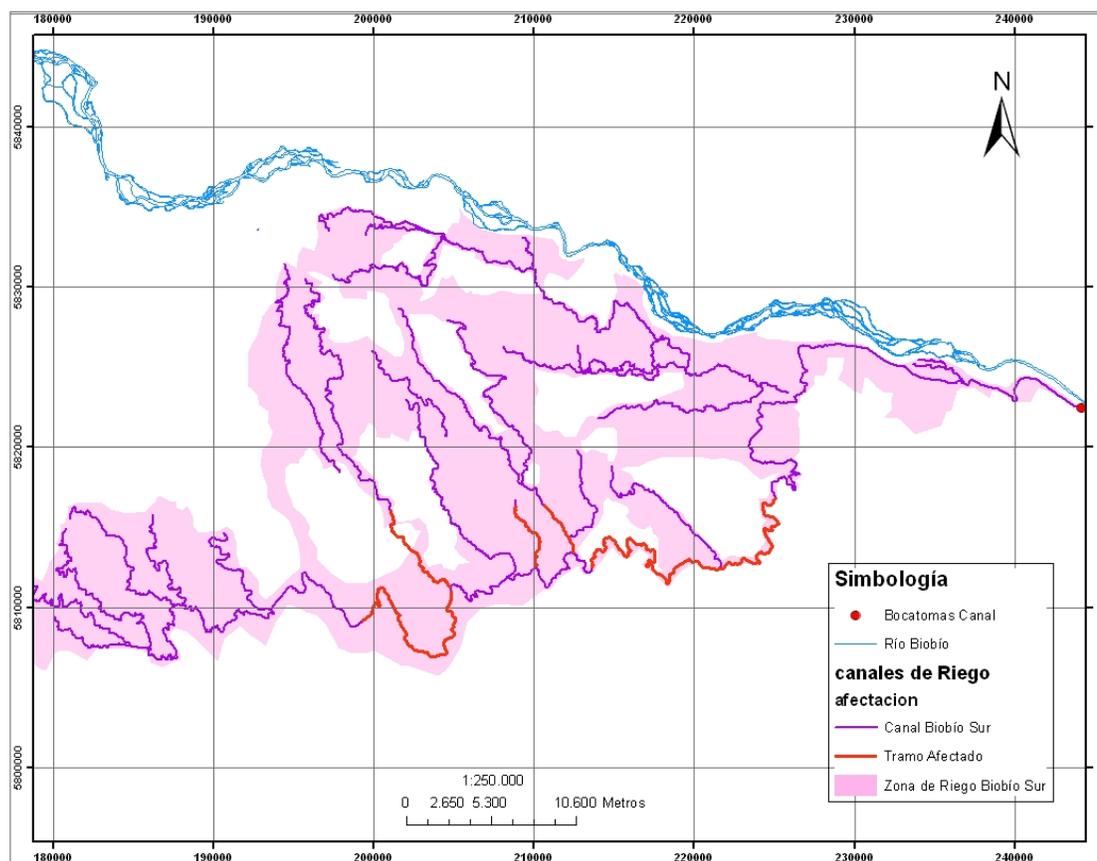


Figura 16. Tramos del canal Biobío Sur afectados por el desastre del 11 de Julio de 2006. Fuente: Elaboración propia.

Además de los derrumbes, el canal sufrió desbordes en el cruce con la ruta hacia Piñiquihue, afectando a tres viviendas (Ver Anexo III).



Figura 17. Reconstrucción de sector canal Biobío Sur afectado por derrumbes.
Fuente: DOH (2007).

6.4.2.1.3 Canal Biobío Negrete

El caudal del río Biobío ingresó al canal matriz por tres puntos. El primer lugar fue directamente por las dos compuertas de la bocatoma, que son el principal elemento de regulación del caudal entrante al canal y que al momento de la crecida una de ellas se encontraba en mal estado y la otra no pudo ser cerrada oportunamente. La altura del río también sobrepasó el camino de acceso a la bocatoma, el que constituye la única separación entre ambos cursos en los primeros tramos del canal, cortando una sección de la vía y arrastrando este material hacia el río y el canal. Finalmente otras defensas y desagües del canal también fueron traspasadas por el agua.

Estos sucesos facilitaron el ingreso violento de un alto caudal al canal matriz provocando embanques en un tramo de 3.500 m y roturas en tres partes de sus muros en una longitud de 400 m (Figura 19). También se vio afectada la estructura de las compuertas de la bocatoma, ya deteriorada anteriormente.

La situación de algunos canales derivados ubicados en la comuna de Nacimiento, en opinión de la administración de la Asociación de Canalistas, fue alarmante. En su paso por este sector, el río Biobío ya ha recibido las aguas de los ríos Bureo y Duqueco, los que en conjunto durante la crecida aportaron unos 2000 m³/s más. Este caudal arrasó con 800 m del canal El Tranque y 100 m del canal Fiscal, además de dejar profundas grietas en cientos de metros en un revestimiento recientemente construido en este último. También destruyó una sección de 50 m del canal El Establo y 120 m en el canal Las Marías. A esto se suma un gran número de otros tipos de daños, principalmente pérdida de terraplenes que sostienen revestimientos, destrucción de canoas y embanques con tierra y árboles (Cuadro 18).

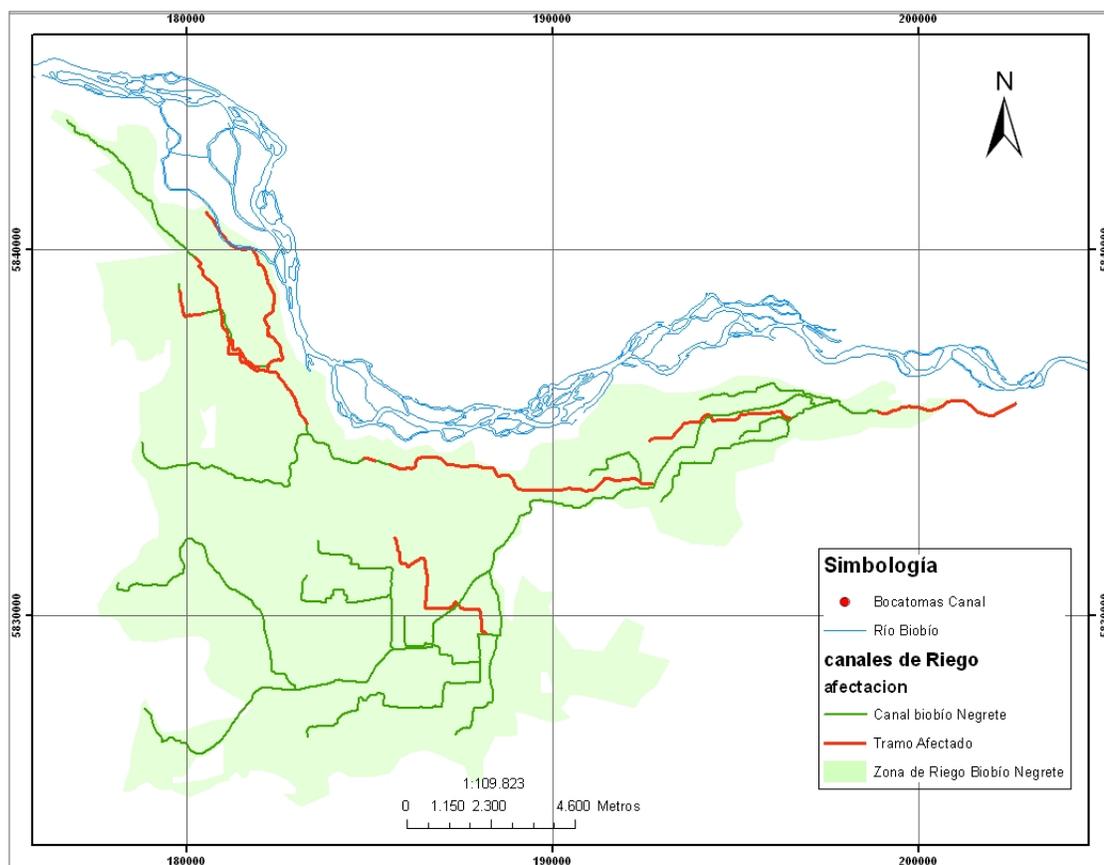


Figura 18. Tramos del canal Biobío Negrete afectados por el desastre del 11 de Julio de 2006. Fuente: Elaboración propia.

Además de los daños inmediatos en la red de canales (Cuadro 18), la remoción de masa provocada por el río Biobío en la ribera donde se ubica la bocanoma, el primer tramo del canal matriz y el camino de acceso ha generado el aumento de la inestabilidad del terreno en una longitud de 600 m aproximadamente (Figura 20). Meier (2006) sostiene que la ocurrencia de nuevas crecidas en el río Biobío puede arrasar todo el sector si no se construyen obras de defensas en dicha ribera y un desvío del río 500 m aguas arriba de la bocanoma.



Figura 19. Destrucción canal matriz Biobío Negrete en dos tramos. Las líneas segmentadas indican la ubicación original del trazado del canal y la división con el camino de acceso. Fuente: Asociación de Canalistas del Canal Biobío Negrete (2006).

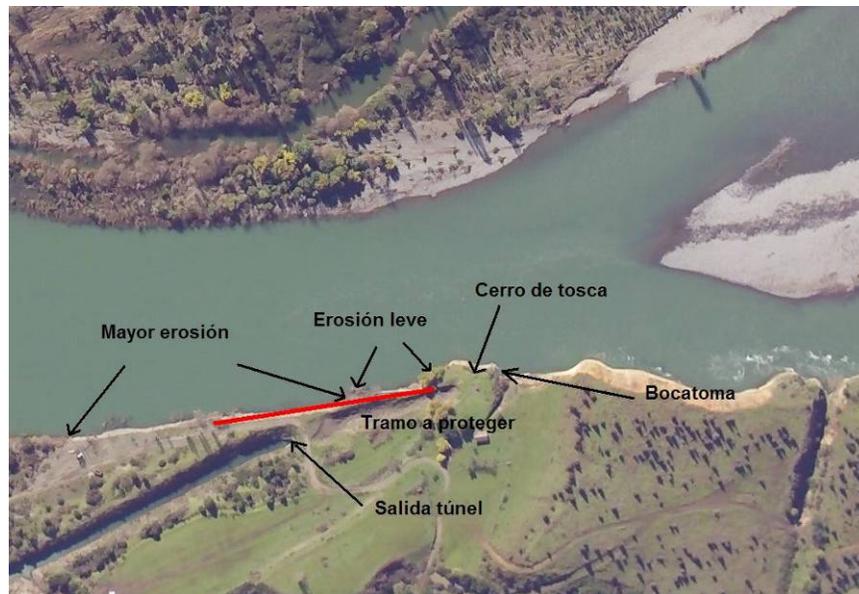


Figura 20. Terrazas afectadas adyacentes a canal Biobío Negrete. La línea roja representa la zona que ha quedado sobreexpuesta al río Biobío. Fuente: Meier (2006).

Cuadro 18. Daños en el sistema de canales Biobío Negrete por el desastre del 11 de Julio de 2006.

Sector o Canal	Descripción Daño
Bocatoma	La estructura de la bocatoma sufrió el embate de piedras y troncos, observándose daños en las barandas y en la loza de maniobras, además de la ruptura del limnómetro. Los vástagos que permiten el movimiento de las compuertas quedaron en estado deficiente. Finalmente, se formó un socavón al pie de la obra.
Canal Matriz	Km. 0,12-0,6: Ingreso de material fluvial y desprendimiento de taludes. Km. 0,6-0,9: Destrucción de muro, camino de berma e ingreso de material fluvial. Km. 0,9-1,3: Ingreso de material fluvial y desprendimiento de taludes. Km. 1,3-1,5: Socavación del muro de las 4 compuertas, ingreso de material fluvial, destrucción del muro y berma del canal y destrucción del camino de acceso. Km. 3,9-4,05: Destrucción de muro de contención y revestimiento, destrucción de berma y talud del muro y destrucción del camino de acceso.
Canal Fiscal	El canal de hormigón armado se destruyó en tres partes en una longitud total de 120 m. En estos tramos se perdió el terraplén que sostenía el canal. La fuerza del agua dejó grietas en otros 400 m y eliminó gran parte del material de sustento de los muros del canal unos 500 m.
Canal el Tranque	Fue el canal más afectado, ya que el río Biobío lo azotó en forma directa. El trazado desapareció en varios tramos, que en total suman 800 m lineales, en los que se debe despejar la masa de árboles y sedimentos, tomar niveles topográficos, reponer el terraplén con rellenos compactados e incorporar un material impermeabilizante que impida las pérdidas desde el terraplén nuevo, además de considerar modificaciones en los pasos de agua bajo las secciones destruidas para previniendo nuevas roturas, ya que el río dejó desagües naturales al socavar estos pasos. También se observaron daños en las bermas e ingreso de material fluvial y árboles en otros 1000 m de este canal.
Canal El Establo	Se destruyeron 75 m de terraplén revestido con hormigón armado.
Canal Las Marías	El agua se acumuló haciendo colapsar un ducto de evacuación de excedentes de agua, destruyendo 120 m de canal.
Canal Tralpenes	Este canal sufrió la rotura de 100 m de terraplén revestido con hormigón armado, otros 200 m de este revestimiento quedaron sin material de sustento para los muros y se destruyeron 2 importantes canoas de paso de agua. La primera, una canoa metálica colgante de 20 m de longitud a una altura de 4 m y la segunda una canoa de concreto de 50 m de longitud que se eleva unos 10 m sobre el fondo el lecho. También se observan tramos de terraplén no revestido destruidos en 40 m.

