



OMM – Organización
Meteorológica Mundial



*Programa asociado de
gerenciamento de cheias
Programa asociado de
gestión de crecidas*



GWP Global Water Partnership

PROGRAMA ASOCIADO DE GESTIÓN DE CRECIDAS OMM/GWP



Informe Final – Etapa Ejecución Fase 1

PROYECTO PILOTO DE GESTION INTEGRADA DE
CRECIDAS EN LA CUENCA DEL RIO
CUAREIM/QUARAI - Uruguay /Brasil



**PROGRAMA ASOCIADO DE GESTIÓN DE CRECIDAS
OMM/GWP**

Informe Final - Etapa Ejecución Fase 1

**PROYECTO PILOTO DE GESTION INTEGRADA DE
CRECIDAS EN LA CUENCA DEL RIO CUAREIM
Uruguay - Brasil**

Coordinación del Proyecto

Ing. Alejandro Arcelus
Dirección Nacional de Hidrografía
Ministerio de Transporte y Obras Públicas
Uruguay

Dr. Joel Avruch Goldenfum
Instituto de Pesquisas Hidraulicas (IPH -
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Brasil

Noviembre de 2005

PROYECTO PILOTO DE GESTIÓN INTEGRADA DE CRECIDAS EN LA CUENCA DEL RÍO CUAREIM/QUARAÍ (URUGUAY/BRASIL)

SUMARIO

INTRODUCCIÓN	1
1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO	1
2. MECANISMO DE GESTIÓN BINACIONAL COORDINADA.....	3
2.1 Identificación de las políticas públicas, legislación e instituciones relacionadas con la gestión de la región y nueva propuesta de gestión (ANEXO A)	4
2.1.1 Marco legal e institucional.....	4
2.1.2 La gestión actual de los recursos hídricos en la cuenca	4
2.1.3 Propuesta de gestión binacional	5
2.1.3.1 Estructura orgánica de la ACRC	7
2.1.3.2 Herramientas mínimas para el funcionamiento de la ACRC.....	10
2.1.4 Etapa de transición	10
2.3 Procesamiento y relevamiento de las informaciones existentes e implementación de una base de datos compartida (ANEXO A).....	15
3. RELEVAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO	16
3.1 Relevamiento del río Cuareim (ANEXO C)	16
3.1.1 Tramo Artigas – Po. León (ANEXO D).....	16
3.1.2 Tramo Po. León – Bella Unión (ANEXO E).....	17
3.2 Validación de los cerros de las escalas de Hidrografía (ANEXO F)	18
3.3 Validación del Modelo Numérico del Terreno del USGS (Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)) para la cuenca del río Cuareim utilizando los puntos cotados del SGM de Uruguay (ANEXO G)	18
4. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA RED HIDROMETEOROLÓGICA Y DE LAS CRECIDAS	19
4.1 Propuesta de mejoras de la red hidrometeorológica existente en la cuenca con el fin de mejorar la gestión de los recursos hídricos (ANEXO B-D)	19
4.2 Propuesta de mejoras de la red hidrometeorológica en la cuenca del río Cuareim (aguas arriba de Artigas) con vistas a implementar una red de alerta temprana contra inundaciones (ANEXO H).....	20
4.3 Análisis de calidad de información pluviométrica, de niveles y caudales disponibles	25

4.3.1 Comparación de datos horarios y diarios de precipitación en las estaciones CTM y DNM (ANEXO F).....	25
4.3.2 Comparación de los datos horarios de precipitación en las estaciones de Artigas CTM y de Artigas-DNM (ANEXO F).....	25
4.3.3 Análisis de niveles de las escalas de DNH (84.0 y 84.1) y la relación de dichas escalas con el limnógrafo de CTM (1603) (ANEXO F).....	26
4.3.4 Análisis de Caudales en las estaciones de DNH (ANEXO F).....	27
4.4 Características de las Crecidas (ANEXO I).....	28
5. MAPA DE ZONIFICACIÓN URBANA.....	29
5.1 Modelación hidrodinámica del tramo urbano del río Cuareim (Ciudad Artigas/Quaraí) y zonificación de áreas inundables (ANEXO I)	29
5.2 Profundización del lecho (ANEXO J)	36
6. EVALUACIÓN DE ÁREAS DE INUNDACIÓN EN EL ÁREA RURAL	37
6.1 Modelación Hidrodinámica del Río Cuareim (Artigas – Bella Unión) (ANEXO K).37	
6.2 Áreas Inundables (Artigas – Bella Unión) Para Tres Eventos Seleccionados Utilizando La Modelación Hidrodinámica del punto 6.1 (ANEXO K).....	39
7. SISTEMA DE ALERTA PRELIMINAR	41
7.1 Sistema de Alerta Preliminar (primera aproximación) (ANEXO L)	41
7.2 Segunda metodología de pronóstico utilizando el modelo hidrológico SAC-SMA (ANEXO M)	46
7.3 Previsión de Precipitaciones con el uso del Modelo ETA del CPTEC (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos) (ANEXO N)	48
8. CARACTERIZACIÓN SOCIO-ECONÓMICA DE LA POBLACIÓN AFECTADA POR LAS INUNDACIONES EN LAS CIUDADES DE ARTIGAS Y QUARAÍ – IMPACTO DE LAS INUNDACIONES Y SISTEMA DE EMERGENCIA.....	49
8.1 Caracterización Socioeconómica de la Población en Zona Inundable (ANEXO O)	49
8.1.1 Caracterización de la población que vive en la zona inundable	50
8.1.1.1 Caracterización de la población en la zona inundable de Artigas.....	50
8.1.1.2 Caracterización de la población en la zona inundable de Quaraí.....	51
8.1.2 Afectación de la Actividad Económica en Artigas y Quaraí	52
8.1.2.1 El impacto económico a nivel familiar	52
8.1.2.2 El impacto económico a nivel de las actividades económicas urbanas ..	53
8.1.2.3 El impacto económico a nivel de las actividades económicas rurales	54
8.2 Diagnóstico del Plan de Emergencia Existente en Artigas y Quaraí (ANEXO O).54	
8.2.1 La estrategia frente al peligro de inundación de los damnificados	54
8.2.2 La estrategia frente al peligro de inundación de las instituciones participantes del Sistema Nacional de Emergencia	55
8.2.3 Experiencia de realojo en Artigas y Quaraí.....	57
8.2.4 Recomendaciones para mejorar la situación ante las crecidas de la población de la zona inundable	58
9. EDUCACIÓN, CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO	59
9.1 Actividades de Educación y Concientización a los Niños de las Escuelas Afectadas por las Crecidas en la Ciudad de Artigas (ANEXO P)	59

9.2 Jornada de Educación y Concientización a Través de la Limpieza de las Márgenes del río Cuareim: “Limpiemos Sus Orillas” (ANEXO Q)	59
9.3 Proyecto de Educación y de Recuperación, Mantenimiento y Conservación de la Zanja Caballero (ANEXO R).....	60
9.4 Educación e Investigación: Incorporación de Información Hidrometeorológica Regional en el Análisis de Series Locales de Caudal (ANEXO S)	60
9.5 Educación e Investigación: Impacto de Obras Estructurales sobre las Áreas Inundables en la Cuenca del río Cuareim (ANEXO T)	61
9.6 Capacitación y Entrenamiento: Análisis de Modelos Matemáticos para la Estimación y Predicción de Inundaciones (ANEXO U)	61
9.7 Plan de Monitoreo Ambiental de la Cuenca del Río Cuareim (margen izquierda) con Fines de Gestión del Recurso Agua.....	62
10. CONCLUSIONES	64
11. ACTORES.....	71

ANEXOS

ANEXO A:	<i>Estudio sobre la Gestión de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Cuareim/Quaraí</i>
ANEXO B:	<i>Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Río Cuareim/Quaraí</i>
ANEXO C:	<i>Relevamiento Altimétrico en las Ciudades de Artigas y Quaraí</i>
ANEXO D:	<i>Relevamiento del Río Cuareim/Quaraí, Tramo Artigas-Paso León</i>
ANEXO E:	<i>Relevamiento del Río Cuareim/Quaraí, Tramo Paso León-Bella Unión</i>
ANEXO F:	<i>Análisis de Consistencia de la Información Hidrometeorológica</i>
ANEXO G:	<i>Validación del Modelo Numérico del Terreno del USGS (Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)) para la Cuenca del Río Cuareim/Quaraí Utilizando los Puntos Cotados del SGM de Uruguay</i>
ANEXO H:	<i>Propuesta de Mejoras de la Red Hidrometeorológica Existente en la Cuenca del Río Cuareim/Quaraí (Aguas Arriba de Artigas) con vistas a implementar una Red de Alerta Temprana contra Inundaciones</i>
ANEXO I:	<i>Zonificación de las Areas Inundables en las Ciudades de Artigas y Quaraí - Modelación Hidrodinámica</i>
ANEXO J:	<i>Análisis del Impacto de una Profundización del Lecho del Río Cuareim/Quaraí sobre los Niveles Máximos de Inundación</i>
ANEXO K:	<i>Modelación Hidrodinámica del Río Cuareim/Quaraí – Tramo Artigas – Bella Unión (zona rural)</i>
ANEXO L:	<i>Sistema de Alerta Preliminar (S.A.P.) de crecidas para la Ciudad de Artigas (Primera Aproximación)</i>
ANEXO M:	<i>Modelación Hidrológica de la Cuenca del Río Cuareim Utilizando el Modelo SAC-SMA</i>
ANEXO N:	<i>Análisis de Calidad del Pronóstico de Precipitación en la Cuenca del Río Cuareim/Quaraí</i>
ANEXO O:	<i>Caracterización Socio-Económica de la población afectada por las Inundaciones en las Ciudades de Artigas y Quaraí – Impacto de las Inundaciones y Sistema de Emergencia Existente</i>

ANEXO P:	<i>Actividades de Educación y Concientización a los Niños de las Escuelas Afectadas por las Crecidas en la Ciudad de Artigas</i>
ANEXO Q:	<i>Jornada de Educación y de Concientización a través de la Limpieza de los Márgenes del río Cuareim/Quaraí</i>
ANEXO R:	<i>Proyecto de Educación y de Recuperación, Mantenimiento y Conservación de la Zanja Caballero</i>
ANEXO S:	<i>Educación e Investigación: Incorporación de Información Hidrometeorológica Regional en el Análisis de Series Locales de Caudal</i>
ANEXO T:	<i>Educación e Investigación: Impacto de Obras Estructurales sobre las Áreas Inundables en la Cuenca del río Cuareim/Quaraí</i>
ANEXO U:	<i>Capacitación y Entrenamiento: Análisis de Modelos Matemáticos para la Estimación y Predicción de Inundaciones</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Ubicación de la Cuenca del río Cuareim.....	2
Figura 2.1.3.1.1: Estructura Orgánica de la ACRC	7
Figura 2.1.3.1.2: Composición de la Agencia de Aguas para el río Cuareim (ACRC)	9
Figura 2.2.1: Subcuencas consideradas en el estudio del balance hídrico	12
Figura 3.1.1.1: Ubicación de perfiles relevados	17
Figura 3.2.1: Ubicación de escalas y limnigrafos disponibles en el río Cuareim	18
Figura 4.2.1- Pluviógrafos operados por CTM en la cuenca del río Cuareim	21
Figura 4.2.2- Principales subcuencas para el análisis de mejora de la red hidrometeorológica.....	21
Figura 4.2.3: Ubicación de los perfiles PINTADO al FORNARO.....	23
Figura 4.2.4- Hidrogramas pronosticado y simulado para 12 horas de anticipación	24
Figura 4.2.5- Limnigramas pronosticado y simulado para 12 horas de anticipación	24
Figura 4.3.2.1: Curva de Percentiles de las discrepancias de precipitación DNM-CTM.26	
Figura 4.3.3.1 Diferencias relativas ente los niveles de las escalas de DNH (84.0 y 84.1) considerando la diferencia de ceros de las escalas (1997-2001).....	27
Figura 4.3.4.1: Comparación de caudales en las estaciones hidrométricas de DNH (84.1(Puente) y 84.0 (OSE)) - Período 1997-2001	28
Tabla 4.4.1.: Caudales y niveles estimados para cada período de retorno utilizando la distribución de probabilidad ajustada (H es respecto al cero de la escala ubicada en la estación 84.0).....	29
Figura 5.1.1: Perfiles relevados en campo utilizados para la modelación hidrodinámica del río Cuareim.....	30
Figura 5.1.2: Perfiles adicionales a los relevados en campo para la modelación urbana del río Cuareim.....	31
Figura 5.1.3: Zona inundada Artigas-Quaraí – Simulación Modelo Hidrodinámico Tr=2 años	33
Figura 5.1.4: Zona inundada Artigas-Quaraí – Simulación Modelo Hidrodinámico Tr=10 años	34
Figura 5.1.5: Zona inundada Artigas-Quaraí – Simulación Modelo Hidrodinámico Tr=100 años	35
Figura 5.2.1: Diferencia de área afectada en la zona Artigas norte por una creciente de período de retorno de 50 años con el cauce actual y con el cauce profundizado 2m	37

Figura 6.1.1. Esquematación de las subcuencas de aporte al río Cuareim.....	38
Figura 6.2.1. Manchas de inundación para tres eventos seleccionados (Junio 1991- tiempo retorno (TR): 33.3 años, Julio 1993- TR: 7 años, Enero 1994 – TR: 1,5 años)...	40
Figura 7.1.1- Ubicación de las estaciones pluviométricas (CTM) utilizadas para el Sistema de Alerta Preliminar de inundaciones para la ciudad de Artigas	42
Figura 7.1.2. Tiempo de preaviso máximo en el caso de acierto de desmadre: 42 de 45 aciertos se dan con un preaviso mínimo de 12 horas.....	44
Figura 7.1.3. Tiempo de preaviso máximo en el caso de acierto de evacuados: 41 de 44 aciertos se dan con un preaviso mínimo 12 horas.....	44
Figura 7.1.4. Captura de pantalla de la herramienta de pronóstico de inundación para la ciudad de Artigas	45
Figura 7.2.1. Ejemplo del resultado obtenido al calibrar el modelo SAC-SMA –se presenta dos de los siete eventos considerados	47
Figura 8.1.1.1.1: Zonificación de la zona inundable de Artigas para la caracterización socio-económica	51
Figura 9.6.1- Esquema del entorno Edimachi.....	62

LISTA DE TABLAS

Tabla 4.3.1.1: Percentil de discrepancia menor o igual a 10mm para los pares de datos: acumulados diarios de precipitación de las estaciones de CTM y los datos horarios de las estaciones de la red de la DNM.....	25
Tabla 4.3.2.1: Discrepancias para registros extremos de precipitación DNM-CTM, comparando valores totales acumulados de cada evento	26
Tabla 6.2.1. Eventos seleccionados con distintos períodos de retorno para la determinación de las zonas inundables.....	39
Tabla 8.2.2.1- Fortalezas y Debilidades del Sistema de Emergencia en Artigas	56
Tabla 8.2.2.2.- Fortalezas y Debilidades del Sistema de Emergencia en Quaraí.....	57

REFERENCIAS

CRH/RS (Conselho de Recursos Hídricos, RS). Fondo de Invetimentos em Recursos Hídricos (FRH/RS) *Plano de utilização dos recursos hídricos da bacia do rio Quaraí – MD*. Junho 1996.

Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA)– Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República – Uruguay. *Directivas de diseño hidrológico-hidráulico de pequeñas represas*. 2002.

Molfino et al.. *Zonificación de tierras de la cuenca del río Cuareim, Evaluación de dos sistemas de predicción bajo riego, Aportes a su regulación hídrica*, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Dirección General de Recursos Naturales Renovables. División Suelos y Aguas. FAO 2001.

Tucci, Carlos E. M.. *Modelos Hidrológicos*. Editora da Universidade. Universidades Federal do Rio Grande do Sul. 1998.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Inventarios Nacionales de aprovechamientos de los Recursos Hídricos Superficiales. DNH (período 1988-1989 a 1998-1999)

Anuarios Hidrológicos. DNH período 1989-1995

Información sobre Tierras y Aguas para un Desarrollo Agrícola Sostenible (GCP/RLA/126/JPN), Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca

Definición de estrategias y lineamientos de actuación para el ordenamiento territorial del departamento y de la ciudad de Artigas y el mejoramiento y producción de vivienda de interés social en la ciudad capital. CONVENIO UDELAR-IMA-Intersectorial Artigas – 2001

Río Cuareim, Estudio Hidrometeorológico, Caudales mínimos, DNH 1989

Estudio de ampliación y mejora de la Planta Depuradora de efluentes urbanos en la ciudad de Artigas. OSE 1994

Plano con curvas de inundación en la ciudad de Artigas. DNH 1993

Proyecto para la Gestion Ambiental del Sistema Acuífero Guraní – GEF-BM-OEA

Anuarios Estadísticos Nacionales y Censos Nacionales de Población y Vivienda. INE

Censos Agropecuarios Nacionales. MGAP ediciones 1990-2000

SIGLAS

ACJ	Asociación Cristiana de Jóvenes – Uruguay
ANEP	Administración Nacional de Educación Pública - Uruguay
CCL	Comité de Coordinación Local del CRC
CDE	Comité Departamental de Emergencia
CORSAN	Corporação Riograndense de Saneamento - Brasil
CPTEC	Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – Brasil
CRC	Comisión Mixta Uruguayo-Brasileña para el Desarrollo de la Cuenca del Río Cuareim
CTM	Comisión Técnico-Mixta de Salto Grande
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente – Uruguay
DNH	Dirección Nacional de Hidrografía – Uruguay
DNM	Dirección Nacional de Meteorología – Uruguay
GEF	Global Environment Facility
GWP	Global Water Partnership
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística –Brasil
IMA	Intendencia Municipal de Artigas
IMFIA	Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental – Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República – Uruguay
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agraria - Brasil
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
MGAP	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca – Uruguay
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas – Uruguay
NASA	National Aeronautics and Space Administration
OMM	Organización Mundial de Meteorología
OSE	Obras Sanitarias del Estado – Uruguay
SGM	Servicio Geográfico Militar – Uruguay
SNE	Sistema Nacional de Emergencia – Uruguay
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
USGS	US Geological Survey
WGS	World Geodetic System

PROYECTO PILOTO DE GESTIÓN INTEGRADA DE CRECIDAS EN LA CUENCA DEL RÍO CUAREIM/QUARAÍ (URUGUAY/BRASIL)

INTRODUCCIÓN

El proyecto piloto de Gestión Integrada de Crecidas en la cuenca del río Cuareim (así denominado en Uruguay y río “Quaraí” en Brasil), cuenta con la coordinación en Brasil del Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) y en Uruguay de la Dirección Nacional de Hidrografía (DNH); y recibe el apoyo de la Global Water Partnership (GWP) en conjunto con la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

El objetivo final para la cuenca es el diseño y aplicación de un Sistema de Gestión Integrada de Crecidas en la Cuenca del Río Cuareim/Quaraí (Uruguay-Brasil). Por gestión integrada de crecidas se entiende la gestión de las crecidas en el contexto de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos, esto es el desarrollo y la gestión coordinados del agua, suelos y recursos conexos. En este proyecto se han desarrollado y se prevén desarrollar tareas enfocadas hacia el logro de dicho objetivo final.

En la etapa inicial y fase 1 se ha realizado un diagnóstico de la situación actual y se ha producido información y herramientas a saber: la determinación de medidas para promover la gestión conjunta de crecidas en esta cuenca binacional; la definición de riesgos de inundación y la correspondiente zonificación en el área urbana y la evaluación de las áreas de inundación en el área rural; el diseño e implementación de un sistema preliminar de predicción de crecidas; tareas de educación y difusión sobre las crecidas para la población; el diagnóstico socio-económico-ambiental de la zona inundable y del plan de emergencia existente; y la profundización en el relacionamiento y coordinación entre ambos países.

Este informe final de la fase 1 se organiza de la siguiente manera: se presenta primeramente una caracterización del área de estudio y un resumen de todas las tareas realizadas con sus logros (numerales 1 al 9). Los estudios completos se presentan en los anexos. En el numeral 10 se presentan las conclusiones y en el numeral 11 los actores participantes.

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

El río Cuareim integra la Cuenca del Plata (Figura 1.1). Es un afluente del río Uruguay por su margen izquierda y es frontera entre Uruguay y Brasil. La cuenca del río Cuareim posee un área de drenaje de aproximadamente 14.800 km², de los cuales aproximadamente 6.700 km² (45 %) se encuentran en territorio brasileño y aproximadamente 8.100 km² (55 %) en territorio uruguayo.

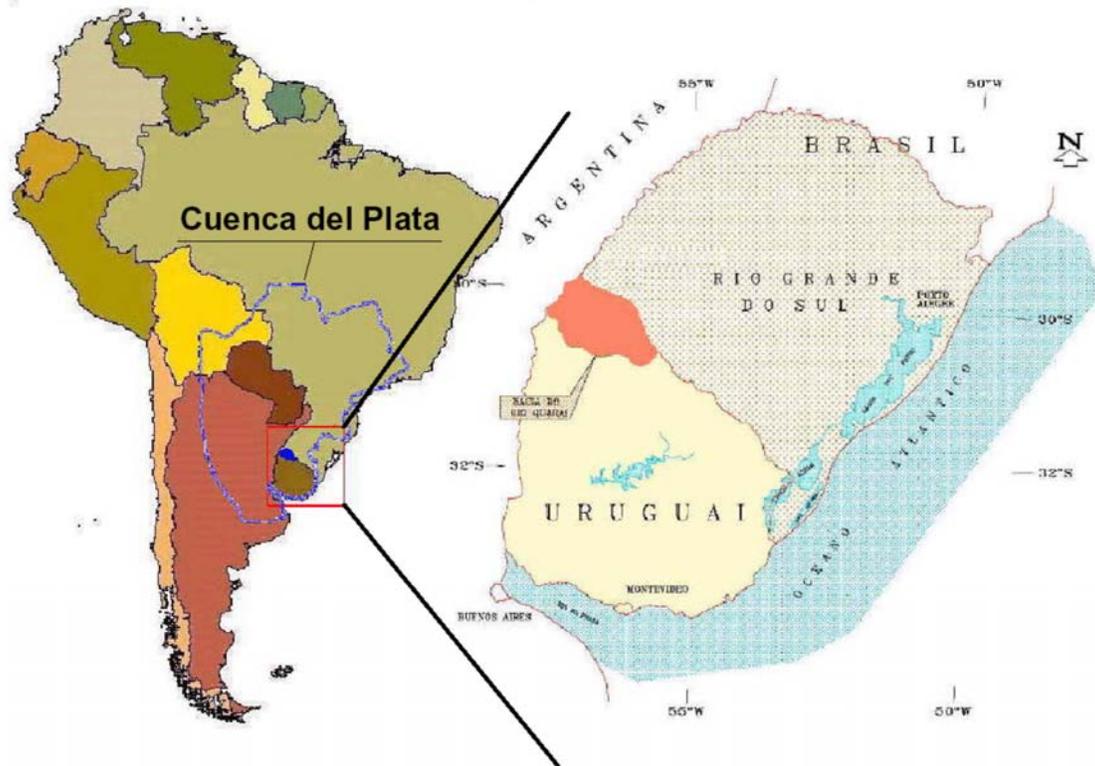


Figura 1.1: Ubicación de la Cuenca del río Cuareim

La longitud total del cauce principal del río Cuareim es de 351 km y la diferencia de alturas entre su nacimiento y su desembocadura es de 326 m, con una altitud media inferior a los 200 m (*Datum* Torres-SGE/Brasil) y pendiente media de 0,93 m/km, encontrándose las pendientes más pronunciadas en el primer cuarto de su recorrido.

El área posee una variedad de unidades litológicas integrantes de la Cuenca del Paraná, comprendiendo una amplia ocurrencia de rocas ígneas volcánicas (basaltos) con exposiciones de rocas sedimentarias, de modo que sobre secuencias de sedimentos afloran de manera abrupta derrames de rocas volcánicas básicas. El pequeño espesor del suelo (del orden de 0,5 m) en la mayor parte del área de la cuenca determina una pequeña capacidad de almacenamiento lo que, por un lado, provoca una respuesta rápida y altas escorrentías en las lluvias intensas y, por otro lado, debido a la alta evaporación en el verano, ocurren pronunciados déficit hídricos en esa época. La cuenca tiene un alto coeficiente de escurrimiento (C) (C medio anual del orden de 0,46 en Artigas), muy baja capacidad de almacenamiento y percolación

casi nula, lo que resulta en flujo base casi nulo, y cuyo aporte al volumen escurrido es casi insignificante.

La precipitación media anual oscila entre 1300 mm y 1500 mm, y la evaporación anual es de 1600 mm. Se verifican altos índices de variabilidad mensual de la precipitación (superiores a 80 %) y bajos índices en la variabilidad anual (inferiores al 30%). Esta situación ha justificado la construcción de embalses con el objetivo de almacenar el agua y sortear dicha variabilidad mensual aprovechando la suficiente estabilidad de los volúmenes anuales de precipitación. Ello fue notorio durante la década del 90 asociado al gran impulso que tuvo la producción de arroz.

Del análisis de frecuencia de crecidas resulta que 80 % de las crecidas tiene picos que no llegan a producir inundaciones en las ciudades de Artigas (capital del departamento de Artigas, Uruguay), y Quaraí (sede del municipio de Quaraí, Brasil). En Artigas, el desmadre del río comienza cuando el río supera los 6,80 m (escala DNH 84.0) y cuando el nivel supera los 8,30 m comienzan las evacuaciones.

La demanda principal de agua en la cuenca del río Cuareim es la destinada a riego de arroz. El cultivo de arroz se da principalmente en la parte baja de la cuenca. También se pueden observar algunas plantaciones en la parte alta, pero en general esta región es destinada a la ganadería. Existen otras demandas tales como consumo humano en las ciudades de Artigas, Quaraí, Barra do Quaraí y Bella Unión; demanda para abrevamiento de animales y riego de otros cultivos (en el área de Bella Unión), pero todas ellas representan un porcentaje muy bajo (del orden del 5 %) de la demanda de agua en la cuenca.

2. MECANISMO DE GESTIÓN BINACIONAL COORDINADA

Uruguay y Brasil, con sus tratados y acuerdos firmados, han manifestado y reiterado la necesidad y conveniencia de realizar actividades en conjunto sobre los recursos hídricos que benefician al conjunto de los ciudadanos que viven en la cuenca del río Cuareim.