Fuente: Descripciones técnicas DOH e informe de evaluación de daños Asociación de Canalistas del Canal Biobío Negrete (2006).

6.4.2.2 Daños en la Producción Agrícola

Antecedentes post-desastre de INDAP identificaron más de 50.000 ha de cultivos inundadas o desabastecidas de agua de riego en la región Del Biobío, de las cuales el 40% están ubicadas en las comunas de la Provincia Del Biobío, en terrenos asociados a la agricultura de subsistencia (0 a 5 ha), familiar campesina (5 a 20 ha) y predios de tamaño medio (20 a 100 ha). Los principales cultivos afectados fueron praderas naturales, trigo, arvejas y frutales menores. A su vez el sector ganadero de la provincia sufrió la pérdida 200 bovinos y 500 ovinos (Diario La Tribuna de Los Ángeles, 2006).

INDAP indicó que las pérdidas en la producción agrícola anual llegaron a un 35% la zona de riego del canal Biobío Negrete, que en términos de superficie corresponde a 2430,9 ha, en tanto que en el canal Biobío Norte el daño alcanza el 10%, equivalentes a 705,1 ha. La zona de riego del canal Biobío Sur no registró daños de importancia en la producción agrícola, debido a la prontitud en las tareas de rehabilitación de las obras dañadas.

Si bien la información de daños disponible no posee la exactitud ni especificidad esperada, a partir de estos datos es posible estimar los daños en los principales rubros agrícolas presentes en las zonas de riego del área de estudio, en términos de superficie afectada y posteriormente desde el punto de vista económico.

A partir de la caracterización de los daños publicada por INDAP se realizó un trabajo conjunto con las Asociaciones de Canalistas de Biobío Norte y Biobío Negrete para asignar un porcentaje de afectación de la superficie en cada estrato de tamaño predial (Cuadro 19).

Cuadro 19. Porcentaje de superficie agrícola afectada por el desastre por estrato de tamaño predial

Zona de Riego	Porcentaje de Superficie Afectada.				Porcentaje Ponderado ¹⁶
	0 - 5 ha	5 - 20 ha	20 - 100 ha	> 100 ha	
Biobío Norte	40	20	10	0	10
Biobío Negrete	60	75	61	0	35

Fuente: Asociaciones de Canalistas a partir de evaluación de INDAP en el Diario La Tribuna de Los Ángeles (2006)

Al multiplicar estos porcentajes por la superficie de regada en cada sistema de canales¹⁷, se obtiene la superficie afectada por zona de riego, rubro agrícola y estrato de tamaño predial (Cuadro 20).

¹⁶ Corresponden a los porcentajes de afectación descritos por INDAP para cada zona de riego (Diario La Tribuna de Los Ángeles, 2006).

¹⁷ Con respecto a la superficie regada descrita en el apartado 6.1.4.

Cuadro 20. Superficie agrícola afectada por el desastre por estrato de tamaño predial

Rubro	Biobío Norte (ha)				Biobío Negrete (ha)				Total (ha)
	0-5 ha	5-20 ha	20-100 ha	Total	0-5 ha	5-20 ha	20-100 ha	Total	
Cereales	24,8	301,8	47,9	374,5	14	790,4	455,8	1.260,2	1.634,6
Hortalizas	9,4	0	0	9,4	16,2	0	0	16,2	25,6
Plantas forrajeras	22,4	208,5	78,9	309,8	0	507,3	335,2	842,5	1.152,2
Frutales	11,4	0	0	11,4	23,5	288,4	0	311,9	323,4
TOTAL	68	510,3	126,8	705,1	53,8	1.586,10	791	2.430,9	3.135,9

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes de INDAP (Diario La Tribuna de Los Angeles, 2006) y criterios de Asociaciones de Canalistas.



Figura 21. Terrenos Agrícolas inundados en Santa Bárbara y rescate de ganado por lugareños en Nacimiento. Fuente: Diario La Tribuna de Los Angeles (2006).

6.4.3 Consecuencias Legales y Políticas

6.4.3.1 Protestas y Denuncias

Inmediatamente ocurrido el desastre aparecieron numerosas críticas por parte de alcaldes, diputados y senadores de la región Del Biobío en contra de ENDESA por no contener el agua de la crecida, especialmente en la central Pangué, acusando a la empresa de causar un “golpe de agua” e indicándola como responsable de las pérdidas de vidas, viviendas y actividades económicas.

Además, los municipios de Nacimiento, Santa Bárbara, Los Ángeles, Mulchén y Concepción se querellaron en contra de ENDESA por daños a terceros y cuasi delito de homicidio, procesos que al 2010 aún se encuentran en curso.

Finalmente, en los meses de Agosto y Septiembre de 2006 se contabilizaron diez marchas

ciudadanas en Los Ángeles, Nacimiento y Concepción en protesta a ENDESA. Entre 2007 y 2010 se han seguido efectuando manifestaciones al respecto, aunque con menor frecuencia, centrando los esfuerzos en el ámbito judicial.

6.4.3.2 Comisión Investigadora de la Cámara de Diputados de Chile

6.4.3.2.1 Características y Desarrollo de la Comisión

Los daños ocasionados, las diversas denuncias en contra de ENDESA y el interés social y político por el evento del 11 de Julio motivaron la creación de la Comisión Investigadora en Cámara de Diputados de Chile (Anexo III).

A partir del 1 de Agosto esta Comisión tuvo cinco meses para entregar un informe cuyo objetivo fue definir las responsabilidades en la presunta irregularidad en la apertura de compuertas de la Central Pangué.

La Comisión Investigadora estuvo integrada por 13 diputados de todos los sectores políticos. Los parlamentarios realizaron nueve sesiones en Valparaíso, una reunión en Santiago y dos audiencias en las ciudades de Los Ángeles y Concepción, además de tres sesiones destinadas a votar las conclusiones y proposiciones del informe.

Entre los invitados, estuvieron los alcaldes de las zonas afectadas, el Ministro de Obras Públicas, el Director General de Aguas, la directora de ONEMI, autoridades regionales y provinciales, representantes de ENDESA y de seis Asociaciones de Canalistas, entre las cuales se encuentran las de los canales Biobío Norte y Negrete.

6.4.3.2.2 Conclusiones del Informe

Una de las conclusiones de este trabajo parlamentario es que resulta muy complejo establecer una relación causa- efecto entre la apertura de compuertas y las inundaciones en la parte media y baja de la cuenca.

También se menciona la alta erosión de la vía fluvial, y se afirma que, al parecer, los embalses no agravaron la situación natural que habría ocurrido en el río sin ellos; sin embargo, tampoco contribuyeron a mitigar los efectos de la crecida Del Biobío. "Los embalses, utilizados en mejor forma, podrían haber ayudado a reducir el impacto en el momento de mayor ingreso de agua al sistema", indica el informe.

En este sentido extraña la pasividad, más aún, el respaldo que recibió ENDESA por parte del director nacional de la DGA el Ministro de Obras Públicas, los que durante el transcurso de la Comisión negaron la existencia de un "golpe de agua". Esta defensa se basó en parámetros teóricos del funcionamiento de las compuertas de la central hidroeléctrica y no en la estadística de volumen de agua disponible del embalse Pangué y

caudal en la estación río Biobío Ante Junta Pangué registrada durante el transcurso del evento (Anexo II). La única estadística de caudales presentada por la DGA fue de la estación ubicada en Concepción, donde la crecida alcanzó alrededor de 16.000 m³/s, señalando que el aporte de las centrales fue el 20% del agua medida, valor no significativo por la DGA. Esta aseveración resulta lógica, ya que la estación utilizada corresponde al punto de salida de la cuenca, en donde ya han tributado todos los ríos afluentes existentes. Si se consideran los valores registrados en la estación Biobío en Rucalhue, el aporte de las centrales sube a más del 40% de la crecida.

La Comisión Investigadora recalca que la central Pangué obtuvo sus autorizaciones de construcción antes de la entrada en vigencia de la ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente y el sistema de evaluación de impacto ambiental, por lo que la factibilidad ambiental del proyecto no fue analizada por la CONAMA y no está sujeta al seguimiento, fiscalización y eventual sanción por parte de la institución, sino solo en forma independiente por los organismos sectoriales con competencia respecto de la central. Sin embargo, la central Ralco sí ingresó al sistema de evaluación de impacto ambiental, y se establecieron distintas medidas de prevención de riesgos y control de accidentes, las cuales deberán ser evaluadas por la CONAMA con objeto de establecer responsabilidades y sanciones. Al 2010 aún no ha sido publicado ningún informe al respecto.

La Comisión solicita a ENDESA la construcción de un dique de contención más abajo de la central Pangué que permita regular las descargas de agua como consecuencia de la crecida del caudal del río, pero ENDESA inmediatamente se opone al requerimiento, pues no está contemplado en el proyecto original y no existe una norma que obligue a realizarla.

Del mismo modo, la Comisión Investigadora propone a la DGA que elabore un catastro nacional actualizado sobre cuencas, determine las falencias que existen y priorice cuáles requieren herramientas predictivas para evitar que se produzcan situaciones de emergencia como ésta, labor que hasta el 2010 no se ha realizado.

Se encarga a la DGA que no sólo mida los caudales y haga previsiones futuras, sino que también elabore diagnósticos del comportamiento histórico de los ríos en eventos de crecidas y entregue directamente la información a las autoridades comunales. Al respecto la DGA ha aumentado la cantidad de estaciones de medición en tiempo real y mejorado el acceso a la información desde su sitio web, pero no se han observado avances en la elaboración de los diagnósticos.

En cuanto a medidas legislativas, se sugiere discutir y despachar, en el más breve plazo un proyecto de ley que regule la operación de los embalses ante la crecida inminente de volúmenes de agua que, por sus magnitudes o por su cercanía a lugares habitados, pongan en peligro la vida, salud o bienes de la población. Esta ley, entre otras materias, debe prohibir a los operadores de las centrales realizar “golpes de agua” y promover la descarga anticipada y gradual de agua basada en el uso de los pronósticos del tiempo. De esta indicación surge la ley sobre Operación de Embalses Frente a Alertas y Emergencias de Crecidas promulgada en 2008.

También se ordena a Ralco, por ser una represa que puede cerrar absolutamente el paso del río Biobío y por tanto recuperar sus niveles en un par de días, que a partir del mes de Abril el embalse se mantenga con una cota no superior a los 710 m.s.n.m. (o lo que técnicamente sea más adecuado en cuanto a cota), pudiendo recuperar su cota máxima de 725 m a partir del mes de Octubre de cada año. Con la entrada en vigencia de la ley sobre Operación de Embalses Frente a Alertas y Emergencias de Crecidas (MOP, 2008) esta propuesta fue desechada.

Otra propuesta fue solicitar a ENDESA el sometimiento voluntario de la central Pangué al sistema de evaluación de impacto ambiental, a fin de que la CONAMA pueda solicitar medidas de prevención de riesgos y control de accidentes concordantes a la variación de los caudales del río Biobío. Al 2010 ENDESA no se ha pronunciado respecto a esta solicitud.

El informe de la Comisión Investigadora fue aprobado con amplia mayoría, con 43 votos a favor, 1 en contra y 22 abstenciones.

6.4.3.3 Ley sobre Operación de Embalses Frente a Alertas y Emergencias de Crecidas

A nivel institucional y legal, el mayor legado del evento del 11 de Julio de 2006 fue la promulgación de la Ley 20.304 sobre Operación de Embalses Frente a Alertas y Emergencias de Crecidas (MOP, 2008), que busca reglamentar el funcionamiento de los embalses de todo el país ante la crecida inminente de caudales de agua que, por su magnitud o por su cercanía a lugares habitados, pongan en peligro la vida, salud o bienes de la población, dentro de un esquema de estrecha coordinación público - privada.

La intención es predecir, con la tecnología adecuada, los eventos meteorológicos extraordinarios y utilizar la infraestructura existente de los embalses como dispositivos mitigadores de los efectos de las inundaciones.

Esta ley establece que todo embalse de riego, hidroeléctrico y minero, con su operador respectivo, se debe registrar en la DGA, entidad que califica cuáles de ellos cumplen la función de contención de crecidas. Los operadores de los embalses de contención deberán cumplir con algunas obligaciones, tales como:

- Presentar un manual de operación ante la DGA que incluya planes de contingencia ante crecidas.
- Instalar y mantener sistemas de monitoreo para prevenir oportunamente sobre crecidas.
- Disponer de mecanismos de comunicación eficaces con los organismos públicos y privados estratégicos de la cuenca

Del mismo modo, la ley otorga nuevas facultades a la DGA, que tienen relación con:

- Declarar el Estado de Alerta de Crecidas.
- Mantener un registro público de las obras y embalses, clasificándolos como de contención cuando corresponda.
- Aprobación de los manuales de operación de los embalses.
- Exigir la instalación de los sistemas de monitoreo.
- Requerir la aplicación de sanciones al tribunal competente en caso de incumplimiento por parte de los operadores decretado el Estado de Alerta de Crecidas
- Ordenar medidas adicionales dependiendo de la magnitud del evento previsto.
- Fiscalizar el permanente cumplimiento de las normas de operación.

Los procedimientos en Estado de Alerta de Crecidas incluyen además la coordinación entre la ONEMI, el respectivo intendente regional, la o las municipalidades respectivas, la DGA, DOH, CNE y el CDEC-SIC.

La ley establece también que los operadores de centrales deberán indemnizar a quienes corresponda por los perjuicios causados a terceros en el caso de incumplimiento de la normativa, el manual de operación o las instrucciones especiales impartidas por las autoridades. Se contemplan multas que van desde 200 hasta las 10.000 Unidades Tributarias Anuales.

Por otra parte, el Estado deberá indemnizar al operador del embalse que haya sufrido perjuicios efectivos y evaluables en dinero, cuando la crecida fuese menor a la pronosticada y producto de lo cual el embalse no recupere el nivel de aguas que tenía antes de la aplicación de las medidas preventivas. El monto de la indemnización corresponderá a los ingresos que la empresa dejó de percibir por concepto de generación eléctrica con el agua descargada.

En Mayo de 2010 la DGA publicó una lista de 14 embalses incluidos en su catastro público, de los cuales solo dos fueron catalogados como de contención, Ralco y Colbún (ubicado en el río Maule), considerando que en el resto de los casos no constituían un riesgo para la parte aguas debajo de su ubicación.

Al respecto queda la incertidumbre de los criterios utilizados para dicha jerarquización, ya que todos los embalses, dependiendo de su operación ante una crecida, pueden aportar a la disminución o aumento del riesgo en las cuencas donde se sitúan.

6.5 Valoración Económica de los Daños en el Sector Agropecuario

6.5.1 Costos en Infraestructura

La valoración económica de los daños provocados por el desastre realizada por las Asociaciones de Canalistas en los primeros días luego del 11 de Julio, se basó en los costos de reposición de las obras en las condiciones preexistentes al desastre. Los mayores costos se produjeron en el canal Biobío Negrete y sus derivados, los que corresponden a más del 75% del total (Cuadro 21).

Cuadro 21. Evaluación económica de los daños en la infraestructura de riego provocados por el desastre del 11 de Julio de 2006.

Canal	Item	Valor (\$) ¹⁸
Biobío Norte	Reparación Sector Bocatoma	42.000.000
	Reparación canal Huingán Las Garzas	32.500.000
	Reparación canal Ormeño	4.500.000
	TOTAL	79.000.000
Biobío Sur	Remoción de material derrumbes y reparación canales	1.850.000
	Rehabilitación laderas de cerros	3.200.000
	TOTAL	5.050.000
Biobío Negrete	Habilitación Bocatoma	2.000.000
	Reconstrucción Canal Matriz	114.976.000
	Reparación Canal Fiscal	13.114.000
	Reconstrucción Canal el Tranque	40.585.000
	Reparación Canal El Establo	17.362.000
	Reparación Canal Las Marías	1.200.000
	Reparación Canal Tralpenes	22.915.000
	Reconstrucción Canoa Metálica Tralpenes	25.645.000
	Reconstrucción Canoa de Hormigón Tralpenes	32.576.000
TOTAL	268.373.000	
TOTAL GENERAL		352.423.000

Fuente: Informes de daños de las Asociaciones de Canalistas de los Canales Biobío Norte, Sur y Negrete (2006).

La DOH asignó un fondo de emergencia \$280.000.000¹⁹ para los trabajos de reparación y reconstrucción del canal Biobío Norte y parte del canal Biobío Negrete, adjudicados del contrato CO-VIII R-E01 (DOH, 2006b), sin contemplar ayuda para el canal Biobío Sur.

¹⁸ Valores con IVA incluido

¹⁹ Incluye los gastos generales y las ganancias de las empresas contratistas.

En el canal Biobío Negrete el contrato involucró la reparación de los canales Matriz, Fiscal y Tralpenes, en este último caso sin considerar la reparación de las dos canoas destruidas. La Asociación de Canalistas del Canal Biobío Negrete financió el resto de las obras a través de fondos propios y en menor medida a través de la postulación a los mecanismos de subsidio de la ley 18.450 de Fomento al Riego y Drenaje, como es el caso del canal El Tranque, con \$30.500.000 asignados.

Además de los daños anteriores, se debe tener en cuenta el costo que implica la reparación y estabilización de la ribera afectada que sostiene la bocatoma y la sección inicial del canal matriz Biobío Negrete. Meier (2006) evalúa los costos de reparación del sector en \$682.499.445. Esto resulta clave para el funcionamiento a mediano y largo plazo de todo el sistema de canales, ya que de no llevarse a cabo la reparación, se corre el riesgo todo el sector sea destruido por un crecida. De hecho, León et al (2006) basándose en antecedentes de distintos estudios de construcción de sistemas de riego en Chile, estiman el costo de construcción de nuevas obras en \$5.000.000.000, lo que incluye trabajos de desvío en el río, la bocatoma, un túnel de entrada, compuertas, desagües, desripiadores, 500 m del canal matriz y defensas en la ribera del río.

6.5.2 Costos en la Producción Agrícola

Para evaluar económicamente el daño en la producción agrícola se utilizaron parámetros unitarios en disponibles en el Plan Director para la Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Maule (DGA, 2007). Este estudio considera resúmenes de fichas técnico-económicas de cultivos representativos para los rubros agrícolas y estratos de tamaño predial de la zona centro sur de Chile (Cuadro 22).

Cuadro 22. Resumen de parámetros económicos unitarios por rubro agrícola y estrato de tamaño predial utilizados para la evaluación de daños en la producción agrícola.

Rubro	Cultivo	Rendimiento	Unidad	Parámetros Económicos Unitarios (\$/ha)		
				Ingreso	Costo	Margen
Estrato 1. Subsistencia, 0 a 5 ha						
Cereales	Trigo	45	qqm/ha	442.753	376.463	66.290
Hortalizas	Poroto	11	qqm/ha	406.156	330.391	75.765
Forrajeras	Pradera Natural	2,5	Ton/ha	101.684	57.869	43.815
Frutales	Frambuesa	2.000	kg/ha	1.049.554	862.174	187.381
Estrato 2. Pequeño, 5 a 20 ha						
Cereales	Trigo	45	qqm/ha	442.753	376.463	66.290
	Maíz grano	100	qqm/ha	691.112	487.865	203.247
	Promedio	-	-	566.933	432.164	134.769
Forrajeras	Pradera Natural	2,5	Ton./ha	101.684	57.869	43.815
	Pradera Mixta	4,6	Ton./ha	184.880	93.774	91.106
	Promedio	-	-	143.282	75.822	67.461
Frutales	Frambuesa	2.000	kg/ha	1.049.554	862.174	187.381
Estrato 3. Mediano, 20 a 100 ha						
Cereales	Maíz grano	100	qqm/ha	691.112	487.865	203.247
Forrajeras	Pradera Mixta	4,6	Ton./ha	184.880	93.774	91.106

Fuente: DGA, 2007.

Al multiplicar los márgenes unitarios (Cuadro 22) por la superficie de cada rubro afectada en cada zona de riego (Cuadro 18) se obtuvo que el costo total del daño en la actividad agrícola fue \$375.499.192, de los cuales \$77.135.764 corresponden al canal Biobío Norte y \$298.363.428 al canal Biobío Negrete.

En el Canal Biobío Norte el estrato predial pequeño (0 a 5 ha) fue el más afectado económicamente, especialmente cultivos de trigo y maíz grano (Cuadro 23).

Cuadro 23. Evaluación económica de los daños en la producción agrícola provocados por el desastre del 11 de Julio de 2006. Canal Biobío Norte.

Cultivos	Costos a precios de mercado (\$ a Enero 2009)			
	Subsistencia (0 - 5 ha.)	Pequeño (5 - 20 ha.)	Mediano (20 - 100 ha.)	Total
Cereales	1.641.264	40.673.368	9.741.603	52.056.235
Hortalizas	709.519	-	-	709.519
Plantas forrajeras	981.716	14.062.285	7.184.393	22.228.394
Frutales	2.141.617	-	-	2.141.617
TOTAL	5.474.115	54.735.652	16.925.996	77.135.763

Fuente: Elaboración propia.

Los usuarios del Canal Biobío Negrete fueron los más afectados (Cuadro 24), debido a la magnitud, diversidad y extensión espacial de los daños en la infraestructura, afectando el

suministro de agua hasta comienzos de Noviembre. Dentro de los rubros más dañados destacan los cereales en el estrato mediano, principalmente maíz, y los frutales, los que si bien representan una proporción menor de la superficie son cultivos de mayor rentabilidad por hectárea, en este caso representados por frambuesas.

Cuadro 24. Evaluación económica de los daños en la producción agrícola provocados por el desastre del 11 de Julio de 2006. Canal Biobío Negrete.

Cultivos	Costos a precios de mercado (\$ a Enero 2009)			Total
	Subsistencia (0 - 5 ha.)	Pequeño (5 - 20 ha.)	Mediano (20 - 100 ha.)	
Cereales	928.509	80.353.211	92.630.859	173.912.579
Hortalizas	1.231.111	-	-	1.231.111
Plantas forrajeras	-	34.220.512	30.542.215	64.762.727
Frutales	4.408.896	54.048.115	-	58.457.011
TOTAL	6.568.516	168.621.838	123.173.074	298.363.428

Fuente: Elaboración propia.

En el escenario potencial de que no se lleven a cabo los trabajos necesarios de recuperación de la ribera del sector de la bocatoma del Canal Biobío Negrete dañada con el desastre, la destrucción de dicho sector interrumpiría servicio del canal por al menos una temporada hasta que la bocatoma sea reconstruida en otra ubicación, provocando enormes pérdidas en la producción agrícola de la zona de riego respectiva (León et al, 2006).

6.6 Valor Económico del Uso de los Pronósticos del Tiempo para la Reducción de los Daños Causados por el Evento

Desde el punto de vista conceptual, la economía enfatiza que el valor de un bien o servicio está íntimamente relacionado con el beneficio que representa para las personas su utilización (Field, 2003).

El uso, o más bien el buen uso de los pronósticos del tiempo, tiene como beneficio la reducción del deterioro que pudiere provocar un evento hidrometeorológico extremo en la integridad de las personas, la infraestructura y el funcionamiento de las actividades productivas, esto dos últimos aspectos factibles de ser valorados económicamente. El pronóstico, como información técnica, constituye una herramienta de apoyo para poner en marcha una serie de decisiones y acciones tendientes a disminuir los niveles de riesgo, ya sea manejando la amenaza, en este caso el aumento del caudal del río debido a las precipitaciones, o la vulnerabilidad física, institucional y social presente en territorio potencialmente afectado (Lavell, 2002b).

Los daños en la infraestructura de los canales y la producción agrícola ocasionados por la crecida en el río Biobío el 11 de Julio de 2006 pudieron ser reducidos en términos físicos y económicos si los pronósticos del tiempo existentes desde el 7 de Julio hubiesen sido

usados en forma adecuada, tanto por las Asociaciones de Canalistas como por ENDESA en los embalses Ralco y Pangué. No obstante la aseveración anterior, existen cuatro consideraciones importantes que inciden al momento de asignar un valor al uso de los pronósticos del tiempo en este caso:

- La extraordinaria magnitud del evento, que superó todas las consideraciones técnicas utilizadas para la construcción de los sistemas canales estudiados²⁰ y la elaboración de planes de emergencia a nivel público y privado.
- Diferencias significativas entre los valores de precipitación pronosticados y los que finalmente se registraron el 11 de Julio, lo que pudo condicionar las decisiones para la gestión del evento, tanto en ENDESA, las Asociaciones de Canalistas y los organismos públicos de emergencia.
- La vulnerabilidad de la infraestructura de riego, que limitó la acción por parte de las Asociaciones de Canalistas para evitar los daños, independiente de la magnitud del evento y del conocimiento e interés por usar los pronósticos del tiempo, más aun existiendo diversas falencias de procedimientos y capacitación en las organizaciones.
- De los 7.436 m³/s registrados en promedio entre las 10:00 y 14:00 horas del 11 de Julio en la estación Biobío en Rucalhue, 3.138 m³/s fueron aportados aguas abajo del embalse Pangué, sin poder ser regulados con ninguna obra hidráulica. Esto determina que si toda el agua afluente a los embalses Ralco y Pangué hubiese sido almacenada, como respuesta a los pronósticos existentes y la previsión hidrológica derivada, el caudal restante poseía la magnitud suficiente para generar algunos daños.