Los principales motivos para una gestión coordinada son los siguientes:

- La creciente competencia por el uso del recurso agua
- La expansión de la ocupación de zonas inundables por parte de pobladores y productores tanto en zonas de centros poblados como en el medio rural
- La variedad de usuarios y gran cantidad de obras que aprovechan las aguas en la cuenca, sean por tomas directas de los cursos de agua o retención por embalses de los mismos, generan ámbitos propicios para la conflictividad por la interferencia en la captación y alteración de los escurrimientos de agua al curso principal
- La utilización de los cursos de agua de la cuenca como cuerpos receptores de vertidos y desechos de procesos industriales u otros similares así como aguas servidas de centros poblados

- La gravedad creciente del impacto de los fenómenos naturales extremos como sequías y crecidas, con la incidencia adicional de los fenómenos de cambio climático global
- Las recomendaciones que surgen de conferencias y foros internacionales sobre el agua, alentando a los países a crear mecanismos y procedimientos en materia de gestión compartida de cuencas transfronterizas

2.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS, LEGISLACIÓN E INSTITUCIONES RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DE LA REGIÓN Y NUEVA PROPUESTA DE GESTIÓN (ANEXO A)

2.1.1 Marco legal e institucional

Existe un marco normativo internacional abundante entre Uruguay y Brasil, iniciado en el año 1933, y que al día de hoy comprende directivas precisas en cuanto a competencias, compromisos, prohibiciones y prioridades.

Se encuentran grandes similitudes en los marcos jurídicos de ambos Países, fundamentalmente en cuanto a principios y objetivos perseguidos dentro de cada uno de ellos, mediante la gestión de los recursos hídricos y en cuanto al valor asignado al recurso y a su adecuado manejo.

También existen en cada país instituciones con competencia asignada y claramente delimitada, cuya función es procurar una adecuada gestión del recurso. Si bien las organizaciones internas de cada país difieren por tratarse de estados unitario (Uruguay) y federal (Brasil), nada impide que se establezcan los mecanismos de coordinación necesaria entre los respectivos organismos.

En el marco de la cuenca del río Cuareim funcionan organismos bilaterales, con atribuciones definidas y representantes designados, que tienen la prerrogativa de compatibilizar los planes y acciones propuestos, para adecuarlos a las legislaciones vigentes y a las instituciones capaces de ejecutarlas.

Lo anterior constituye un excelente punto de partida para armonizar la actuación de ambos países en la gestión de la cuenca compartida y para implementar dichas políticas y legislación, siempre que este fin se encuentre dentro de los intereses de cada Estado.

La faceta decisiva de la puesta en práctica de la legislación no ha sido suficientemente atendida o se ha subestimado su complejidad. Las dificultades en torno a una gestión integrada en la cuenca del río Cuareim no derivan de carencias legales o institucionales, sino de fallas en la implementación de los mecanismos previstos.

2.1.2 La gestión actual de los recursos hídricos en la cuenca

Los requisitos para tramitar los derechos de aprovechamiento de los recursos hídricos en la cuenca del río Cuareim son similares. En ambos países existen instructivos y formularios donde se especifican los requisitos necesarios para tramitar los derechos de

uso de las aguas superficiales y subterráneas diferenciados de acuerdo a la finalidad del uso que se pretenda realizar con el agua.

Debido a la poca capacidad de almacenamiento de la cuenca se ha producido un incremento en la construcción de embalses de reserva por parte del sector privado, los que no se encuentran registrados ni autorizados en su totalidad. Esta situación es más notoria para la zona brasileña de la cuenca que para la zona uruguaya. Si bien la construcción de obras de almacenamiento se considera una medida favorable, ello deberá ir acompañado del correspondiente monitoreo, aprobación y control por parte de las instituciones gestoras del recurso hídrico.

En cuanto a los criterios para la aprobación de las obras hidráulicas, se destaca que en el territorio brasileño de la cuenca no se han aprobado solicitudes de toma (información a fecha 25-5-2005 – Departamento de Recursos Hídricos de Rio Grande do Sul) y no se cuenta con información sobre el criterio técnico que se aplicará en el momento de aprobación de las mismas. Las tomas de agua que se han autorizado en el río Cuareim del lado uruguayo, tuvieron en cuenta el caudal específico de 0,4 l/s/ km² establecido en el Acuerdo de Cooperación firmado el 6 de mayo de 1997 entre los gobiernos de Brasil y Uruguay para el aprovechamiento de los Recursos Naturales y el Desarrollo de la Cuenca del río Cuareim. Si bien no se han producido inconvenientes en Uruguay por la aplicación del criterio mencionado, se considera necesario contar con información complementaria que permita realizar estudios a efectos de poder ajustar el caudal específico utilizado. La aplicación por ambos países de un caudal específico para el otorgamiento de extracciones de agua en el río Cuareim deberá considerar los criterios técnicos de asignación de agua que se establezcan en toda la cuenca.

En la cuenca del río Cuareim no se cobra por el uso del agua no importa cual sea su finalidad, en ninguno de los dos países. Si bien en la legislación de ambos países está la facultad de cobrar por el uso del agua, hasta el momento no se ha aplicado.

Si bien existen Comités de Coordinación Local en Artigas y Quaraí, éstos han tenido pocas actividades en conjunto. El apoyo al funcionamiento de dichos Comités a través de asignación de recursos y comunicación fluida permitirá el mejor cumplimiento de sus cometidos.

2.1.3 Propuesta de gestión binacional

De los marcos referenciales, en base a los tratados y acuerdos vigentes, se fundamenta la propuesta de crear un instrumento institucional para la gestión coordinada binacional: la Agencia de Aguas para la cuenca del río Cuareim (ACRC).

Se destaca que la coordinación de las acciones en la cuenca vinculadas al manejo y aprovechamiento de aguas no implica modificar ni asumir atribuciones legales e institucionales existentes en las entidades de ambos países.

Las funciones principales de la ACRC serán de apoyo a la Comisión Mixta Uruguayo-Brasileña para el Desarrollo de la Cuenca del Río Cuareim (CRC) a través de la

coordinación local, asesoramiento, control y vigilancia, así como de apoyo para la recopilación de datos e información.

Por lo tanto, se pone énfasis en generar acciones de organización simple y con cometidos que puedan ser cumplidos y mantenidos en el tiempo.

Se recomienda que la ACRC tenga en sus primeras instancias las funciones básicas siguientes:

- De coordinación:
 - Coordinar el manejo y aprovechamiento de aguas
 - Recomendar y expedirse sobre las políticas o planes sobre la gestión del recurso agua y sus usos múltiples en la cuenca
- Administrativas de gestión del agua:
 - Analizar, evaluar e informar sobre solicitudes existentes y nuevas sobre los aprovechamientos de agua, que se realicen en el curso principal del río Cuareim.
 - Resolver en primera instancia administrativa los conflictos que se generen entre usuarios debidamente registrados
 - Ejercer un ámbito de mediación para la solución de conflictos entre usuarios
- Control y vigilancia:
 - Recibir denuncias o denunciar la existencia de tomas u obras de represamiento o vertimientos sin autorización, que perjudiquen a usuarios de aguas debidamente registrados en la cuenca o al medio ambiente en general
 - Recomendar e informar expedientes sobre sanciones a infracciones de acuerdo a la legislación vigente en cada país
- Datos e información:
 - Relacionarse con las otras instituciones involucradas para suministrar y recepcionar datos e información, como para identificar y promover acciones de interés común
 - Administrar un “Sistema de Información de Aguas de la Cuenca”, accesible a la población en general
 - Llevar un “Inventario Actualizado de los Aprovechamientos de Aguas” y de los derechos de aprovechamiento y de vertimiento en la cuenca
 - Planificar y desarrollar actividades que tiendan a la difusión de la normativa sobre la gestión de los recursos naturales
- Eventos extremos:
 - Analizar, mantener o cambiar los caudales específicos existentes para el curso principal en el otorgamiento de los derechos de uso de aguas para el caso de sequías y de crecidas.

2.1.3.1 Estructura orgánica de la ACRC

Se propone que la ACRC esté subordinada a la CRC (Figura 2.1.3.1.1) y que sea conformada por una comisión Directiva de siete miembros por cada País: seis representantes de instituciones públicas competentes en recursos hídricos y temas asociados y un representante de los usuarios de las aguas (Figura 2.1.3.1.2). Adicionalmente, se considera que considerando la soberanía de los países sobre el dominio y gestión de sus recursos naturales la misma debe contar con un grupo de apoyo jurídico que analice la aplicación de las acciones que la Agencia desempeñe en el marco de la Cuenca.

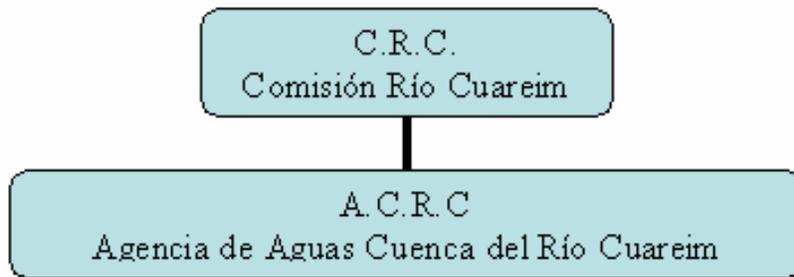


Figura 2.1.3.1.1: Estructura Orgánica de la ACRC

Como se ha observado, se considera que no es recomendable crear estructuras burocráticas pesadas y entonces utilizar la existente, por ello se sugiere que la Agencia esté subordinada políticamente a la CRC, con independencia técnica.

Las instituciones que integren la ACRC deberán tomar resoluciones internas de comprometerse a facilitar el suministro de información de sus inventarios y bases de datos a la ACRC.

Se recomienda que la ACRC adopte para sus primeras etapas de trabajo acciones, criterios técnicos y metodologías de gestión en común, en los siguientes temas prioritarios:

- Documentación común de la cuenca: Preparará y recopilará bibliografía, mapas, fotografías e informes descriptivos sobre la cuenca. Confeccionará folletos y boletines periódicos para difusión entre los ciudadanos e interesados. Como antecedente, se destaca la posibilidad de utilización de la base de datos generada en el marco de este proyecto.

- Intercambio de información: Definirá y adoptará procesos y flujos de intercambio de información sobre los derechos de uso de aguas y vertimiento que se aprueben, que estén inventariados y/o en trámite en la cuenca. Se generará un producto que será el Inventario de Recursos Hídricos en común para la cuenca. Establecerá un formato estandarizado de los datos de manera de posibilitar la compatibilización e intercambio de informaciones entre los países. En el mismo sentido creará un sistema integrado de informaciones para apoyar a los países en las actividades de monitoreo y fiscalización.
- Gestión del curso principal: Establecerá el proceso de consulta y de intervención previa, en las acciones relacionadas a obras de aprovechamiento y vertidos o similares en el curso principal
- Crecidas: En materia de prevención para eventos de crecidas, adoptará valores límites de riesgo de inundación y establecerá comunicación con el Comité Departamental del Sistema Nacional de Emergencia de Uruguay y su similar Sistema de Defensa Civil, en Brasil.
- Monitoreo: Adoptará dos o tres estaciones de medición y monitoreo conjunto de cantidad y calidad de aguas en el curso principal del río Cuareim, de forma de facilitar y viabilizar la operación conjunta de mantenimiento y recolección de datos. No se recomienda un número mayor de estaciones, pues al inicio se debe poner esfuerzos en los procesos de actividades coordinadas. En este punto la ACRC debería recibir apoyo de los Servicios Hidrológicos de ambos países.

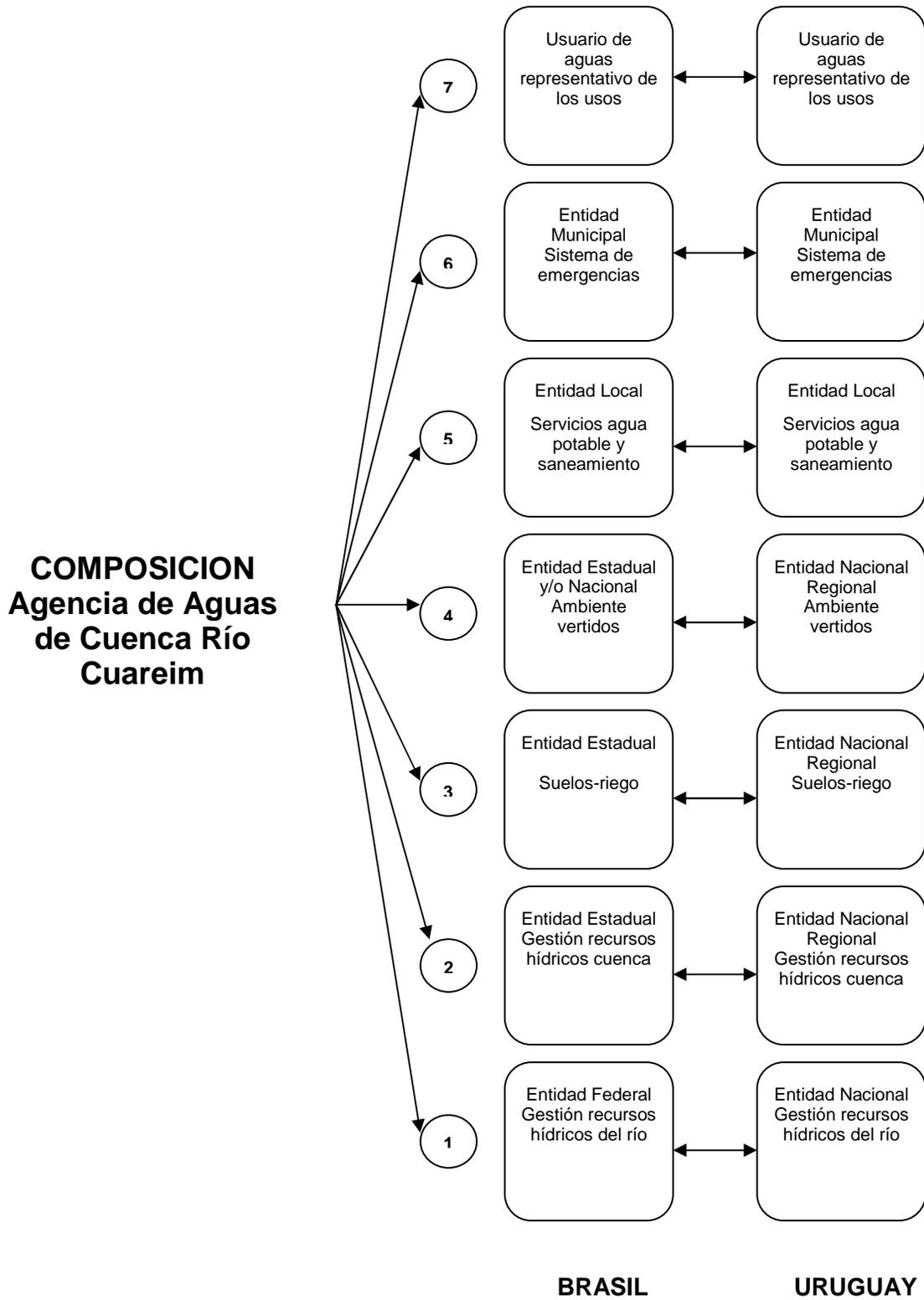


Figura 2.1.3.1.2: Composición de la Agencia de Aguas para el río Cuareim (ACRC)

2.1.3.2 Herramientas mínimas para el funcionamiento de la ACRC

Sería recomendable que en el corto plazo se identificara y reconociera la ACRC también por su local propio que podría coincidir con el local que utiliza la CRC y el Comité de Coordinación Local de la CRC (CCL).

En función de los avances que se logren, cada País podría designar un local orientado al funcionamiento y trabajo de la ACRC. Se recomienda que en lo posible el funcionamiento se lleve a cabo de manera conjunta. Por ejemplo las reuniones se podrían realizar en forma indistinta o alternada en cada sede. Los acuerdos a que arriben los Países deberán definir mecanismos de ejercicio de la presidencia, vicepresidencia, ausencias temporarias, vacaciones, períodos de sesiones, etc. También deberán definirse las formalidades para las resoluciones que se dicten, actas, idiomas oficiales, financiamientos y recursos monetarios para actividades en común que se adopten.

Los funcionarios que representen a las instituciones públicas que integran la ACRC deberían ser preferentemente del ámbito local y se sugiere que coincidan con los funcionarios regionales que desempeñan igual cargo, de forma de tener y estar identificados con la cuenca, con los usuarios de aguas y ser reconocidos por los pobladores.

Sin perjuicio del nombramiento de los funcionarios representando las distintas instituciones ante la ACRC, ésta deberá contar con un personal mínimo, que puede coincidir con personal de la CRC/CCL, que cumpla tareas administrativas, atención al público, recepción de documentos y notas y otro personal más especializado, técnico y profesional. En el marco del proyecto se han desarrollado varios productos y tareas que deben ser utilizadas en el inicio de los trabajos de la ACRC, fundamentalmente herramientas informáticas, modelos, sitio Web, estudios específicos y de aplicación a las tareas prioritarias, etc., y cuyo desarrollo debe ser continuado.

Se deberá prever los requerimientos de equipos informáticos y software de manejo de datos e información y su suministro.

2.1.4 Etapa de transición

El “Proyecto Gestión Integrada de Crecidas en la Cuenca el río Cuareim/Quaraí” ha dado impulso y posibilidad de fundamentar la necesidad de generar un instrumento institucional de gestión binacional coordinada, como la ACRC anteriormente descrita.

Un aspecto importante en la implementación de la ACRC es cómo lograr el sustento financiero de la misma. Dado que es una cuenca relativamente pequeña, una posible cobranza por el uso del agua no sería suficiente para sustentar las actividades de la Agencia. Por otro lado, la búsqueda de recursos junto a los presupuestos nacionales, estatales y federales tampoco se presenta como una fuente de recursos segura considerando las prioridades de cada uno de los países intervinientes. Por lo tanto se divisa como posibilidad la consideración de recursos de fuentes de organismos de

cooperación internacional que puedan servir para la instalación y estructuración de la Agencia.

Considerando lo anterior, hasta tanto los Gobiernos consideren y analicen la adopción de la recomendación hecha, sería oportuno de aprovechar las instancias que se están generando en el marco del Proyecto “Programa para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata, relación con la Variabilidad y el Cambio Climático” financiado por el GEF, en el cual se ejecuta un proyecto demostrativo y piloto para la cuenca del río Cuareim/Quaraí que atiende áreas críticas como el uso racional del agua, la resolución de conflictos entre usuarios (especialmente regantes), y la observación de los efectos hidrológicos vinculados con la variabilidad y el cambio climático.

2.2 ESTUDIO DEL ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA CONSIDERANDO EL OTORGAMIENTO DE DERECHOS DE USO EN LA CUENCA (ANEXO B)

El estudio de balance hídrico superficial de la cuenca del río Cuareim comprendió las siguientes actividades:

- Identificación de las sub-cuencas más representativas
- Balance hídrico superficial mensual de sub-cuencas y de la cuenca total
- Análisis del impacto actual y potencial de las obras de regulación en la disponibilidad del recurso hídrico y el manejo de las crecidas
- Propuesta de incremento de la Red Hidrometeorológica existente, en función de objetivos de gestión del recurso agua y las crecidas
- Recopilación de una base de datos de la cuenca (incorporado en numeral 2.3)

La información pluviométrica recopilada proviene de las bases de datos de la ANA (Brasil) y de las bases de datos de la DNM (Uruguay). Se dispone, además, de información climática de tanque evaporimétrico y de temperaturas medias mensuales de las estaciones de la DNM en Artigas y Bella Unión. Se verifican altos índices de variabilidad mensual de la precipitación (superiores a 80%) y bajos índices en la variabilidad anual (inferiores al 30%), que caracteriza el clima de la región.

El comportamiento en el caso de los escurrimientos se corresponde con el de precipitación en cuanto a variabilidad mensual e interanual, obteniéndose que la variabilidad mensual de los caudales respecto a la media es mayor que en las precipitaciones. Por otra parte, los caudales mínimos no se concentran en los meses de verano, que serían los meses de mayor evapotranspiración. Esta situación es el reflejo del gran porcentaje de suelos con poco almacenamiento potencial de agua en la cuenca, lo que relativiza el peso de la evapotranspiración jerarquizando el ciclo de precipitaciones. Esto tiene como consecuencia la posibilidad de contar con escorrentías significativas durante la zafra de riego.

Para el análisis de la disponibilidad de agua en la cuenca fueron seleccionadas y analizadas en detalle 11 subcuencas de interés en función del grado de intervención actual o potencial de las mismas. Se utilizó el modelo precipitación-caudal (modelo

Temez) de paso mensual presentado en el manual “Directivas de diseño hidrológico-hidráulico de pequeñas represas” (IMFIA 2002).

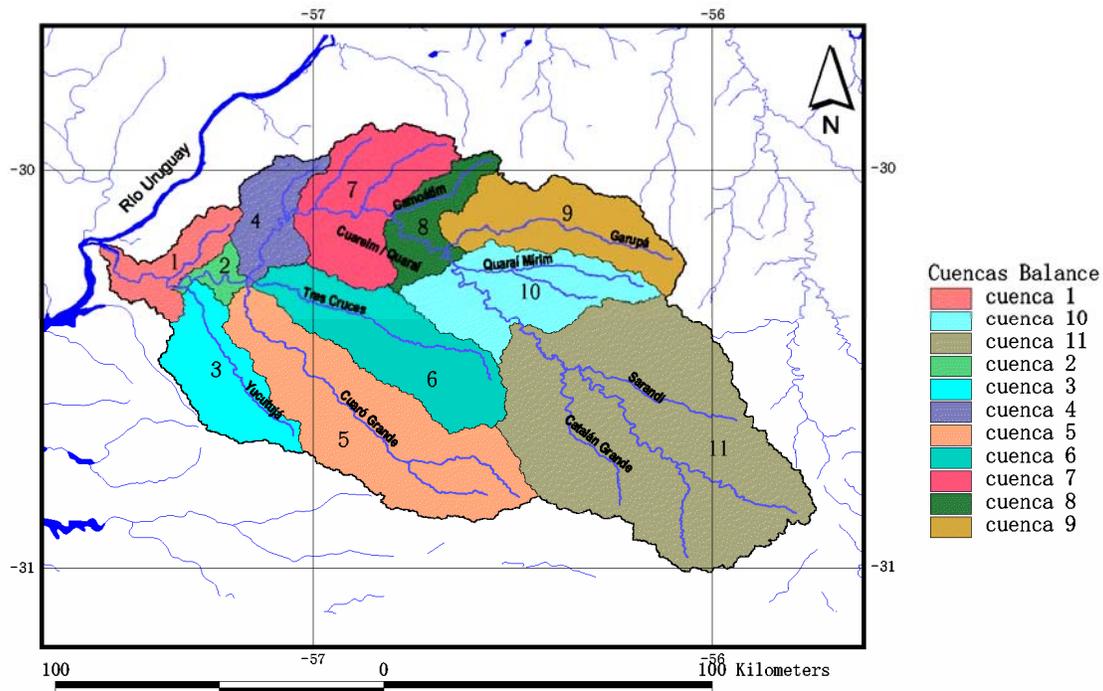


Figura 2.2.1: Subcuencas consideradas en el estudio del balance hídrico

La precipitación media se calculó con el método de Thiessen utilizando los datos de 6 pluviómetros presentes en el área. La evapotranspiración fue calculada utilizando las curvas de ETP media mensual disponibles para todo el Uruguay. La determinación del agua potencialmente disponible se basó en la clasificación de los suelos del Uruguay (Molfino et al, 2001) y basándose en la descripción litológica de los suelos brasileños, por falta de otros datos, se asignó a los suelos en territorio brasileño un valor de agua potencialmente disponible usando la misma referencia de suelos que para el Uruguay. Para el caudal se utilizó los datos de caudales diarios de la estación Artigas/Quaraí. El modelo fue calibrado para la cuenca 11. A partir del modelo calibrado y tomando en cuenta la diferencia de suelos presentes y las series de precipitaciones disponibles, fueron determinados los escurrimientos para el resto de las subcuencas usando el modelo de Temez.

Respecto a las demandas de agua en la cuenca, la demanda principal es la utilizada para el riego de arroz.

Los escenarios de análisis adoptados fueron:

- Demanda actual de agua para riego de arroz

- Máxima área regable por disponibilidad de agua y limitados también por la aptitud del suelo para cultivo
- Adopción de una relación de rotación 1:3 (un área sólo es destinada a arroz una vez cada 3 años)

Para introducir la demanda en el análisis oferta-demanda, además de conocer los volúmenes demandados para cada escenario de análisis, fue necesario tomar en cuenta los mecanismos efectivos de uso del agua. La demanda para riego de arroz se satisface mediante pequeños embalses específicos para riego y mediante extracción directa por bombeo principalmente del curso del río Cuareim.

A partir de las imágenes LANDSAT disponibles y mediante una clasificación de ellas fueron individualizados los embalses presentes en la cuenca. Se obtuvo un buen resultado en la medida del área de espejo de cada embalse al comparar dichos valores con los registrados en los inventarios de DNH. Como no se dispone de este dato en la margen brasileña, a partir de una regresión lineal fue establecida una relación entre el área de espejo máxima y el volumen máximo de los embalses brasileños (ANEXO B-A). Mediante el modelo de terreno, se determinó el área de aporte a embalses dentro de cada sub-cuenca de análisis.

Las obras de toma fueron determinadas a partir del inventario de la DNH (zafra 2003-2004) y fue estimada una densidad similar de tomas para la margen brasileña.

La superficie potencial fue determinada mediante mapas de aptitud de suelos para arroz, elaborados por la División de Suelos y Aguas del MGAP, Uruguay. En Brasil fueron utilizados los mapas de capacidad de uso del suelo elaborados por el INCRA.

A continuación se realizó un balance oferta-demanda en cada sub-cuenca de estudio en base a la información siguiente:

- Área de la sub-cuenca
- Área de la sub-cuenca de aporte a los embalses
- Volumen máximo de embalse
- Superficie máxima de embalse
- Caudal autorizado para tomas
- Escurrimiento generado por la cuenca, obtenido de la aplicación del modelo precipitación-escurrimiento
- Demanda de agua, definida en función de cada escenario de análisis

El balance hídrico se realizó en la cuenca considerando un embalse agregado con las siguientes hipótesis y restricciones:

- Se consideró para cada sub-cuenca un embalse representativo cuyo volumen máximo y área de cuenca embalsada corresponden a la suma de los volúmenes y áreas de aporte individuales. Se consideró una toma representativa en el cierre de la cuenca cuyo caudal de trabajo es la suma de los caudales de las tomas en la sub-cuenca (ver discusión de hipótesis en ANEXO B-B).
- Se consideró la evaporación y precipitación en el embalse mediante coeficientes fijos de variación del área de espejo en cada mes, en función del área máxima total de espejo de los embalses de la cuenca (ANEXO B-C).