6.7 Generación de Incentivos para el Uso de Pronósticos del Tiempo para el Control de Crecidas

Una medida como la descarga anticipada del agua almacenada en los embalses Ralco y Pangué parece ser la más lógica y sencilla para enfrentar una crecida potencial del río Biobío y así disminuir los daños probables. Sin embargo, ENDESA realiza una actividad privada cuyo objetivo es la producción de electricidad, lo que implica que para maximizar el beneficio de la empresa siempre se requerirá que el embalse cumpla con rangos de volumen determinados en el diseño de la obras para el uso económicamente eficiente del agua.

²⁰ El diseño de los sistemas de canales consideran parámetros de seguridad para caudales con periodos de retorno de 50, 75 y 100 años, dependiendo del tipo de obra (DOH, 1999, 2000 y 2002b).

En el manual de operación del embalse Pangué (Anexo I) se establece como punto fundamental que el funcionamiento de la central depende de los requerimientos energéticos del CDEC, organismo que administra la generación eléctrica en el país, por lo que el embalse debe estar siempre en condiciones de ofrecer su producción al menor costo posible para satisfacer las necesidades del SIC²¹.

A esto se agrega que al 11 de Julio de 2006 no existía ninguna obligación legal para utilizar los pronósticos del tiempo como factor de decisión para la descarga de agua anticipada desde el embalse, por lo que ENDESA carecía de todo incentivo económico para realizar dicha labor.

Con la promulgación de la Ley sobre Operación de Embalses Frente a Alertas y Emergencias de Crecidas (MOP, 2008) el escenario cambia radicalmente, ya que se reconoce formalmente la relación entre el uso adecuado de los pronósticos y la reducción de los daños por crecidas de un río. Al incorporar un sistema de multas y compensaciones, se le asigna en forma indirecta un valor económico a la prevención de las situaciones de riesgo y se generan nuevos incentivos para la internalización de los costos por daños a terceros en los flujos privados de ENDESA en el embalse Ralco, definido en esta ley como embalse de contención de crecidas.

Sin embargo, la existencia de incentivos económicos no es suficiente para mejorar en forma sustancial la gestión del riesgo de crecidas. Es imprescindible la creación de organismos a nivel de cuenca, que puedan englobar los intereses de los distintos actores potencialmente afectados por eventos de este tipo. Este cambio facilitaría la formulación de obligaciones formales y explícitas para los actores involucrados, incluido el Estado, para el uso constante de pronósticos del tiempo y modelos de previsión hidrológica en torno a un objetivo común, aumentar las condiciones de seguridad en la cuenca y evitar la ocurrencia de daños, generando también mecanismos de coordinación y traspaso eficiente de la información.

²¹ El sistema interconectado central (SIC) es una red de conexiones entre las regiones de Atacama y Los Lagos, con un largo de 2.200 Km., abasteciendo aproximadamente el 93% de la población nacional.

7 CONCLUSIONES

El evento hidrometeorológico del 11 de Julio de 2006 no tiene precedentes en el área de estudio. El análisis de los caudales confirma que es la mayor crecida ocurrida en la cuenca del río Biobío, con valores muy superiores a la estadística disponible.

La gestión de este evento por parte de las Asociaciones de Canalistas, revela importantes limitantes de infraestructura y falencias organizacionales, las que hacen urgente la elaboración de planes y procedimientos formales para abordar emergencias, además de contemplar esta temática dentro de sus presupuestos anuales. De esta forma, las Asociaciones podrán contar con recursos propios para solucionar en forma gradual los problemas infraestructura y disponer de los medios físicos y humanos adecuados para enfrentar emergencias, aumentando la seguridad de los sistemas de canales.

En el caso de ENDESA, la nula utilización de los pronósticos del tiempo y de los medios físicos y técnicos disponibles para haber disminuido la magnitud de la crecida, incluso provocando el incremento repentino y artificial del caudal del río Biobío, constituye un hecho extremadamente grave, tanto desde el punto de vista legal y ético, el que debe seguir siendo investigado por la justicia. Además, el incumplimiento de los protocolos internos de funcionamiento y comunicación de ENDESA ante el aumento del caudal del río Biobío obliga a la DGA, los organismos sectoriales de fiscalización y la misma empresa a establecer mecanismos estrictos de seguimiento y sanción al respecto.

La crecida en estudio provocó diversos y graves daños en la infraestructura de riego y la pérdida de la producción de miles de hectáreas cultivadas en el área de estudio, además de generar nuevas condiciones de riesgo en la ribera que sostiene la bocatoma y el canal matriz Biobío Negrete ante futuros eventos de este tipo. Estos daños fueron descritos y valorados económicamente a partir de la metodología propuesta por CEPAL (2003a y 2003b), la cual resulta muy conveniente para analizar este tipo de desastres. La información secundaria utilizada es de fácil acceso, a pesar de que en algunos casos no se encuentra disponible con el detalle esperado, lo que obliga a especificar los datos mediante entrevistas a especialistas e informantes confiables.

El análisis de las características físicas, la gestión y los impactos del evento hidrometeorológico en estudio, demuestra que el uso adecuado de los pronósticos del tiempo hubiera disminuido en forma gravitante los daños generados en la actividad agrícola, beneficio que puede ser valorado económicamente. Sin embargo, no es posible afirmar que el valor de uso de los pronósticos corresponde al potencial ahorro de la totalidad de los 730 millones de pesos de daños estimados²², ya que en la concreción éstos también influyeron la extraordinaria magnitud del evento, diferencias significativas entre

²²correspondientes a la suma de los daños inmediatos en la infraestructura de riego y la producción agrícola.

los pronósticos y los registros de precipitación del 11 de Julio, la vulnerabilidad de la infraestructura y organización de los sistemas de canales y la imposibilidad de regular el agua que llegó a las bocatomas de los canales desde los cauces ubicados bajo los embalses Pangué y Ralco.

La Ley sobre Operación de Embalses Frente a Alertas y Emergencias de Crecidas representa un avance en la generación de incentivos económicos para la internalización del uso pronóstico del tiempo para la descarga anticipada y gradual de agua desde los embalses, como parte de la actividad productiva de las empresas hidroeléctricas. No obstante, se debe aumentar la cantidad de embalses controlados por el reglamento de la ley, ya que todos tienen la capacidad de generar o evitar daños, dependiendo de su manejo y los eventos que puedan suceder.

Junto con lo anterior, es imprescindible la creación organismos multisectoriales a nivel de cuenca, que tengan entre sus objetivos la disminución y prevención del riesgo de desastres causados por eventos hidrometeorológicos extremos, con énfasis en el trabajo conjunto y coordinado de sus integrantes. En el caso del río Biobío, la conformación de una Junta de Vigilancia representaría el primer paso para la integración de las Asociaciones de Canalistas, empresas hidroeléctricas, otros usuarios del agua y el Estado para el manejo de la cuenca en esta dirección.

Finalmente, la implementación de medidas para evitar situaciones riesgo, tal como es el uso de pronósticos del tiempo, debe ser un compromiso de las empresas con el desarrollo del territorio en donde realizan sus actividades productivas, en el marco de sus políticas de Responsabilidad Social, independiente de la existencia de incentivos económicos y obligaciones legales.

8 BIBLIOGRAFÍA

AGUADO, F. 2005. Enlace Entre la Meteorología e Hidrología en la Previsión de Crecidas en Tiempo Real en España. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid, España. 9 p.

ALDANA, A. 2004. EDIMACHI: Un Entorno de Desarrollo y Aplicación de Modelos Hidrológicos de Previsión de Crecidas en Tiempo Real. CEDEX. Madrid, España. 15 p.

ASOCIACIÓN DE CANALISTAS DEL CANAL BIOBÍO NEGRETE. 2006. Informe de Daños en el Sistema de Riego, efectos del Temporal del 11 de Julio de 2006. Negrete, Chile. 27 p.

ASOCIACIÓN DE CANALISTAS DEL CANAL BIOBÍO NORTE. 2006. Informe Situación Post Temporal. Santa Bárbara, Chile. 11 p.

AZQUETA, D. 2002. Introducción a la Economía Ambiental. Imprenta FARESO, España, 420 p.

BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE (BCN), 2009. Sistema Integrado de Información Territorial SIIT. Disponible en: <http://www.bcn.cl/siit/>. Leído el 15 de Agosto de 2009.

BID y CEPAL. 2000. Un Tema del Desarrollo: La Reducción de la Vulnerabilidad Frente a los Desastres. New Orleans, USA. 47p.

CAMARA DE DIPUTADOS, 2006. Informe de la Comisión Investigadora sobre Presuntas Irregularidades en la Apertura de las Compuertas de la Central Pangué. Valparaíso, Chile. 79 p.

CARDONA, O., 2001. Estimación Holística del Riesgo Sísmico Utilizando Sistemas Dinámicos Complejos. Tesis Doctoral, Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Superior D'enginyers de Camins, Canals y Ports. 196p.

CEPAL, 2003a. Manual para la Evaluación del Impacto Socioeconómico y Ambiental de los Desastres, Tomo III. Mexico DF. 68 p.

CEPAL, 2003b. Manual para la Evaluación del Impacto Socioeconómico y Ambiental de los Desastres, Tomo IV. Mexico DF. 117 p.

CHOW, V.T., 1994. Hidrología Aplicada. McGraw-Hill. Bogotá, Colombia. 584 p.

DGA, 1983. Resolución N° 442. Constitución de Derechos de Aprovechamiento no Consuntivos de Aguas en Ríos Biobío y Pangué a favor de ENDESA S.A.

DGA, 1999. Diagnóstico Situación Actual de las Organizaciones de Usuarios de Aguas a Nivel Nacional. R.E.G. Ingenieros Consultores. Santiago, Chile. 313 p.

DGA, 2004a. Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad, Cuenca del Río Biobío. Cade-Idepe Consultores en Ingeniería. Santiago, Chile. 179 p.

DGA, 2004b. Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Biobío. Departamento de Administración de Recursos Hídricos. Santiago, Chile. 24 p.

DGA, 2007. Plan Director para la Gestión de Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Maule. Luís Arrau del Canto Consultores en Ingeniería Hidráulica y Riego. Santiago, Chile. 525 p.

DGA, 2008. Servicios Satelitales en Tiempo Real. Disponible en: <http://dgasatel.moptt.cl/>. Leído el 23 de Septiembre de 2008.

DIARIO LA TRIBUNA, 2006. Balance Oficial. Centenares de damnificados dejan temporales en la provincia. Disponible en http://www.diariolatribuna.cl/noticias.php?p_id=2673. Fuente: Leído el 13 de Julio de 2006.

DMC, 2006. Compendio de Pronósticos de Precipitación del mes de Julio de 2006. VIII Región. Santiago, Chile, 12 p.

DOH, 1999. Estudio de Factibilidad y Diseño del Mejoramiento del Canal Biobío Sur. Ayala, Cabrera y Asociados Ingenieros Consultores Limitada. Santiago, Chile. 258 p.

DOH, 2000. Mejoramiento Canal Biobío Negrete, VIII Región. EDIC Ingenieros Limitada. Santiago, Chile. 328 p.

DOH, 2002a. Mejoramiento Readequación del Riego Sector Maule Sur, VII Región. Ayala, Cabrera y Asociados Ingenieros Consultores Limitada. Santiago, Chile. 768 p.

DOH, 2002b. Factibilidad y Diseño Mejoramiento Canal Biobío Norte. VIII Región. Ayala, Cabrera y Asociados Ingenieros Consultores Limitada. Santiago, Chile. 404 p.

DOH, 2006a. Actualización Estudio de Diseño de Obras de Riego Sistema Embalse Tutuven, VII Región. Luís Arrau del Canto Consultores en Ingeniería Hidráulica y Riego. Santiago, Chile. 783 p.

DOH, 2006b. Bases Administrativas Contrato CO-VIII R-E01. Reparación Canales Biobío Norte, Biobío Negrete y Quillaileo. Santiago, Chile. 8p.

- DOH, 2007. Programa de Modernización de Sistemas de Riego Existentes, Primera Fase. Luís Arrau del Canto Consultores en Ingeniería Hidráulica y Riego. Santiago, Chile. 325 p.
- DOH, 2008. Programa de Modernización de Sistemas de Riego Existentes, Segunda Fase. Luís Arrau del Canto Consultores en Ingeniería Hidráulica y Riego. Santiago, Chile. 68 p.
- FIELD, B. 2003. Economía Ambiental. McGraw-Hill. Colombia, 587 p.
- FUSTER, R. 2007. Guía N°7: Escorrentía Superficial. Cátedra de Hidrología. Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 10 p.
- GUEVARA, T. 1902. Historia de la civilización de la Araucanía. Imprenta Cervantes, Santiago. 200p.
- INE. 2002. Censo Nacional de Población y Vivienda. Disponible en: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_poblacion_vivienda/censo_pobl_vivi.php. Leído el 15 de Agosto de 2008.
- INE. 2007. VII Censo Agropecuario y Forestal, Resultados por Comuna. Disponible en: <http://icet.siijsa.cl/>. Leído el 30 de Noviembre de 2008.
- KEIPI, K., MORA, S. y BASTIDAS, P. 2005. Gestión de Riesgo de Amenazas Naturales en Proyectos de Desarrollo, Lista de Preguntas de Verificación. Washington, D.C., USA. 3 p.
- LAVELL, A. 1998. Un Encuentro con la Verdad: los Desastres en América Latina durante 1998. Anuario Social y Político de América Latina y el Caribe, Nueva Sociedad. FLACSO. 2: 15-20.
- LAVELL, A. 2002a. Inventario de Iniciativas para la Reducción y la Gestión del Riesgo en el Caribe: Propuesta Metodológica. 13 p.
- LAVELL, A. 2002b. Sobre la Gestión del Riesgo: Apuntes hacia una Definición. 23 p.
- LEÓN, A. y ALDUNCE, P. 2005. Estudio de Caso en Chile: Prevención de Desastres Causados por Eventos Hidrometeorológicos en la Cuenca del Río Limarí. pp 96-104. *In*: Chaparro, A. y R. Bernard (Ed). Elementos Conceptuales para la Prevención y Reducción de Daños Originados por Amenazas Socionaturales. CEPAL Y GTZ. Santiago, Chile. 138 p.
- LEÓN, A., VERGARA, J. y URETA, W. 2006. Evaluación Social Proyecto. Protección del Canal Matriz Biobío Negrete ante la Migración Lateral del Río Biobío Sector Túnel Bocatoma. Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 86 p.

- MANSILLA, E. 1993. Desastres y Desarrollo en México. *Desastres y Sociedad*. 1 (1): 7-17
- MEIER, C. 2004. Estudio Protección de Riberas en Río Biobío, Sector Bocatoma Canal Biobío Negrete. Dirección de Obras Hidráulicas región Del Biobío, Ministerio de Obras Públicas. Concepción, Chile. 74 p.
- MEIER, C. 2006. Protección del Canal Matriz Biobío Negrete ante la Migración Lateral del río Biobío, Sector Túnel Bocatoma. Asociación de Canalistas Del Biobío Negrete. Concepción, Chile. Concepción, Chile. 81 p.
- MIDEPLAN. 2009. Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional CASEN.
- MINISTERIO DE JUSTICIA DE CHILE. 1981. DFL 1.122: Código de Aguas. Santiago, Chile. Disponible en: <http://www.dga.cl/secuencias/respuestas/codigodeaguas.pdf>. Leído el 15 de Junio de 2010.
- MOP. 2008. Ley 20.304 sobre Operación de Embalses Frente a Alertas y Emergencias de Crecidas, Santiago, Chile. Disponible en: <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=283312&buscar=embalses>. Leído el 10 de Mayo de 2010.
- MORA, S. 1995. The Impact of Natural Hazards on Socioeconomic Development in Costa Rica. *Bull. International Association of Engineering Geology. Environmental & Engineering Geoscience*. 3 (1): 291-298.
- ONEMI, 2006. Informe Sistema frontal 10 al 13 de Julio de 2006. Departamento de Protección Civil. Santiago, Chile. 29 p.
- PUIG, A. 1998. El Fortalecimiento de las Organizaciones de Usuarios para una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. *In: Conferencia Internacional sobre Agua y Desarrollo Sostenible*, 19-21 de Marzo, 1998. Red Internacional de Organismos de Cuenca. Paris, Francia.
- ROBINSON, S. 1992. El Proyecto Hidroeléctrico Pangué, Río Biobío. Chile y su Importancia para el Futuro de las Obras de Infraestructura. *Alteridades*. 2 (4): 85-91.
- URIBE, L. 2005. Características del Diseño de la Presa Ralco en Chile. INGENDESA. Santiago, Chile. 20 p.
- VARGAS, J. 2002 Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales. Santiago, Chile. CEPAL. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Serie Medio ambiente y desarrollo N° 50. 48 p.

9 ANEXOS

Anexo I. Extracto manual operación embalse central Pangue

1.-Generalidades

La operación del embalse Pangue está definida bajo la Norma de Operación N°C02 de dicha central la que incorpora todos los conceptos, responsabilidades y limitaciones técnicas, ambientales, de riego y las propias del sistema eléctrico del cual participa.

De acuerdo al punto anterior, a continuación se resumen los tópicos más relevantes de cómo se opera la central.

1.1. La cantidad a generar por la central obedece a un programa diario y horario entregado por el CDEC (Centro de Despacho Económico de Carga), organismo autónomo del estado dependiente del Ministerio de Economía, quien hace la programación tomando en consideración las limitaciones planteadas y la abundancia o estrechez de oferta en el sistema eléctrico, además de la cota y caudales afluentes al embalse.

1.2. La operación normal de la central considera variaciones horarias en la generación, en escalones controlados, evitando efectos sobre los usuarios del río, tanto en las riberas como en las bocatomas de los canales de riego.

1.3. De acuerdo con el punto anterior, el nivel del embalse también sufre variaciones menores, tanto en la gradiente de cambio como en su valor.

1.4. En época de estiaje, con caudales afluentes al embalse inferiores a $500 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondiente al máximo generable por la central, el nivel de este se mantiene en una cota intermedia. Ello para permitir el apoyo al sistema eléctrico cuando sea necesario, así como para amortiguar eventuales crecidas menores.

1.5. En operación normal, si el nivel del embalse alcanza la cota 510 m.s.n.m., valor máximo normal de operación, y el caudal afluente es mayor a $500 \text{ m}^3/\text{s}$, se debe evacuar por compuertas para dejar pasar el caudal excedente al embalse. Importante es destacar que este es el único medio para evacuar el excedente.

Se debe indicar que la presa fue diseñada para evacuar caudales de hasta $8.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (crecida milenaria), para lo cual cuenta con 4 compuertas de evacuación (vertedero).

En forma excepcional, es posible evacuar hasta un máximo de $14.400 \text{ m}^3/\text{s}$ sin producir daños a esta.

2.-Operación en condiciones de crecida.

Se considera condición de crecida cuando el caudal afluente al embalse provoca una subida de nivel o cota a tasas superiores a 10cm en cada hora.

2.1.- Según norma de operación, cuando el caudal afluente alcanza los $700 \text{ m}^3/\text{s}$ se informa a la Dirección General de Aguas (DGA), Oficina Nacional de Emergencias (ONEMI), la Gobernación Provincial del Bío Bío, entre otros. Esto se repite cada $500 \text{ m}^3/\text{s}$ de aumento.

2.2.- Cuando se presenta la necesidad de evacuar los excedentes, se hace a través de las compuertas de vertedero sin disminuir la cota del embalse. Las aperturas obedecen a la siguiente tabla.

0-200 m^3/s	compuerta N° 1
200-400 m^3/s	compuerta N° 4
400-600 m^3/s	compuerta N° 3
600-800 m^3/s	compuerta N° 2

Para seguir incrementando el caudal evacuado se realiza un nuevo ciclo de aperturas, consignando como máximo $200 \text{ m}^3/\text{s}$ adicionales, por compuerta, al vertimiento existente, evitando los golpes de agua.

2.3.- Para manejar en forma óptima el embalse en presencia de una crecida, se hace uso de un programa computacional que recomienda las acciones a seguir. Este considera el incremento de caudal, la prolongación de este en el tiempo y la capacidad de embalsar. Lo anterior se puede resumir de la manera siguiente:

- En caso que la central no está generando a plena capacidad, se solicita al Centro de Despacho Económico de Carga (CDEC) que programe generación máxima.
- Cuando los caudales afluentes sobrepasan los $500 \text{ m}^3/\text{s}$ independiente de la cota en que se encuentre, el embalse se llenará en algunas horas, situación que también está considerada en el programa computacional. Por lo tanto, el programa recomienda comenzar la evacuación por medio de las compuertas del vertedero, aun sin haberse alcanzado todavía la cota máxima del embalse, lo que ocurre normalmente para caudales afluentes entre $500 \text{ m}^3/\text{s}$ y $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ y la cota 508 m.s.n.m. aproximadamente.
- El programa considera que el caudal evacuado (caudal generado más el caudal entregado por las compuertas de vertedero), siempre sea menor o igual al caudal afluente al embalse. Situación que la operación debe cumplir con rigurosidad.

Anexo II. Serie estadística de precipitación, caudal y almacenamiento entre el 7 y 13 de Julio de 2006

Día	Hora	Precipitación Estación Biobío en Rucalhue (mm)		Caudal Instantáneo Estaciones (m ³ /s)		Parámetros Embalse Pangue	
		Acumulada	Horaria	Biobío Ante Junta Pangue	Biobío en Rucalhue	Nivel del Agua (m.s.n.m)	Volumen (hm ³)
07/07/2006	0:00:00	5,00	5,00	582,2	842,314	507,980	72,726
07/07/2006	1:00:00	9,50	4,50	584,1	881,303	507,980	72,726
07/07/2006	2:00:00	10,00	0,50	591,7	910,288	507,950	72,585
07/07/2006	3:00:00	12,00	2,00	587,9	952,356	507,900	72,350
07/07/2006	4:00:00	13,00	1,00	599,3	1.002,84	507,880	72,256
07/07/2006	5:00:00	17,25	4,25	584,1	1.027,93	507,860	72,162
07/07/2006	6:00:00	22,75	5,50	584,1	1.060,24	507,830	72,021
07/07/2006	7:00:00	25,25	2,50	584,1	1.088,84	507,800	71,880
07/07/2006	8:00:00	25,50	0,25	599,3	1.087,74	507,800	71,880
07/07/2006	9:00:00	25,50	0,00	603,1	1.110,91	507,770	71,739
07/07/2006	10:00:00	26,00	0,50	473,9	1.148,57	507,750	71,645
07/07/2006	11:00:00	26,00	0,00	595,5	1.166,92	507,810	71,927
07/07/2006	12:00:00	26,00	0,00	597,4	1.138,59	507,850	72,115
07/07/2006	13:00:00	26,00	0,00	587,9	1.121,41	507,880	72,256
07/07/2006	14:00:00	28,00	2,00	578,4	1.159,13	507,910	72,397
07/07/2006	15:00:00	31,25	3,25	586	1.149,12	507,940	72,538
07/07/2006	16:00:00	31,50	0,25	584,1	1.119,75	507,970	72,679
07/07/2006	17:00:00	32,25	0,75	578,4	1.099,31	507,990	72,773
07/07/2006	18:00:00	35,50	3,25	586	1.083,88	508,010	72,868
07/07/2006	19:00:00	36,50	1,00	586	1.067,37	508,040	73,011
07/07/2006	20:00:00	39,00	2,50	576,5	1.047,08	508,070	73,155
07/07/2006	21:00:00	39,00		580,3		508,120	73,394
07/07/2006	22:00:00	39,00		591,7	1.061,34	508,150	73,537
07/07/2006	23:00:00	39,00	0,00	595,5	1.062,99	508,180	73,681
08/07/2006	0:00:00	39,25	0,25	582,2	1.073,43	508,220	73,873

Día	Hora	Precipitación Estación Biobío en Rucalhue (mm)		Caudal Instantáneo Estaciones (m ³ /s)		Parámetros Embalse Pangue	
		Acumulada	Horaria	Biobío Ante Junta Pangue	Biobío en Rucalhue	Nivel del Agua (m.s.n.m)	Volumen (hm ³)
08/07/2006	1:00:00	39,25	0,00	578,4	1.069,03	508,250	74,016
08/07/2006	2:00:00	39,25	0,00	574,6	1.061,89	508,240	73,968
08/07/2006	3:00:00	39,25	0,00	578,4	1.047,63	508,230	73,920
08/07/2006	4:00:00	39,25	0,00	584,1	1.041,60	508,210	73,825
08/07/2006	5:00:00	39,50	0,25	576,5	1.033,40	508,180	73,681
08/07/2006	6:00:00	40,25	0,75	572,7	1.032,31	508,120	73,394
08/07/2006	7:00:00	40,50	0,25	483,4	1.019,19	508,150	73,537
08/07/2006	8:00:00	41,25	0,75	472	1.013,18	508,150	73,537
08/07/2006	9:00:00	41,50	0,25	525,2	945,332	508,180	73,681
08/07/2006	10:00:00	43,25	1,75	578,4	900,61	508,140	73,490
08/07/2006	11:00:00	44,25	1,00	561,3	926,438	508,180	73,681
08/07/2006	12:00:00	45,00	0,75	578,4	976,74	508,200	73,777
08/07/2006	13:00:00	45,00	0,00	570,8	994,673	508,220	73,873
08/07/2006	14:00:00	46,50	1,50	574,6	994,129	508,240	73,968
08/07/2006	15:00:00	46,50	0,00	559,4	987,052	508,250	74,016
08/07/2006	16:00:00	46,50	0,00	567	984,333	508,270	74,112
08/07/2006	17:00:00	46,50	0,00	572,7	974,571	508,280	74,159
08/07/2006	18:00:00	46,50	0,00	570,8	971,859	508,300	74,255
08/07/2006	19:00:00	46,50	0,00	570,8	973,486	508,300	74,255
08/07/2006	20:00:00	47,00	0,50	563,2	964,809	508,320	74,351
08/07/2006	21:00:00	47,00	0,00	578,4	961,555	508,330	74,398
08/07/2006	22:00:00	47,00	0,00	578,4	955,598	508,340	74,446
08/07/2006	23:00:00	47,00	0,00	574,6	955,598	508,340	74,446
09/07/2006	0:00:00	47,00	0,00	567	951,275	508,350	74,494
09/07/2006	1:00:00	47,00	0,00	576,5	939,389	508,360	74,542
09/07/2006	2:00:00	47,00	0,00	530,9	939,389	508,370	74,590
09/07/2006	3:00:00	47,00	0,00	536,6	937,228	508,390	74,685
09/07/2006	4:00:00	47,00	0,00	515,7	937,768	508,410	74,781
09/07/2006	5:00:00	47,25	0,25	475,8	926,976	508,400	74,733