Se hicieron además una serie de hipótesis que se presentan en el ANEXO B-Item 7.2.

Del estudio se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Debido a que la cuenca tiene una capacidad de almacenamiento muy baja, la mayor parte del agua superficial disponible en la cuenca es agua de crecida. Como ejemplo, baste decir que 90% del agua de la cuenca es generada durante solo 30% del tiempo.
- En la mayoría de las cuencas el cultivo de arroz está limitado por la disponibilidad de agua. En las cuencas altas (10 y 11) la situación es inversa, ya que la tierra apta para cultivo es escasa, y por lo tanto ese es el factor limitante.
- Si se aplica una rotación 1:3, el factor limitante pasa a ser la disponibilidad de tierra apta para cultivo, excepto en la cuenca 3, que continua teniendo como factor limitante la disponibilidad de agua.
- En las cuencas inferiores del río Cuareim (1, 2 y 4), entre el 50% y el 80% del agua disponible para riego es el caudal del río Cuareim, lo que implica riego por tomas.
- Los volúmenes disponibles para riego por toma son muy afectados por la distribución del agua dentro del mes, lo que no fue considerado al usar un modelo mensual. Considerando la baja capacidad de almacenamiento de la cuenca y su rápido vaciamiento, lo que causa caudales base muy bajos, es recomendable un estudio futuro más detallado, con un modelo de paso de tiempo diario.
- En los últimos 20 años, las precipitaciones fueron del orden de 20% mayor que en la primera mitad del siglo (se comparo la precipitación media de 1957-2002 con la precipitación media de 1914-1956). El porcentaje de aumento fue de 30% mayor si se considera la época de cultivo de arroz. Si, como es probable, una secuencia de años más secos vuelve a ocurrir, la actual capacidad de almacenamiento de los embalses no sería suficiente para regar las áreas de cultivo actuales. En efecto, el aumento de precipitación constatado en los últimos 20 años resulta de comparar precipitaciones medias, pero es importante recordar que han habido años de gran sequía en ambos periodos.

- Parece existir un cierto efecto de aumento de caudales mínimos causado por los embalses, en la faja de los últimos 25% de la curva de permanencia. Ese efecto se debe principalmente al caudal mínimo de servidumbre que fue impuesto a las represas. En menor medida, el retorno al sistema de 30% del agua aplicada para riego también contribuye para ese efecto. Cuanto mayor es el área captada y el volumen de embalse, más marcado es ese efecto.
- Las curvas de permanencia muestran muy poco impacto del riego actual sobre los caudales, fuera de lo mencionado en el punto anterior.
- Si las áreas regadas y las capacidades de embalse aumentasen, el impacto sobre los caudales aumentaría, y con demanda máxima el cambio sería muy significativo. Para cuantificar adecuadamente este fenómeno sería necesaria una modelación más detallada, de paso de tiempo diario, debido a la respuesta inusualmente rápida de la cuenca.

2.3 PROCESAMIENTO Y RELEVAMIENTO DE LAS INFORMACIONES EXISTENTES E IMPLEMENTACIÓN DE UNA BASE DE DATOS COMPARTIDA (ANEXO A)

Como parte del estudio del balance hídrico fue recopilada una base de datos con información sobre la cuenca. El listado del contenido de la base de datos se presenta a continuación:

- Cartografía en base digital (Uruguay-Brasil)
- Topografía (puntos fijos y modelo numérico del terreno)
- Imágenes satelitales
- Información meteorológica e hidrológica (Precipitación, Evaporación, Caudal)
- Respecto al cultivo de arroz:
 - Área de arroz plantada en municipios de Brasil
 - Catastro de embalses y tomas en la margen uruguaya (DNH)
- Respecto a los embalses:
 - Área de espejo de cada embalse en la cuenca, a partir de imágenes satelitales
 - Área de cuenca de aporte a cada embalse estimada a partir del modelo numérico de terreno
 - Volumen de embalses brasileños estimados a partir de una regresión espejo vs. volumen con la información uruguaya
- Shapes de cuencas de estudio en el balance, embalses localizados a partir de las imágenes satelitales, localización de los puestos de medición de caudal y precipitación, ríos principales digitalizados a partir de imágenes satelitales
- Respecto a los suelos
 - Documento "Agua disponible de las tierras del Uruguay segunda aproximación", de J.H. Molfino; A. Califra, Mayo de 2001
 - Shapes con la identificación de los suelos 1:1.000.000 presentes en toda la cuenca

- Tabla con las equivalencias entre suelos uruguayos y brasileños (estimadas por el Ing. Molfino) y capacidades de almacenamiento de cada suelo presente en la cuenca
 - Capacidad de almacenamiento total de los suelos de cada sub-cuenca de estudio (obtenida mediante la ponderación por áreas de cada suelo)
 - Shapes con la aptitud para cultivo de arroz de los suelos uruguayos y brasileños
- Áreas de cada sub-cuenca de estudio y áreas de polígonos de Thiessen para 9 diferentes combinaciones de pluviómetros con datos
 - Planos de Ciudades (Ciudad de Quaraí, obtenido de CORSAN, con curvas de nivel cada 1 metro y plano de la Ciudad de Artigas, con topografía)
 - Informes (ambiental y otros)
 - Información demográfica (Uruguay-Brasil)

3. RELEVAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO

3.1 RELEVAMIENTO DEL RÍO CUAREIM (ANEXO C)

Se realizó un vuelo por la cuenca a través de una comisión de trabajo binacional que permitió conocer con exactitud las coordenadas de las secciones que serían utilizadas para la modelación hidrodinámica. Por otra parte, el vuelo permitió identificar las principales características del río: fondo rocoso y presión sobre sus márgenes por el avance de la agricultura. Se verificó posteriormente la accesibilidad por tierra de las secciones y la representatividad de ellas para la modelación hidrodinámica. También se verificó que el río no es navegable, por lo que la batimetría debió ser hecha por tierra.

3.1.1 Tramo Artigas – Po. León (ANEXO D)

Se llevó a cabo una campaña topográfica para la caracterización de secciones del río Cuareim, en el tramo comprendido entre la ciudad de Artigas y Po. León, éste último ubicado a 80,6 km aguas arriba de Bella Unión. Se relevaron 17 perfiles (Figura 3.1.1.1), cubriendo la zona de máximas crecidas conocidas, con una secuencia aproximada de 5 kilómetros. Además, se relevó un perfil de los arroyos Tres Cruces y Cuaró, en zona próxima a la desembocadura de ellos en el río Cuareim. Las cotas y valores altimétricos fueron referidos al Cero Oficial de la República Oriental del Uruguay, coincidente con el nivel medio de las aguas del puerto de Montevideo. El Cero Oficial de Uruguay está 0,91 metros sobre el Cero Wharton de uso en las estaciones hidrométricas. Las coordenadas planas están referidas al sistema utilizado por el SGM, sólo a efectos de ubicación en cartas topográficas. Las coordenadas geográficas corresponden al Sistema WGS 84.

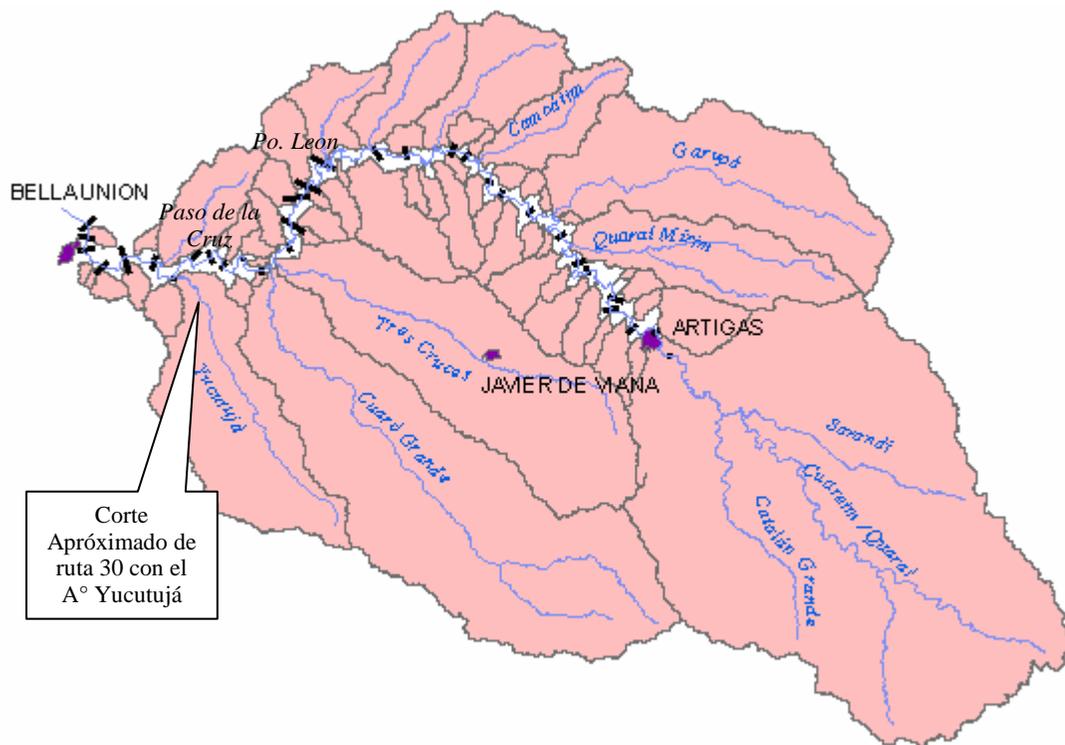


Figura 3.1.1.1: Ubicación de perfiles relevados

3.1.2 Tramo Po. León – Bella Unión (ANEXO E)

Se llevó a cabo una campaña topográfica para la caracterización de secciones del río Cuareim, en el tramo comprendido entre las ciudades de Po. León y Bella Unión. Fueron relevadas 15 secciones. Todo el relevamiento fue georeferenciado por la estación GPS (SMAR) do IBGE, localizada en Santa Maria (RS), código internacional 92013. A partir de ahí fue transportado un punto para Barra do Quaraí, próximo a la Aduana Brasileña, para servir de base de corrección del levantamiento. Las coordenadas y altimetría (datum WGS-84, HAE-altitud geométrica) fueron obtenidas a partir de 30 horas de rastreo GPS para este punto.

Para el relevamiento de perfiles transversales del cauce del río se utilizó topografía convencional debido a la densa vegetación en las márgenes del río. Fue materializado en cada perfil un punto de referencia para el posterior georeferenciamiento.

Para el relevamiento de la planicie de inundación se utilizó GPS. A los puntos relevados fueron agregados puntos X,Y,Z obtenidos del modelo digital de la NASA (SRTM-Shuttle Radar Topography Mission).

3.2 VALIDACIÓN DE LOS CEROS DE LAS ESCALAS DE HIDROGRAFÍA (ANEXO F)

Teniendo en cuenta la importancia de las cotas de los ceros de las escalas de la DNH para la modelación hidrodinámica y para la realización de un sistema de alerta, se decidió incluir en el levantamiento topográfico de la ciudad de Artigas el relevamiento de los ceros de las estaciones hidrométricas 84.0 (Escala de OSE-DNH) y 84.1 (Puente de la Concordia) (Figura 3.2.1).

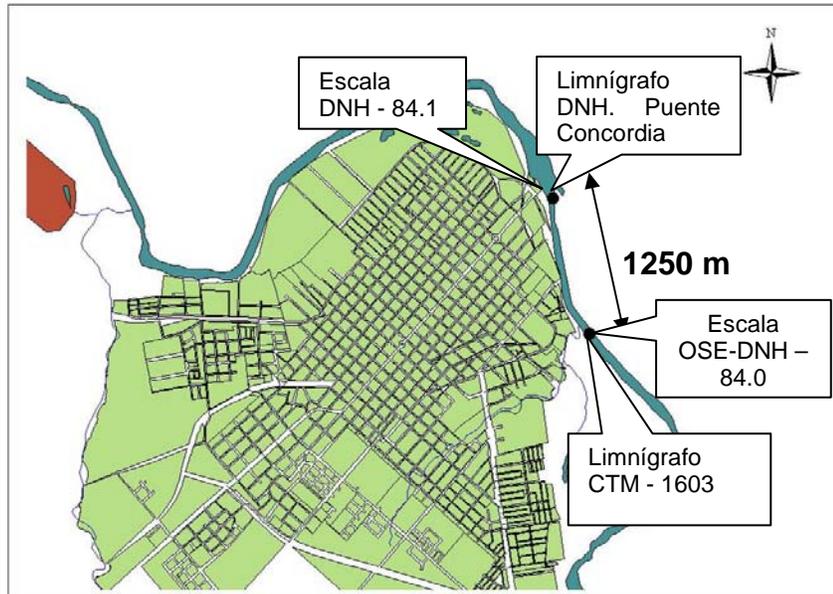


Figura 3.2.1: Ubicación de escalas y limnígrafos disponibles en el río Cuareim

El resultado de este relevamiento arrojó una diferencia de 48 cm entre los ceros, esto es cota 87,73 m cero oficial Uruguay para la escala de OSE y cota 87,25 m cero oficial Uruguay para la escala ubicada en el Puente de la Concordia.

3.3 VALIDACIÓN DEL MODELO NUMÉRICO DEL TERRENO DEL USGS (SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION (SRTM)) PARA LA CUENCA DEL RÍO CUAREIM UTILIZANDO LOS PUNTOS COTADOS DEL SGM DE URUGUAY (ANEXO G)

Como la cuenca del río Cuareim es binacional fue necesaria una homogenización de los ceros de referencia en ambos países. Para esto fue realizada una campaña que permitió conocer la diferencia entre los ceros oficiales de ambos países en las ciudades de Artigas y Quaraí.

Por otra parte el único modelo de terreno disponible para toda la cuenca es el SRTM90 del USGS. Por lo tanto fue necesario homogeneizar las cotas de éste con las cotas de ambos países.

Se dispone en la DNH de 3.218 puntos cotados del Servicio Geográfico Militar (SGM) en el departamento de Artigas, por lo que el procedimiento para llevar a cabo esta homogenización consistió en comparar las cotas del modelo de terreno con las del SGM en estos puntos, estableciéndose entre ellos una relación lineal ($R^2= 0.9971$). El modelo digital de terreno del USGS se encuentra en coordenadas geográficas (latitud longitud, modelo de la tierra WGS-84 y datum horizontal del WGS-84) y cotas (datum vertical) referidas al WGS-84, mientras que los puntos cotados del SGM se encuentran en coordenadas planas (proyección Gauss-Kruger modelo de la tierra Hayford o internacional 24 y datum horizontal Yacaré) y cotas geoidales referidas al cero oficial. En una segunda instancia, de entre los 3218 puntos cotados del departamento de Artigas, fueron elegidos exclusivamente los 60 vértices geodésicos, y se siguió un procedimiento similar al anterior estableciéndose otra relación lineal ($R^2= 0.9971$).

4. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA RED HIDROMETEOROLÓGICA Y DE LAS CRECIDAS

4.1 PROPUESTA DE MEJORAS DE LA RED HIDROMETEOROLÓGICA EXISTENTE EN LA CUENCA CON EL FIN DE MEJORAR LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS (ANEXO B-D)

Actualmente la cuenca tiene sólo un punto de medición sistemática de caudales (Artigas/Quaraí) que cubre la cuenca alta, específicamente el tercio superior (~5.000 km² de un total de ~15.000 km²). Existen otros puntos de mediciones aguas abajo, pero básicamente utilizados para monitoreo de niveles para pronóstico de volúmenes de aporte al reservorio de la presa Salto Grande. Sería importante tener por lo menos un punto más de control, que abarque la región baja de la cuenca que es la que está más sujeta a acción antrópica, tanto para generar informaciones sobre los impactos de esa acción como para disponer de informaciones que permitan el ajuste de un modelo de gestión de la cuenca completa. La estación limnimétrica de Paso de la Cruz, aproximadamente a 35 km aguas arriba de Bella Unión, cuenta con mediciones de nivel de agua y algunas mediciones de caudal para aguas bajas. La medición sistemática de caudales en esa estación permitiría establecer la curva h-Q y aprovechar, por lo menos parcialmente, la serie de niveles existente para análisis del comportamiento hidrológico del río y para calibración del modelo matemático. En este sentido, se debería analizar la posibilidad de incorporar un medidor de caudales ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), ya que dada la no existencia de puentes desde donde aforar, resulta muy dificultoso el aforo con métodos tradicionales en situaciones de crecidas.

Así como resulta necesario generar datos para analizar la cuenca de forma integrada, también es muy importante generar datos e información a escala de sub-cuencas. Los

motivos principales para esto son: poder tomar en cuenta la variación espacial dentro de la cuenca y tener datos de cuencas de pequeño tamaño, que es el mayor déficit de datos existente detectado por los estudios de regionalización.

La cuenca del A^o Tres Cruces, en Javier de Viana, dispone de una escala limnimétrica y aforos de caudal, si bien registra poca intervención en el uso de sus recursos hídricos. Sin embargo, la cuenca del A^o Yucutujá presentando gran intervención con una tendencia creciente, no cuenta con monitoreo alguno (Figura 3.1.1.1). Por lo tanto, se recomienda instalar una estación de aforo en la cuenca del A^o Yucutujá con cierre en Ruta Nacional N^o 30 para generar información que pueda ser usada en la gestión del agua. Asimismo, para monitorear caudales máximos, en estas subcuencas, sería necesario considerar la instalación de limnógrafos y/o limnímetros de máxima.

Por otra parte, dada la variabilidad espacial de la demanda del recurso, es posible que incluso pudiendo cumplir con la demanda en forma global para una cuenca, existan problemas de escasez a nivel de pequeñas subcuencas, que se dan fundamentalmente para caudales mínimos. Sin embargo no existe la capacidad física de instalar aforos clásicos en dichas zonas, y en tal sentido se recomienda diseñar alguna estructura de aforo de caudales mínimos en aquellos lugares potencialmente más vulnerables que se puedan determinar en las siguientes etapas de este proyecto.

Se remarca que, en esta instancia, las recomendaciones realizadas para el incremento de la red hidrométrica en la cuenca del río Cuareim, se basan fundamentalmente en mejorar la gestión de los recursos hídricos en las cuencas actualmente o potencialmente más intervenidas. Posteriormente, en base a los resultados obtenidos del análisis más localizado en pequeñas subcuencas muy intervenidas, podrán realizarse recomendaciones más específicas (por ejemplo aforos de caudales mínimos) que atiendan conflictos locales y que busquen una gestión sustentable del recurso hídrico a menor escala.

4.2 PROPUESTA DE MEJORAS DE LA RED HIDROMETEOROLÓGICA EN LA CUENCA DEL RÍO CUAREIM (AGUAS ARRIBA DE ARTIGAS) CON VISTAS A IMPLEMENTAR UNA RED DE ALERTA TEMPRANA CONTRA INUNDACIONES (ANEXO H)

A partir de la modelación hidrológica se observó que las 3 estaciones pluviométricas Artigas (1600), Catalán Grande (2800) y Sarandí del Arapey (2900) (Figura 4.2.1) muchas veces no representan en forma adecuada la distribución espacial de las tormentas, con lo cual se observa la necesidad de incorporar nuevas estaciones pluviográficas especialmente en la cuenca alta y en la margen brasileña.

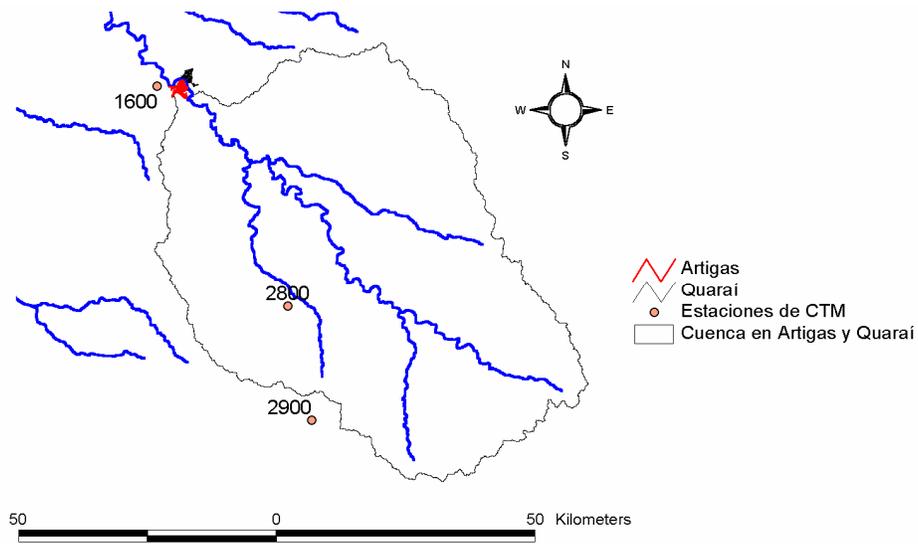


Figura 4.2.1- Pluviógrafos operados por CTM en la cuenca del río Cuareim

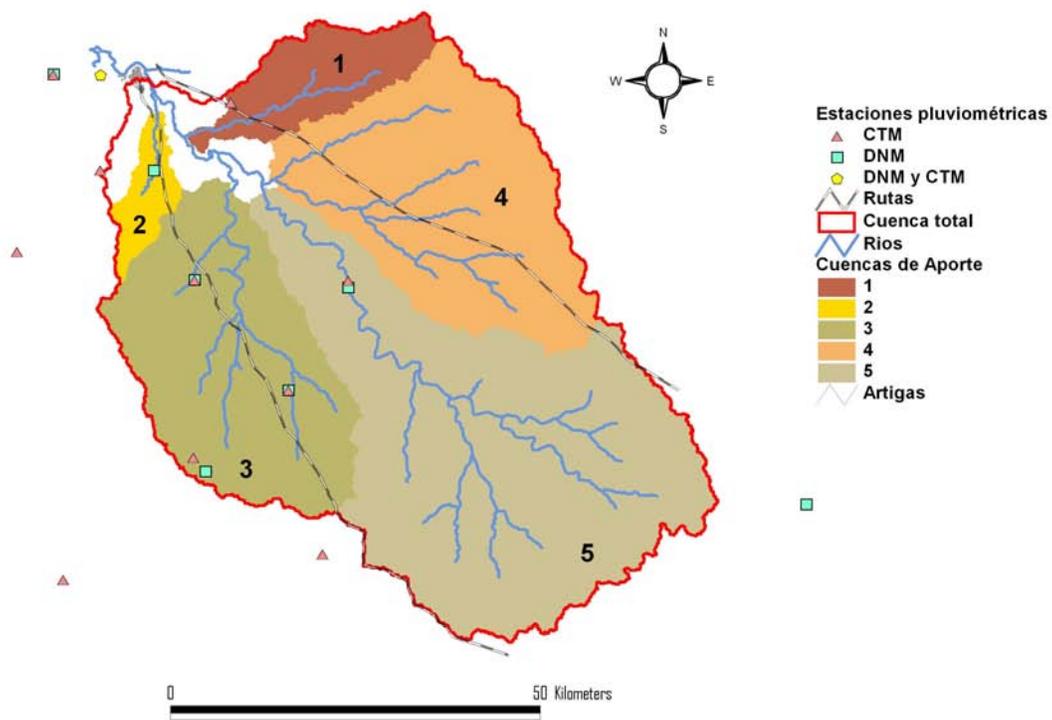


Figura 4.2.2- Principales subcuencas para el análisis de mejora de la red hidrometeorológica

A partir de la subdivisión en subcuencas realizada (Figura 4.2.2), se observa que la única cuenca monitoreada en cuanto a registro de precipitación horaria es la subcuenca 3, donde se encuentran las estaciones Catalán Grande y Sarandí del Arapey. Esta subcuenca representa el 20% del área de la cuenca. El resto de las subcuencas carece de estaciones pluviográficas, lo que representa entonces un 80% del área de la cuenca sin monitoreo de precipitación horaria.

Por lo tanto se propone instalar al menos dos estaciones pluviográficas que retransmitan a la red de CTM (Repetidora Cuaró) en tiempo real la lluvia horaria ocurrida: una en la cuenca 4 (margen brasileña) y otra en la zona alta de la cuenca 5 (margen brasileña o uruguaya). De esta forma, se buscaría tener monitoreada la lluvia horaria en el 83% del área de la cuenca (subcuencas 3, 4 y 5), abarcando cuenca alta y media del río Cuareim. Para la zona baja de la cuenca (cuenca inmediata, 1 y 2) se dispone actualmente de la información horaria de precipitación de la estación Artigas de CTM (1600).

Además, se propone instalar 3 limnógrafos que retransmitan a la red de CTM (Receptora Cuaró) en tiempo real el nivel instantáneo: uno de ellos, sobre el río Cuareim inmediatamente aguas abajo de la confluencia de los afluentes de las cuencas 3, 4 y 5. En ese punto la distancia a la ciudad de Artigas es de aproximadamente 28 Km y se recogería información sobre el caudal correspondiente al 83 % del área de la cuenca. El segundo limnógrafo se propone sea instalado sobre el cauce principal de la cuenca 1, aguas arriba de su desembocadura en el río Cuareim, aprovechando el cruce de la ruta que llega a Quaraí. Finalmente, se propone la instalación de un tercer limnógrafo sobre el cauce principal de la cuenca 2, aguas arriba de su desembocadura en el río Cuareim aprovechando el cruce de Ruta 30. Se destaca que estas dos estaciones limnográficas permitirán registrar los escurrimientos de la mayor parte de la cuenca inmediata, que si bien no corresponden a áreas de cuenca importantes, están ubicadas muy próximas a la ciudad de Artigas. Con la información de nivel instantáneo en el cierre de cada una de las cuencas 1 y 2, se podría calibrar un modelo hidrológico de precipitación – escurrimiento para para cada una de esas cuencas y ser incorporados en el alerta de la cuenca global.

Teniendo en cuenta que el objetivo es implementar un sistema de alerta de inundaciones para la ciudad de Artigas se analizó cuál sería el tiempo de pronóstico que se podría obtener con una precisión razonable si se dispone de información en tiempo real de un limnógrafo colocado a 28 Km aguas arriba de la ciudad de Artigas.