Día	Hora	Precipitación Estación Biobío en Rucalhue (mm)		Caudal Instantáneo Estaciones (m ³ /s)		Parámetros Embalse Pangue	
		Acumulada	Horaria	Biobío Ante Junta Pangue	Biobío en Rucalhue	Nivel del Agua (m.s.n.m)	Volumen (hm ³)
09/07/2006	6:00:00	47,75	0,50	473,9	881,84	508,430	74,877
09/07/2006	7:00:00	48,75	1,00	452,2	864,19	508,430	74,877
09/07/2006	8:00:00	49,50	0,75	450,4	833,265	508,440	74,925
09/07/2006	9:00:00	49,75	0,25	445	815,73	508,470	75,068
09/07/2006	10:00:00	50,00	0,25	455,8	800,351	508,480	75,116
09/07/2006	11:00:00	50,25	0,25	549,9	800,881	508,470	75,068
09/07/2006	12:00:00	50,75	0,50	572,7	799,821	508,450	74,973
09/07/2006	13:00:00	51,00	0,25	570,8	815,199	508,460	75,020
09/07/2006	14:00:00	51,25	0,25	565,1	906,52	508,460	75,020
09/07/2006	15:00:00	51,50	0,25	570,8	918,901	508,460	75,020
09/07/2006	16:00:00	51,50	0,00	580,3	918,363	508,470	75,068
09/07/2006	17:00:00	52,75	1,25	570,8	924,823	508,480	75,116
09/07/2006	18:00:00	53,25	0,50	574,6	927,514	508,490	75,164
09/07/2006	19:00:00	53,75	0,50	580,3	938,849	508,500	75,212
09/07/2006	20:00:00	54,50	0,75	584,1	949,655	508,510	75,260
09/07/2006	21:00:00	54,75	0,25	574,6	955,058	508,520	75,308
09/07/2006	22:00:00	54,75	0,00	587,9	970,775	508,530	75,355
09/07/2006	23:00:00	54,75	0,00	582,2	975,113	508,550	75,451
10/07/2006	0:00:00	54,75	0,00	589,8	992,496	508,560	75,499
10/07/2006	1:00:00	54,75	0,00	576,5	1.002,29	508,570	75,547
10/07/2006	2:00:00	55,00	0,25	532,8	1.008,28	508,600	75,690
10/07/2006	3:00:00	55,00	0,00	485,3	1.003,38	508,680	76,072
10/07/2006	4:00:00	55,00	0,00	472	999,027	508,760	76,455
10/07/2006	5:00:00	57,00	2,00	452,2	958,301	508,860	76,933
10/07/2006	6:00:00	61,00	4,00	455,8	928,591	508,980	77,507
10/07/2006	7:00:00	64,25	3,25	496,7	911,364	509,090	78,041
10/07/2006	8:00:00	65,75	1,50	591,7	917,286	509,150	78,333
10/07/2006	9:00:00	67,00	1,25	563,2	953,977	509,190	78,527
10/07/2006	10:00:00	68,75	1,75	595,5	1.030,67	509,240	78,771

Día	Hora	Precipitación Estación Biobío en Rucalhue (mm)		Caudal Instantáneo Estaciones (m ³ /s)		Parámetros Embalse Pangue	
		Acumulada	Horaria	Biobío Ante Junta Pangue	Biobío en Rucalhue	Nivel del Agua (m.s.n.m)	Volumen (hm ³)
10/07/2006	11:00:00	69,50	0,75	593,6	1.080,58	509,280	78,966
10/07/2006	12:00:00	70,25	0,75	599,3	1.079,48	509,330	79,209
10/07/2006	13:00:00	71,00	0,75	606,9	1.108,70	509,380	79,453
10/07/2006	14:00:00	71,75	0,75	616,4	1.121,41	509,440	79,745
10/07/2006	15:00:00	73,00	1,25	627,8	1.157,46	509,510	80,086
10/07/2006	16:00:00	75,25	2,25	650,6	1.225,53	509,600	80,523
10/07/2006	17:00:00	77,00	1,75	666	1.296,83	509,680	80,913
10/07/2006	18:00:00	81,00	4,00	666	1.387,89	509,790	81,448
10/07/2006	19:00:00	86,00	5,00	802	1.473,27	509,810	81,546
10/07/2006	20:00:00	92,25	6,25	858	1.571,15	509,870	81,837
10/07/2006	21:00:00	97,75	5,50	1.031,50	1.893,09	509,900	81,983
10/07/2006	22:00:00	101,75	4,00	1.029,40	2.089,00	509,950	82,227
10/07/2006	23:00:00	102,75	1,00		2.415,78	509,920	82,080
11/07/2006	0:00:00	104,75	2,00	1.178,40	2.618,07	509,930	82,129
11/07/2006	1:00:00	107,75	3,00	1.160,20	2.966,21	510,010	82,520
11/07/2006	2:00:00	115,50	7,75	1.320,20	3.078,70	510,010	82,520
11/07/2006	3:00:00	125,25	9,75	1.606,76	3.218,42	510,020	82,569
11/07/2006	4:00:00	131,00	5,75	1.569,28	3.408,25	509,990	82,421
11/07/2006	5:00:00	136,50	5,50		3.779,28	510,060	82,767
11/07/2006	6:00:00	144,50	8,00	2.515,40	4.024,63	510,010	82,520
11/07/2006	7:00:00	170,25	25,75	2.715,70	4.513,57	510,060	82,767
11/07/2006	8:00:00	183,25	13,00		5.092,95	510,020	82,569
11/07/2006	9:00:00	199,75	16,50	3.457,55	5.651,33	510,000	82,470
11/07/2006	10:00:00	217,75	18,00	3.791,65	6.336,19	510,060	82,767
11/07/2006	11:00:00	236,50	18,75	4.094,08	6.861,37	510,080	82,866
11/07/2006	12:00:00	260,50	24,00	4.395,72	7.132,23	510,030	82,618
11/07/2006	13:00:00	290,00	29,50	4.331,88	7.507,04	509,970	82,324
11/07/2006	14:00:00	299,75	9,75	4.373,15	7.893,82	509,970	82,324
11/07/2006	15:00:00	309,00	9,25	4.298,20	7.787,49	509,980	82,373

Día	Hora	Precipitación Estación Biobío en Rucalhue (mm)		Caudal Instantáneo Estaciones (m ³ /s)		Parámetros Embalse Pangue	
		Acumulada	Horaria	Biobío Ante Junta Pangue	Biobío en Rucalhue	Nivel del Agua (m.s.n.m)	Volumen (hm ³)
11/07/2006	16:00:00	314,75	5,75	4.020,58	7.804,87	509,860	81,789
11/07/2006	17:00:00	319,25	4,50		7.789,22	509,910	82,032
11/07/2006	18:00:00	323,50	4,25	3.496,17	7.314,18	509,940	82,178
11/07/2006	19:00:00	328,00	4,50		6.889,03	509,800	81,497
11/07/2006	20:00:00	331,00	3,00		6.616,73	510,030	82,618
11/07/2006	21:00:00	332,25	1,25	2.276,64	5.751,02	509,870	81,837
11/07/2006	22:00:00	332,75	0,50		5.045,75	509,590	80,474
11/07/2006	23:00:00	333,00	0,25		4.623,74	509,780	81,400
12/07/2006	0:00:00	333,25	0,25	1.089,40	3.635,43	509,940	82,178
12/07/2006	1:00:00	333,25	0,00		2.853,08	510,060	82,767
12/07/2006	2:00:00	333,25	0,00		3.080,80	510,040	82,668
12/07/2006	3:00:00	333,50	0,25	2.297,92	3.630,82	510,050	82,717
12/07/2006	4:00:00	333,50	0,00	2.231,04	3.875,62	510,050	82,717
12/07/2006	5:00:00	333,50	0,00	2.369,10	3.819,53	510,090	82,915
12/07/2006	6:00:00	333,50	0,00	2.438,60	3.731,00	510,010	82,520
12/07/2006	7:00:00	333,50	0,00	2.087,32	3.743,90	509,990	82,421
12/07/2006	8:00:00	333,50	0,00	1.901,32	3.615,85	510,000	82,470
12/07/2006	9:00:00	333,50	0,00	2.078,50	3.352,74	510,010	82,520
12/07/2006	10:00:00	333,50	0,00	2.249,28	3.204,38	510,030	82,618
12/07/2006	11:00:00	333,50	0,00	2.224,96	3.273,76	510,010	82,520
12/07/2006	12:00:00	333,50	0,00	2.170,24	3.319,72	509,940	82,178
12/07/2006	13:00:00	333,50	0,00	1.824,60	3.262,85	509,910	82,032
12/07/2006	14:00:00	333,50	0,00	1.606,76	3.177,52	509,940	82,178
12/07/2006	15:00:00	333,50	0,00	1.537,84	2.859,13	509,970	82,324
12/07/2006	16:00:00	333,50	0,00	1.805,00	2.643,05	509,980	82,373
12/07/2006	17:00:00	333,50	0,00	1.915,72	2.599,89	510,000	82,470
12/07/2006	18:00:00	333,50	0,00	1.892,68	2.741,48	509,960	82,275
12/07/2006	19:00:00	333,50	0,00	1.861,00	2.823,90	509,940	82,178
12/07/2006	20:00:00	333,50	0,00	1.852,60	2.802,95	509,850	81,740

Día	Hora	Precipitación Estación Biobío en Rucalhue (mm)		Caudal Instantáneo Estaciones (m ³ /s)		Parámetros Embalse Pangue	
		Acumulada	Horaria	Biobío Ante Junta Pangue	Biobío en Rucalhue	Nivel del Agua (m.s.n.m)	Volumen (hm ³)
12/07/2006	21:00:00	333,50	0,00	1.407,40	2.735,55	509,910	82,032
12/07/2006	22:00:00	333,50	0,00	1.522,12	2.660,46	510,000	82,470
12/07/2006	23:00:00	333,50	0,00	1.540,46	2.332,54	510,010	82,520
13/07/2006	0:00:00	333,75	0,25	1.548,32	2.383,90	510,030	82,618
13/07/2006	1:00:00	334,25	0,50	1.514,26	2.407,54	510,040	82,668
13/07/2006	2:00:00	334,75	0,50	1.564,04	2.374,85	510,030	82,618
13/07/2006	3:00:00	335,00	0,25	1.509,02	2.357,65	510,030	82,618
13/07/2006	4:00:00	335,25	0,25	1.503,78	2.364,89	510,060	82,767
13/07/2006	5:00:00	335,50	0,25	1.529,98	2.260,64	510,030	82,618
13/07/2006	6:00:00	336,00	0,50	1.506,40	2.238,78	510,000	82,470
13/07/2006	7:00:00	336,50	0,50	1.498,54	2.257,14	509,980	82,373
13/07/2006	8:00:00	336,75	0,25	1.522,12	2.228,28	509,980	82,373
13/07/2006	9:00:00	336,75	0,00	1.537,84	2.221,29	509,890	81,934
13/07/2006	10:00:00	336,75	0,00		2.208,32	509,950	82,227
13/07/2006	11:00:00	336,75	0,00		2.125,23	509,970	82,324
13/07/2006	12:00:00	336,75	0,00	1.348,40	1.905,77	509,930	82,129
13/07/2006	13:00:00	336,75	0,00	1.434,00	1.964,06	510,000	82,470
13/07/2006	14:00:00	336,75	0,00	1.623,08	2.011,16	509,980	82,373
13/07/2006	15:00:00	336,75	0,00	1.369,50	2.044,08	509,940	82,178
13/07/2006	16:00:00	336,75	0,00	1.358,00	2.174,64	509,980	82,373
13/07/2006	17:00:00	336,75	0,00	1.350,80	2.074,83	509,970	82,324
13/07/2006	18:00:00	336,75	0,00	1.137,80	1.970,50	509,940	82,178
13/07/2006	19:00:00	336,75	0,00	1.074,00	1.961,65	510,010	82,520
13/07/2006	20:00:00	336,75	0,00	1.251,20	1.834,60	509,970	82,324
13/07/2006	21:00:00	336,75	0,00	1.222,50	1.757,61	509,970	82,324
13/07/2006	22:00:00	336,75	0,00	1.200,90	1.832,29	509,970	82,324
13/07/2006	23:00:00	336,75	0,00	1.226,40	1.815,31	509,970	82,324

Fuente: Elaborado a partir de datos hidrológicos satelitales (DGA, 2008)

Anexo III. Selección de revisión periodística entre los días 11 de Julio y 21 de Septiembre de 2006

1.- Lluvias ya dejan a 20.000 personas afectadas en el BíoBío

Fuente: Radio Cooperativa, 11 de Julio 2006. Leído en:
<http://www.cooperativa.cl>

El intenso temporal que afecta al sur del país sumó 112 milímetros de precipitaciones en sólo 24 horas, causando estragos en diferentes sectores de la Octava Región.