Para ello, se utilizó el modelo hidrodinámico calibrado y validado aguas abajo de Artigas a los efectos de simular el comportamiento del río en un tramo de 28 km (Perfiles PINTADO al FORNARO) (Figura 4.2.3). Se simularon diferentes eventos y se recopilaron los resultados (H(t), Q(t)) en la sección FORNARO, los cuales fueron considerados como “registrados por un limnógrafo”. A los efectos de este análisis de viabilidad se consideró como modelo de previsión de crecidas, el modelo lineal en base a propagación (Tucci, 1998).

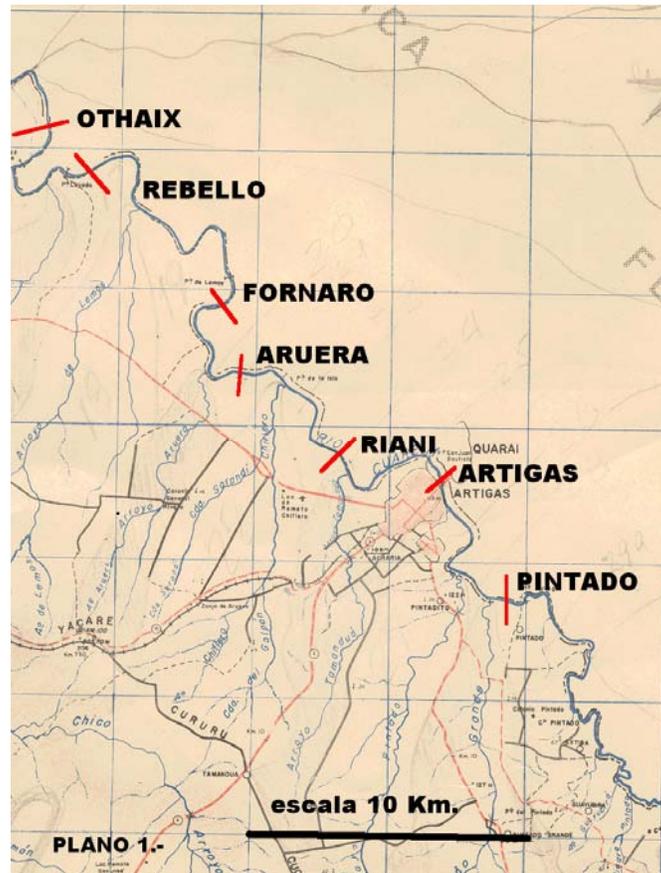


Figura 4.2.3: Ubicación de los perfiles PINTADO al FORNARO

Los resultados obtenidos para 12 horas de pronóstico, tanto en términos de caudal como de niveles (especialmente en el tramo ascendente del hidrograma y limnigrama) son razonables para implementar un alerta en tiempo real en base a una estación limnigráfica situada a 28 Km aguas arriba. Las Figuras 4.2.4 y 4.2.5 muestran los resultados de comparar el hidrograma y el limnigrama pronosticados y simulados para 12 horas de anticipación respectivamente.

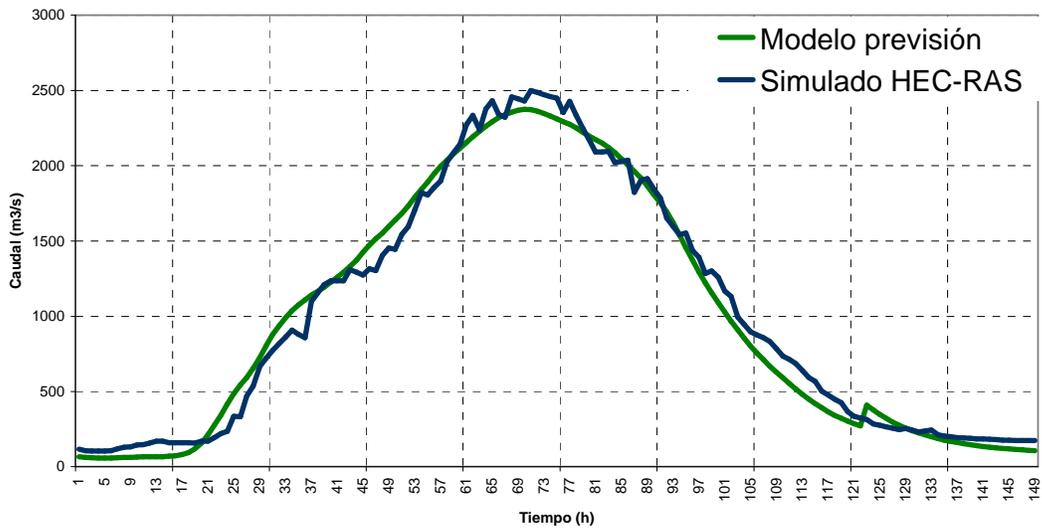


Figura 4.2.4- Hidrogramas pronosticado y simulado para 12 horas de anticipación

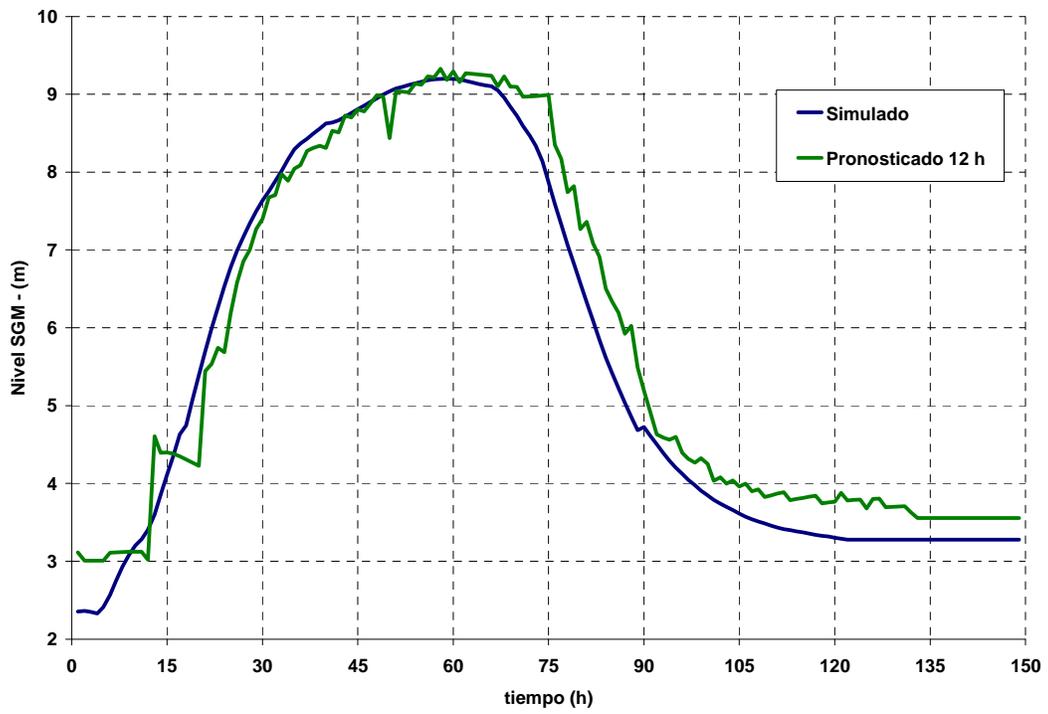


Figura 4.2.5- Linnigramas pronosticado y simulado para 12 horas de anticipación

4.3 ANÁLISIS DE CALIDAD DE INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA, DE NIVELES Y CAUDALES DISPONIBLES

4.3.1 Comparación de datos horarios y diarios de precipitación en las estaciones CTM y DNM (ANEXO F)

Se realizó un análisis de calidad de datos de precipitación diaria en las estaciones de CTM (1600, 2200, 2800, 2900, y 3100) comparando los acumulados diarios a partir de los datos horarios versus los datos diarios de las estaciones de la red de la DNM.

Se observó claramente que las discrepancias son menores o iguales a 10 mm para promedialmente el 85% de los pares de datos comparados (Tabla 4.3.1.1).

<i>Código de estación (CTM)</i>	1600	2200	2800	2900	3100
Discrepancia (mm)	10	10	10	10	10
Percentil (%)	0.87	0.78	0.81	0.94	0.84

Tabla 4.3.1.1: Percentil de discrepancia menor o igual a 10mm para los pares de datos: acumulados diarios de precipitación de las estaciones de CTM y los datos horarios de las estaciones de la red de la DNM

4.3.2 Comparación de los datos horarios de precipitación en las estaciones de Artigas CTM y de Artigas-DNM (ANEXO F)

Se calcularon las diferencias absolutas entre todos los registros horarios de DNM (Artigas) y CTM (1600) en caso de precipitación no nula. La discrepancia es muy baja en la mayor parte de los casos, por ejemplo para el 70% de los datos la discrepancia es menor o igual a 2,6 mm por hora (Figura 4.3.2.1).

Por otra parte, a los efectos de hacer uso de los datos para alertas de crecidas o calibración de modelos de crecidas, se seleccionaron 9 eventos extremos entre 2000-2004 y se analizaron las diferencias entre ambos registros (Tabla 4.3.2.1). Las diferencias encontradas entre los 9 eventos (discrepancias en los registros extremos), son en general menores al 5% y no tienen un sesgo claro hacia ninguno de los dos registros. Por lo tanto se considera que la información utilizada es de buena calidad para los objetivos del proyecto.

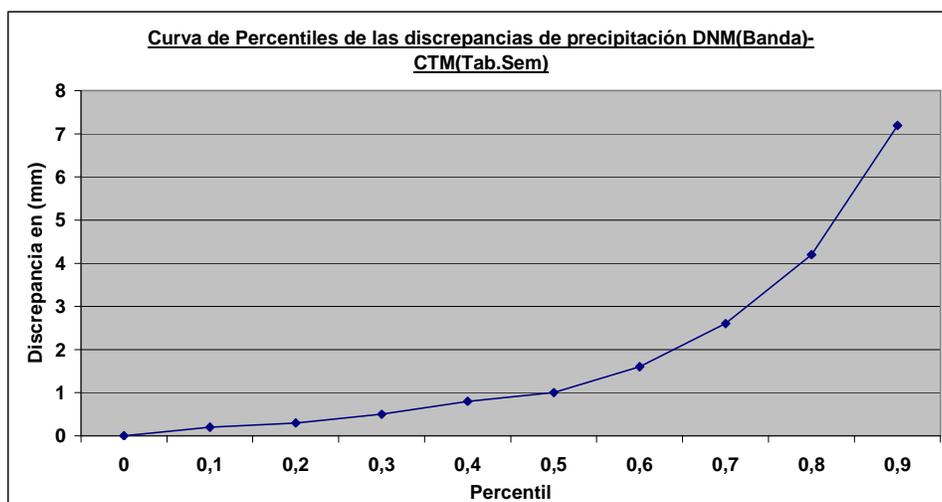


Figura 4.3.2.1: Curva de Percentiles de las discrepancias de precipitación DNM-CTM

Evento	total (DNM)	total (CTM)	Dif DNM-CTM
22/04/04	67	53	14
22/12/03	43,1	43	0,1
16/11/03	46,1	29	17,1
12/07/02	93	63	30
24/04/02	189,7	147	42,7
08/04/02	67,5	69	-1,5
01/03/02	84,3	87	-2,7
10/11/02	83,7	75	8
30/09/01	70	71	-0,3

Tabla 4.3.2.1: Discrepancias para registros extremos de precipitación DNM-CTM, comparando valores totales acumulados de cada evento

4.3.3 Análisis de niveles de las escalas de DNH (84.0 y 84.1) y la relación de dichas escalas con el limnógrafo de CTM (1603) (ANEXO F)

Considerando los niveles de las escalas de DNH (84.0 y 84.1) para el período común de datos (1997-2001) y la diferencia de ceros existente (la estación 84.0 tiene el cero a

87,73m del cero oficial y la estación 84.1 tiene el cero a 87,25m del cero oficial) se encontró que los niveles difieren en menos de 10% para más del 80% de los pares de datos comparados (Figura 4.3.3.1). En general dicha diferencia es sesgada hacia un mayor nivel en la escala 84.0. Se destaca además que se dispone de una función de transformación del nivel del río Cuareim entre ambas estaciones, construida en el 2003, que tiene una buena correlación, lo que permite disponer de ambos niveles en forma equivalente.

Por último, se analizaron los registros de nivel promedio diario de la estación 84.0 conjuntamente con la estación en Artigas de CTM (1603) (datos horarios), ubicada en la Usina de OSE. Se observó que ambos registros siguen en todos los casos la misma tendencia y si bien existen diferencias entre ellos, éstas están comprendidas dentro de la variabilidad diaria de niveles existente para más del 80% de los pares de datos comparados (la variabilidad diaria de niveles se calcula para cada día como la diferencia entre el máximo y el mínimo nivel a partir de la información horaria de la estación de CTM).