La Intendencia del BíoBío estimó en 20.000 habitantes, de zonas urbanas y rurales, los afectados por las fuertes lluvias que desde el pasado lunes se han dejado caer en la región, que en 24 horas ha recibido 112 milímetros de agua. Para el gobierno regional, la situación es crítica en varios barrios del Concepción, así como en Penco Lota, Curanilahue y Arauco.

En la Provincia de Concepción se decretó alerta roja, lo que "significa disponer de todas las coordinaciones de medios, para poder concurrir en ayuda de las personas", señaló Rodrigo Díaz, intendente subrogante. Díaz explicó que ya se coordinó el trabajo de emergencia con el Ejército, la Armada y Carabineros, cuyos efectivos se desplegarán en toda la región.

Además, siguen en alerta amarillas las otras provincias de Arauco, BíoBío y Ñuble.

Lo que también causa preocupación en el comportamiento del río BíoBío, pues en la zona cordillerana donde nace el curso de agua se han superado los máximos históricos de lluvias, y se registra un caudal de 6.700 metros cúbicos de agua por segundo.

El jefe regional de de la Dirección de Aguas, Ramón Daza, explicó que "en la parte alta del BíoBío aún el río está creciendo, y ha sobrepasado el registro que teníamos de la crecida del año 91".

"Por lo tanto, se ha informado eso para que las autoridades pertinentes, tanto de las comunas ribereñas como Hualqui, tomen las medidas del caso", explicó.

El desborde del río BíoBío es una situación que se maneja como probable por parte de la Intendencia, por lo que ya se prepara la evacuación de las poblaciones República, 18 de Septiembre y Nueva Hualqui, así como sectores rurales en Los Ángeles y Santa Juana.

Críticos momentos también se han vivido en la comuna de Curanilahue, donde el alcalde, Ahimalec Benítez (DC), calificó la emergencia como la más grave del año. "Tenemos 150 viviendas con daño mayor, no habitable. Tenemos 600 personas damnificadas", relató el jefe comunal, que ya dispuso albergue para 10 personas que no pudieron ser acogidos por familiares.

2.- Bachelet partió a la Octava Región acompañada de subsecretarios

Fuente: Radio Cooperativa, 12 de Julio 2006. Leído en:
<http://www.cooperativa.cl>

Con los subsecretarios de Obras Públicas, Salud, Vivienda, Agricultura, Transportes y de Desarrollo Regional, la Mandataria emprendió viaje hasta la zona más afectada por el temporal.

La Presidenta Michelle Bachelet y varios de los miembros de su Gabinete se trasladaron hasta la Octava Región, la más afectada por el temporal que azota a la zona centro y sur del país.

La Mandataria es acompañada en su viaje por los subsecretarios de:

- Obras Públicas, Juan Eduardo Saldivia Medina.
- Salud, Lidia Amarales.
- Vivienda, Paulina Saball Astaburuaga.
- Transportes, Danilo Núñez Izquierdo.
- Agricultura, Cecilia Leiva Montenegro.
- Desarrollo Regional, Claudia Serrano Madrid.

La decisión fue tomada en el Comité de Emergencia, según dio a conocer el ministro del Interior, Andrés Zaldívar, que añadió que se contará con todos los recursos disponibles para poder enfrentar la catástrofe.

En entrevista con El Diario de Cooperativa, Zaldívar había adelantado que "el daño más grave que tenemos en la Octava Región, hemos estado en contacto permanente con la intendencia y las autoridades. Esperamos desplazar todas las autoridades hoy día a Concepción".

Sobre la situación en la Octava Región, Zaldívar señaló que "las inundaciones se han producido en sectores bastante vulnerables, con la crecida del Bío-bío y tenemos también algunas situaciones donde se han construido viviendas donde no deben de construirse". "La Región Metropolitana se ha portado mejor, hemos tenido una caída menor de agua a la que estábamos esperando, pero el agua que está por caer puede provocar algunos problemas. Pero ha resistido mejor la ciudad", añadió.

3.- BALANCE OFICIAL: Centenares de damnificados dejan temporales en la provincia

Fuente: Diario La Tribuna, 13 de Julio 2006. Leído en:
http://www.diariolatribuna.cl/noticias.php?p_id=2673

La salida de ríos y esteros, producto de intensas lluvias, provocó ayer inundaciones, derrumbes y cortes de caminos en varios sectores de las provincia de Biobío, dejando a centenares de personas damnificadas.

Unas mil 500 personas damnificadas era, hasta ayer, el saldo que dejaban las intensas precipitaciones caídas en la provincia de Biobío en las últimas 72 horas, que alcanzaron un total de 780,4 milímetros.

De los afectados, unas 500 personas fueron albergados, mientras que centenares de adultos y menores de edad se alojaron en la establecimientos educaciones ubicados en San Carlos de Purén, Santa Fe y El Peral (comuna de Los Angeles), con el fin de ponerlos a resguardo de las lluvias que inundó las casas de muchos afectados.

Ayer, el gobernador provincial, Esteban Krause, informó que las comunas más afectadas en la zona eran Alto Biobío, Santa Bárbara, Mulchén, Quilleco, Antuco, Negrete, Nacimiento y Los Ángeles.

En el caso de Alto Biobío, las rutas de acceso se encuentran interrumpidas por el desprendimiento de tierras en diversos sectores, por lo que la empresa ENDESA y la Dirección de Vialidad coordinaban acciones para rehabilitar el camino. Asimismo, se registraron inundaciones en Callaqui Bajo; desprendimiento de tierra y piedras en el camino de acceso a Ralco, en el sector denominado Doña Pola e igualmente, hubo cortes de energía eléctrica y agua potable en el sector de Ralco.

En la comuna de Yumbel, los sectores de Río Claro, Las Nieves, Tomeco y Rere estaban con los caminos en mal estado por el desborde del río Grande. En el caso de esa última localidad, el aislamiento era mayor por el colapso del puente Varela. Al cierre de esta edición, el sector de Tomeco tenía el riesgo de cortes en la ruta por el desborde de un estero.

En Mulchén, el río Bureo se desbordó, originando inundaciones en la ciudad y dejando a 126 adultos y 89 niños damnificados. Mientras, en la comuna de Negrete, el camino del sector Las Higueras estaba cortado.

La oficina de emergencia de la Gobernación Provincial de Biobío detalló que el puente Piulo, en el acceso a Santa Bárbara, estaba suspendido el tránsito por el desborde del río. En tanto, en la ruta hacia Piñiquihue, el desborde del Canal Biobío Sur afectó al camino e inundó las viviendas cercanas.

Comunas más críticas

Una de las comunas más perjudicadas por este frente de mal tiempo es Santa Bárbara, donde 180 personas permanecen albergadas en la escuela hogar Alto Los Mayos.

Igualmente, otras 30 familias damnificadas están hospedadas de emergencias en una bodega ubicada frente a la Municipalidad, mientras que otros 120 vecinos fueron alojados en las Escuelas de Los Boldos y Los Notros.

El puente Calderones, que Santa Bárbara con Los Angeles, tenía un tránsito peligroso por el desborde del río Duqueco, además de la existencia de cortes de camino en los sectores de Los Naranjos, Villucura y El Huachi. Uno de los momentos más dramáticos se vivió ayer cuando un furgón municipal se perdió en medio del río Arilahuén. Sin embargo, en las últimas horas, su conductor apareció refugiado en la copa de un árbol, a la espera del rescate aéreo de parte de carabineros.

Los sectores de la parte alta de Santa Bárbara presentan desbordes de canales, que arrastran tierra y barro hacia la ciudad. Situación similar ocurrió en Negrete y Nacimiento.

Por otro lado, en la comuna de Antuco se informó que el parque Laguna del Laja se encuentra aislado por el anegamiento del camino pero, al cierre de esta edición, no se informó de personas desaparecidas. De todas formas, existen cuatro familias damnificadas producto del desprendimiento de tierra de cerros cercanos, que están reubicadas en casas de vecinos.

El desborde de esteros y ríos también impidió que diversas personas pudieran trasladarse desde Los Ángeles hasta las comunas vecinas de Santa Bárbara, Nacimiento y Tucapel, debido la interrupción de las carreteras de acceso.

Incluso, a la entrada del sector La Suerte, en la Ruta Q-180, los pasajeros de un bus que se dirigía a esta capital provincial debieron ser rescatados desde el techo del móvil, luego que el conductor perdiera el control de la máquina por el frente del mal tiempo, quedando atrapado en una zanja. Equipos de emergencia trabajaron en su auxilio. Al cierre de este informe, no había víctimas fatales ni lesionados de gravedad. Sin embargo, otro bus con destino a Los Ángeles también quedó atrapado en una zanja producto del desborde del río Biobío. Cerca de las 22 horas de ayer, sus ocupantes intentaban ser rescatados.

4.- Biobío: Culpan a ENDESA por Tragedia

Fuente: ORBE, 13 de Julio 2006. Leído en:

http://www.chile.com/tpl/articulo/detalle/ver.tpl?cod_articulo=79352

(Orbe) El alcalde de Los Ángeles, Joel Rosales Guzmán, responsabilizó directamente a ENDESA por la tragedia en la provincia de Biobío, indicando que ésta pudo haberse evitado "si se hubiera informado oportunamente sobre la apertura de las compuertas de las centrales hidroeléctricas ubicadas en el sector cordillerano de la provincia de Biobío".

El edil fue enfático al señalar que concretará reuniones con los diversos alcaldes de las comunas más afectadas de esta zona para interponer acciones legales en contra de la empresa española al causar la muerte de campesinos inocentes, informó Radio digital FM.

"Vamos a realizar todas las acciones necesarias luego de las conversaciones con los alcaldes de las comunas más afectadas para iniciar acciones legales, para que esta empresa española sea haga responsable. Iremos a organismos internacionales para denunciar la falta de compromiso social de esta empresa que es cuasi responsable de la muerte de modestos campesinos de la zona, específicamente de Los Ángeles", afirmó.

Al respecto, el prefecto de Carabineros, coronel Ricardo Asfura, señaló que a medida que están bajando los caudales de los ríos, el drama humano recrudece.

5.- Ruiz-Esquide se suma a cuestionamiento a ENDESA por desborde del Biobío.

Fuente: Diario El Mostrador, 14 de Julio 2006. Leído en:

http://www.elmostrador.cl/modulos/noticias/constructor/noticia_new.asp?id_noticia=192859

El parlamentario aseguró que los responsables del recinto avisaron de la operación con apenas 10 minutos de anticipo a las autoridades de localidades ribereñas.

El senador Mariano Ruiz-Esquide (DC) adhirió este viernes a la denuncia del diputado de Los Ángeles José Pérez (PRSD) en torno a las presuntas responsabilidades de la generadora eléctrica ENDESA del desborde del río Biobío a causa de la apertura de las compuertas de la represa de la central Pangué.

El parlamentario aseguró que los responsables del recinto avisaron de la operación con apenas 10 minutos de anticipo a las autoridades de localidades ribereñas, afectadas por la crecida del cuerpo de aguas, que llegó a registrar 15 mil metros cúbicos por segundo.

En declaraciones a Cooperativa, dijo que le ha pedido a la Presidenta Michelle Bachelet mediante un oficio al Senado que ordene a un ministerio “se nos conteste quién, cómo, dónde, cuándo y en qué condiciones se justifica que se tenga que abrir bruscamente la represa”.

“¿Quién da esa autorización o sólo lo puede tomar la ENDESA por su cuenta? Por la legislación actual, entiendo que no es así”, opinó el representante de la Democracia Cristiana. Dijo que también le ha sugerido a su camarada y diputado por Concepción José Miguel Ortiz que pida una investigación de modo de dar “una resolución a esto y tomemos las medidas en el futuro”.

“Esto mismo pasó hace dos años y no hubo ninguna respuesta. Le he manifestado al ministro del Interior que los funcionarios de Gobierno no están para defender las posiciones de la empresa, sino que en condiciones de dar las respuestas que correspondan”, criticó, e alusión a los empleados que han negado a priori la responsabilidad de ENDESA en las inundaciones.

“El Gobierno tiene que arbitrar las medidas y no tomar parte en esta materia a lo menos hasta que no tengamos un informe. Tenemos un tema global. Si vamos a seguir en estas condiciones cada tres años, tendremos problemas. Y eso me parece inadmisible”, concluyó.

6.- Represas en el banquillo ¿culpables o inocentes de la inundación del río Biobío?

Fuente: Momento Cero, 28 de Julio 2006. Leído en:

<http://www.momentocero.cl/mo0/medio-ambiente/represas-en-el-banquillo--culpables-o-inocentes-de-la-inundacion-del-río-Biobío.html>

Pablo Quintana, Ingeniero Civil mención Hidráulica y Medio Ambiente



Durante la semana de la inundación en la VIII Región, nadie dudó en culpar a las represas del Alto Bío Bío de abrir sus compuertas e inundar a las personas y campos que bordean el río.

Pero esa afirmación ¿En qué se basa? ¿Existen argumentos técnicos detrás de la acusación? Indudablemente, no los hay, sólo ocurre que coincidentemente con la inundación, Pangué abrió sus compuertas.

Apoyarse sólo en la última, es mirar el problema de forma incompleta, obviamente, si llueve como nunca se había registrado, todos nos inundaremos, hasta la represa, por eso que coinciden las inundaciones con la apertura de las compuertas, no es por ninguna otra razón.

Señalemos que la represa no se vacía porque sí, sólo deja pasar agua que no puede retener porque llegó a su cota máxima (que es nivel más rentable para ENDESA, cuyo negocio es la generación eléctrica), es decir, si no abre las compuertas podría colapsar el muro ¿se imaginan lo que es eso? Dimensionemos, el muro de la central Pangué que mide 120 mt. de altura (algo así como la torre ENTEL) ¿Calculan los efectos y cantidad de agua que escurriría por el río? CATASTROFICO, sin mencionar que el país se quedaría con bastante menos energía eléctrica y los problemas que eso conlleva.

Además por Pangué pasan en su peak 2.700 metros cúbicos por segundo (m^3/s) y a la altura de las inundaciones en Concepción el río lleva 15.000 m^3/s . ¿Aún creen que la culpa es de la represa? Lo único que podría ser culpable sería en que la crecida es más repentina cuando aparece, pero aún demora 18 horas en llegar a Concepción (8 a 9 horas en llegar a Los Ángeles). Además, ENDESA tiene la obligación de avisar cuando abre las compuertas, de todas maneras ello no influye en la cantidad de agua que finalmente pasará por los ríos.

Lamentablemente, algunos políticos se han encargado de ganar votos en forma fácil culpando a una empresa que genera antipatía por sus problemas con los pueblos originarios y dudas ambientales respecto la construcción de embalses, que por cierto, provocan daño ecológico.

Como ya aclaramos que la central a lo sumo botará la misma cantidad de agua que le está llegando, podemos asegurar que la inundación no es culpa de la central hidroeléctrica. ¿Entonces de quién es la culpa?

Si analizamos el tremendo alcance de la industria forestal en la región del Bío-bío, contando sólo las celulosas más conocidas de la región: Arauco, Laja, Itata, Nacimiento, todas de gran tamaño sobre todo Arauco e Itata (verdaderos gigantes), nos daremos cuenta de cuantos árboles necesitan para operar; en la VIII Región casi no hay bosques nativos, salvo en la montaña de los Andes (alto Bío-bío, por ejemplo). El resto ha sido reemplazado por pinos y eucaliptos, estos árboles no tienen la misma capacidad de retención de agua por medio de las hojas (intercepción), además el suelo cambia su cubierta vegetal debido a la acidez de dichos árboles, es decir, el suelo se satura de agua más rápido y, por lo tanto, llega más agua a los ríos que la que llegaba cuando había bosque nativo. Aquí tenemos una de tantas razones reales del porque los ríos se desbordan más que antes.

Otra es el cambio climático global, razón más discutible eso sí, pero si revisamos que año tras año las lluvias son más concentradas, es decir llueve menos días al año pero con más fuerza, quiero decir que los fenómenos son más intensos, con lo que los ríos obviamente cargarán más agua.

Si además consideramos el lecho del río como altamente móvil, vale decir, algunos años esta más hundido otros años está más arriba, eso también influye en las inundaciones. A alguna parte debe el ir volumen de agua que excede al que puede soportar el lecho ¿Aún creen que la inundación es por la apertura de las compuertas? No deberían, porque no es así.

Acá hay un desastre ecológico mucho mayor, producido por muchos años de reemplazo de bosque nativo por Pinos y eucaliptos, además del cambio climático global que hace notar su influencia año tras año de manera más dramática; es decir, el próximo año, si se continúa con la tendencia mundial, debería haber un temporal de mayor intensidad que el que hubo. No tapemos el sol con un dedo, aquí somos todos culpable por no cuidar nuestros bosques y nuestro ambiente.

Por esta vez la represa no tuvo la culpa, lo que no significa que sean ambientalmente inocuas. El cuidado del ambiente necesita que estemos informados sobre los reales culpables de la inundación. Investiguemos y sabremos realmente qué pasa a nuestro alrededor y cómo podemos solucionar nuestros problemas, a veces la verdad se esconde detrás de hechos poco sospechosos y globales (cambio del bosque por plantaciones y calentamiento terrestre por ejemplo) y no de una simple acción directa (apertura compuertas de la central). Esto también vale para otros problemas.

7.- Región Del Biobío: acogen recursos de protección contra Central Pangué por inundaciones.

Fuente: Diario La Nación, 28 de Julio 2006. Leído en:

http://www.lanacion.cl/prontus_noticias/site/artic/20060728/pags/20060728172757.html

Imagen de archivo de la protesta que habitantes de Hualqui protagonizaron frente a la Intendencia Del Biobío, tras la inundación de sus hogares, supuestamente provocada por la apertura de las compuertas de la Central Pangué, de ENDESA



La Corte de Apelaciones de Concepción acogió a trámite los recursos de protección presentados por los municipios de Los Ángeles, Santa Bárbara y Hualqui en contra de la Central Pangué, de ENDESA, a raíz de la apertura de las compuertas que provocaron las inundaciones de cientos de terrenos en la Octava Región.

La primera acción legal fue deducida por el alcalde de Hualqui en compañía de vecinos, que fundamentaron que con la crecida del río Biobío cerca de 1.200 personas se vieron afectadas.

El segundo de los libelos fue presentado por los anegamientos que sufrieron nueve sectores rurales de Los Ángeles; mientras que un tercero fue presentado esta semana por pobladores de Santa Bárbara.

El tribunal de alzada penquista ordenó que la Central Pangué entregue en un plazo de 15 días un informe respecto de lo ocurrido los días 11, 12 y 13 de Julio. Además, uno de los recursos tiene un requerimiento en contra de la Secretaría Regional Ministerial de Obras Públicas.

Junto a esto, la corte además, acogió a trámite el recurso de protección presentado por la municipalidad de Santa Juana en contra de Camino de la Madera Sociedad Concesionaria debido a una serie de derrumbes, por lo que la compañía deberá presentar dentro de los próximos 15 días un documento dando cuenta de lo acontecido.

8.- Gobierno dispuso 14.500 millones de pesos para damnificados en Biobío

Fuente: Radio Cooperativa, 21 de Septiembre 2006. Leído en:
<http://www.cooperativa.cl>

El dinero irá a subsidios para reponer las casas que resultaron totalmente destruidas o reparar aquellas que sufrieron daños, mientras que otros 1.500 millones serán destinados a obras de manejo de aguas lluvias.

El Gobierno dispuso un presupuesto de 14.500 millones de pesos para mejorar las condiciones de las 6.169 familias que resultaron afectadas por los temporales de Julio pasado en la Octava Región.

La ayuda consistirá en dos programas de subsidio, uno de reposición para quienes resultaron con sus casas totalmente destruidas, y otro de reparación, para el caso de quienes sufrieron daños en sus viviendas.

El secretario regional ministerial (seremi) de Vivienda, Carlos Arzola, explicó que los dineros para estos subsidios son distintos a los presupuestados para el funcionamiento anual de la repartición pública en la región del Bío-bío. "Estamos hablando acá de recursos extraordinarios que se suman a los recursos tradicionales del Ministerio de Vivienda en la región, particularmente en lo que corresponde a los temas habitacionales", señaló Arzola. El seremi, además, indicó que "en definitiva, vienen a incrementar el presupuesto y, desde ningún punto de vista, a disminuir la actividad que desarrollamos de manera habitual".

La autoridad regional informó también que Vivienda aportará 1.500 millones de pesos para obras relacionadas a canalización de cauces y manejo de aguas lluvias para las comunas afectadas por anegamientos y desbordes.

9.- Otros Reportes de Noticias

- **Temporal: diversos inconvenientes causa la lluvia en la Octava Región**

Fuente: Radio Cooperativa, 11 de Julio 2006. Leído en:

<http://www.cooperativa.cl>

- **Gobierno declaró zona de catástrofe a la Octava Región**

Fuente: Radio Cooperativa, 11 de Julio 2006. Leído en:

<http://www.cooperativa.cl>

- **MOP detalló que vialidad del BíoBío presenta "daños importantes"**

Fuente: Radio Cooperativa, 12 de Julio 2006. Leído en:

<http://www.cooperativa.cl>

- **Nuevo balance elevó a 22 los fallecidos por el temporal en la Octava Región**

Fuente: Radio Cooperativa, 13 de Julio 2006. Leído en:

<http://www.cooperativa.cl>

- **Ejecutivo ya dispuso de 800 millones de pesos para ayudar al Biobío.**

Fuente: Radio Cooperativa, 13 de Julio 2006. Leído en:

<http://www.cooperativa.cl>

- **Cartas al Director: Afectados por Inundaciones**

Fuente; La Tribuna, 14 de Julio 006. Leído en:

http://www.diariolatribuna.cl/noticias.php?p_id=2777

- **Temporal: cuestionan a hidroeléctricas que abrieron compuertas**

Fuente: OLCA. 14 de Julio del 2006. Leído en:

<http://www.olca.cl/oca/chile/region08/ralco010.htm>

- **Ruiz-Eskvide se suma a cuestionamiento a ENDESA por desborde del Biobío.**

Fuente: El mostrador, 14 de Julio del 2006. Leído en:

http://www.elmostrador.cl/modulos/noticias/constructor/noticia_new.asp?id_noticia=192859

- **Culpan a ENDESA-España de agravar inundaciones en sur de Chile**

Fuente: Azkintuwe 14 de Julio de 2006. Leído en:

<http://www.olca.cl/oca/chile/region08/ralco015.htm>

- **Catástrofe comercial**

Fuente: La Tribuna, 16 de Julio de 2006. Leído en:

http://www.diariolatribuna.cl/noticias.php?p_id=2848

- **Al mal tiempo, ¿Quién da la cara?**

Fuente: La Tribuna, 16 de Julio de 2006. Leído en:

http://www.diariolatribuna.cl/noticias.php?p_id=2805

- Las emergencias en la región Del Biobío

Fuente: La Tribuna, 16 de Julio de 2006. Leído en:

http://www.diariolatribuna.cl/noticias.php?p_id=8632

- Universidad del BíoBío cifró en más de 1.200 millones las pérdidas por inundaciones

Fuente: Radio Cooperativa, 17 de Julio 2006. Leído en:

<http://www.cooperativa.cl>

- Cincuentena de pobladores protestó contra ENDESA por desborde del BíoBío

Fuente: Radio Cooperativa, 17 de Julio 2006. Leído en:

<http://www.cooperativa.cl>

- A 24 llegó el número de víctimas fatales del último temporal

Fuente: Radio Cooperativa, 17 de Julio 2006. Leído en:

<http://www.cooperativa.cl>

- Responsabilidad de ENDESA en las inundaciones de la Octava Región.

Fuente: Aldea Comunicaciones, 17 de Julio del 2006. Leído en:

<http://www.olca.cl/oca/chile/region08/ralco010.htm>

- Cunden acusaciones por apertura de compuertas de represas.

Fuente: Diario La Nación, 23 de Julio de 2006. Leído en:

http://www.lanacion.cl/prontus_noticias/site/artic/20060722/pags/20060722201441.html

- Vecinos de Santa Bárbara llevaron a Pangue ante la Justicia por desborde del Biobío

Fuente: Radio Cooperativa, 26 de Julio 2006. Leído en:

<http://www.cooperativa.cl>

- Inundación, muertes y daños agravados por ENDESA. Nacimiento presentó recurso de protección.

Fuente: Olca, 30 de Julio del 2006. Leído en:

<http://www.olca.cl/oca/chile/region08/ralco012.htm>

- Venezuela donó un millón de dólares para damnificados por temporales en el Biobío

Fuente: Radio Cooperativa, 5 de Agosto 2006. Leído en:

<http://www.cooperativa.cl>

- Inundación, muertes y daños agravados por ENDESA en la región Del Biobío.

Fuente: No Mas Inundaciones, 14 de Agosto de 2006. Leído en:

<http://www.olca.cl/oca/chile/region08/ralco013.htm>