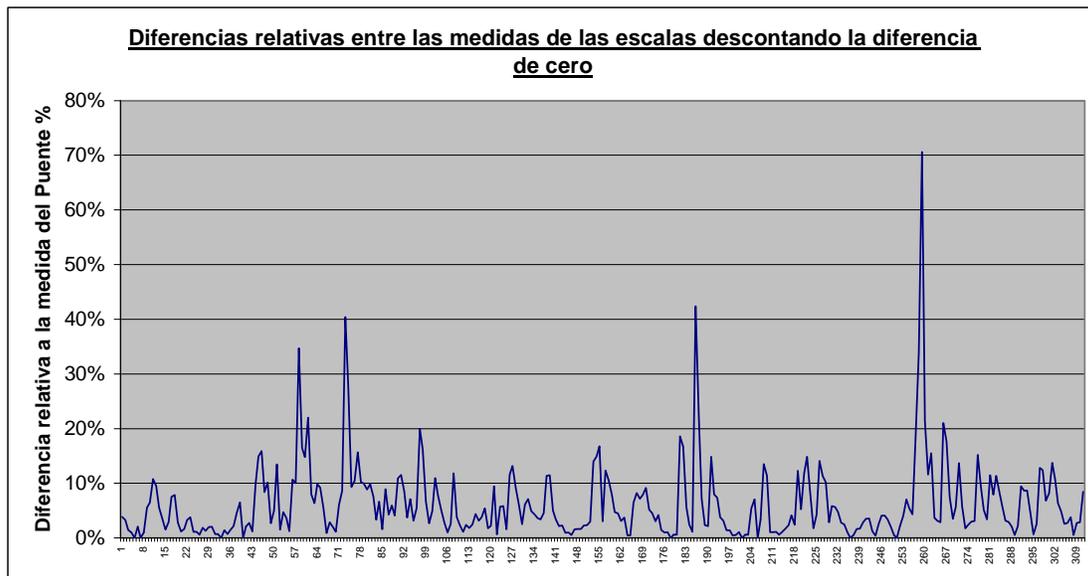


Figura 4.3.3.1 Diferencias relativas ente los niveles de las escalas de DNH (84.0 y 84.1) considerando la diferencia de ceros de las escalas (1997-2001)

4.3.4 Análisis de Caudales en las estaciones de DNH (ANEXO F)

Tomando en cuenta las curvas de aforo de las estaciones 84.1 y 84.0 de la DNH y el registro de niveles en cada una, fueron analizados y comparados los caudales de ambas estaciones (Figura 4.3.4.1). Las diferencias encontradas en los caudales de ambas escalas se encuentran dentro del ancho de banda de incertidumbre de las curvas de aforo. De todas formas sería recomendable utilizar como "dato observado" de

calibración y validación de la modelación hidrodinámica los niveles en lugar de los caudales, para evitar los errores incorporados con las curvas de aforo.

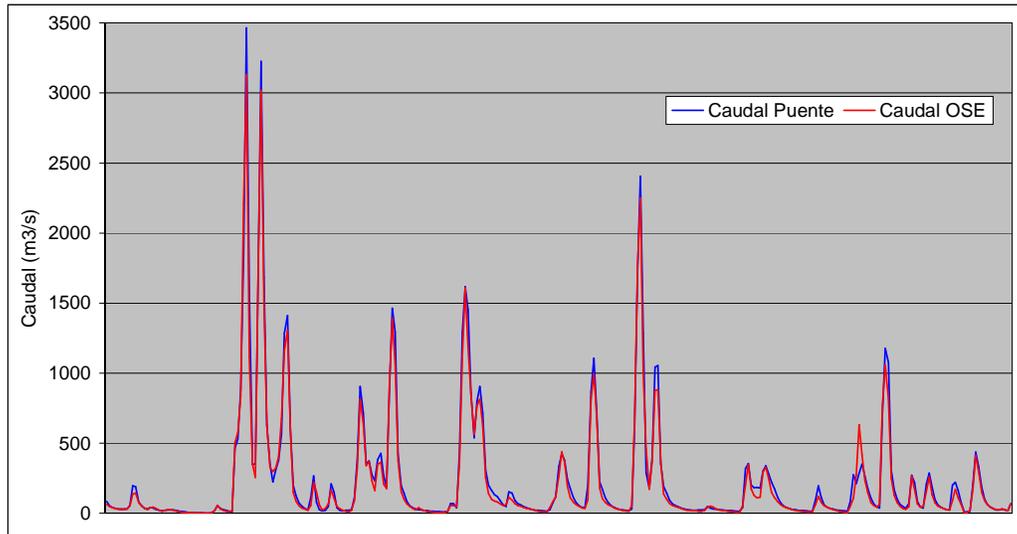


Figura 4.3.4.1: Comparación de caudales en las estaciones hidrométricas de DNH (84.1(Puente) y 84.0 (OSE)) - Período 1997-2001

4.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS CRECIDAS (ANEXO I)

La cuenca de aguas arriba de las ciudades de Artigas/Quaraí cuenta con características físicas que la transforman en una “cuenca rápida”, con un tiempo de concentración de 28 horas y con suelos de muy bajo espesor, aflorando frecuentemente el basalto. Se buscó identificar la forma de los hietogramas de tormentas encontrándose que son unimodales, pero no se pudo encontrar un hietrograma “tipo” ya que hay una gran dispersión entre ellos.

El río Cuareim se desmadra cuando el nivel del río supera los 6,80 m (cero de la escala DNH 84.0) y cuando el nivel supera los 8,30 m comienzan las evacuaciones. La población afectada por las inundaciones es de 10.000 habitantes en Artigas y de 1.200 en Quaraí.

Se ajustaron los caudales extremos mediante la distribución GEV, de lo cual surge que el nivel correspondiente al comienzo de las evacuaciones de 8,30 m (cero de la escala DNH 84.0) tiene un período de retorno asociado menor a 2 años.

En la Tabla 4.4.1 se presentan los caudales extremos del río Cuareim en Artigas/Quaraí a partir de los niveles máximos anuales diarios del período 1967-2003 y la curva de aforo de la estación 84.0. Se ajustaron los caudales extremos mediante la distribución GEV (General Extreme Values), y se estimaron sus parámetros utilizando el método de verosimilitud.

Tr	Qmax	H
(años)	(m ³ /s)	(m)
2	1458	9.02
5	2377	10.68
10	3112	11.73
20	3929	12.73
30	4455	13.305
50	5178	14.03
100	6280	15.02

Tabla 4.4.1.: Caudales y niveles estimados para cada período de retorno utilizando la distribución de probabilidad ajustada (H es respecto al cero de la escala ubicada en la estación 84.0)

5. MAPA DE ZONIFICACIÓN URBANA

5.1 MODELACIÓN HIDRODINÁMICA DEL TRAMO URBANO DEL RÍO CUAREIM (CIUDAD ARTIGAS/QUARAÍ) Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES (ANEXO I)

La modelación urbana tuvo como objetivo la calibración, validación y utilización de un modelo hidrodinámico del tramo urbano del río Cuareim, a los efectos de determinar diferentes zonas de riesgo de inundación en las ciudades de Artigas y Quaraí.

La modelación hidrodinámica se realizó en base a la información de cuatro de los perfiles relevados en campo en el tramo Artigas-Paso de León (Figura 5.1.1) y la incorporación de 12 nuevos perfiles (Figura 5.1.2) obtenidos a partir de las cartas de la zona (Servicios Geográficos de ambos países) con equidistancia de 10 m y las curvas de nivel existentes con equidistancia de 2 m en el casco urbano de Artigas (realizadas por el SGM-Uruguay para OSE) y de Quaraí (realizadas por la CORSAN). A los

efectos de tener una representación razonable de la forma del lecho del cauce en cada uno de esos nuevos perfiles, se interpoló linealmente la forma del lecho de los perfiles relevados en campo (PINTADO, ARTIGAS y RIANI).

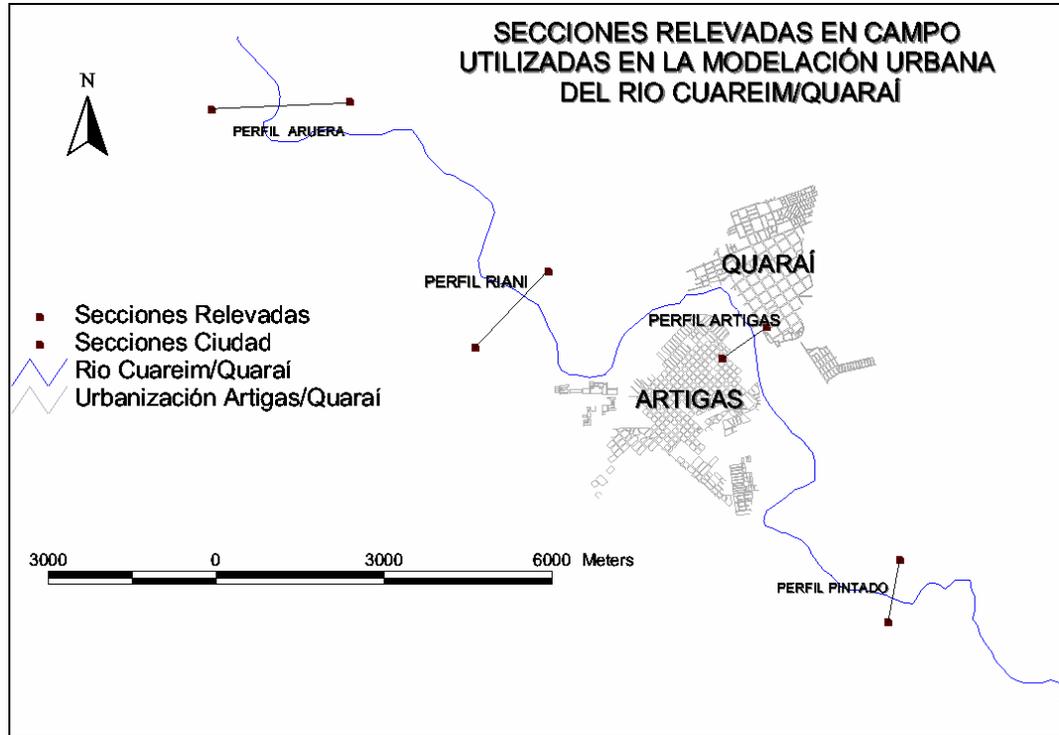


Figura 5.1.1: Perfiles relevados en campo utilizados para la modelación hidrodinámica del río Cuareim

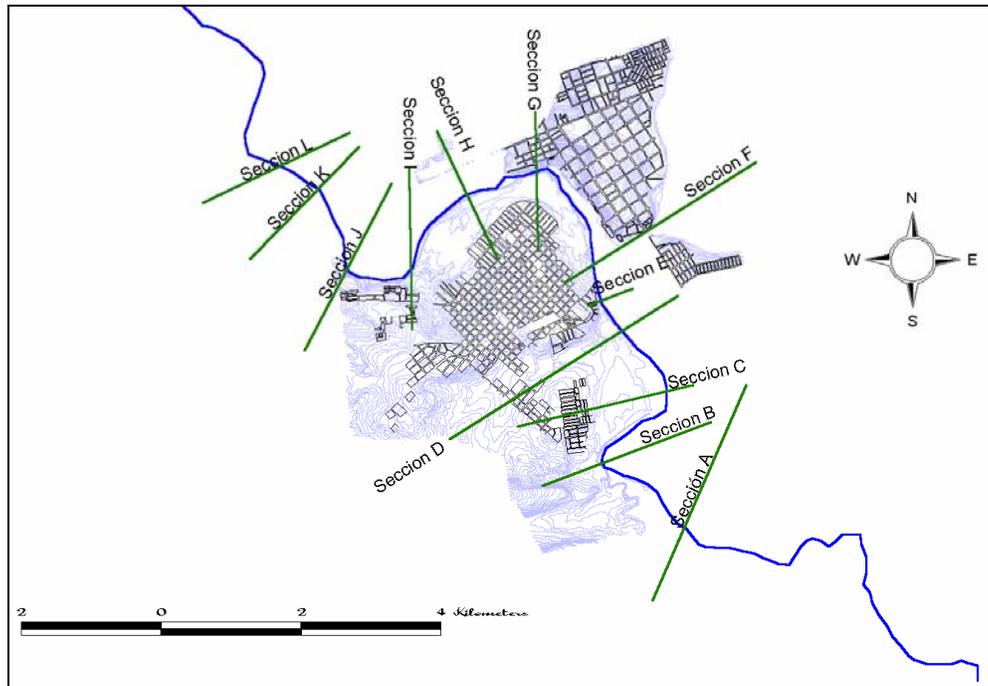


Figura 5.1.2: Perfiles adicionales a los relevados en campo para la modelación urbana del río Cuareim

Se utilizó el software HEC-RAS 3.1.2 del U.S. Army Corps of Engineering, que permite resolver las ecuaciones unidimensionales de Saint-Venant mediante un esquema numérico de diferencias finitas, a los efectos de representar el flujo no estacionario en el río Cuareim como consecuencia de eventos extremos de precipitación en la cuenca aguas arriba de Artigas. Se realizó modelación con paso horario ya que se busca representar los eventos extremos de la cuenca aguas arriba de Artigas/Quaraí cuyo tiempo de concentración es del orden de 1 día

Se utilizó el sistema de coordenadas planas, el sistema UTM 21-sur, ya que es un sistema en metros e internacional; y para la altimetría el cero oficial uruguayo (SGM) que corresponde al nivel medio del Río de la Plata en el Puerto de Montevideo.

Se utilizó el registro de dos limnógrafos, el perteneciente a la DNH ubicado en el Puente Internacional, y el perteneciente a la CTM ubicado en OSE (Artigas). Se recurrió a los datos de la escala de OSE-DNH sólo en el caso de falta de datos de los limnógrafos utilizando la correlación de niveles existente entre ambas estaciones (Figura 3.2.1).

Para el análisis de frecuencia de caudales se utilizó la curva de aforo de la estación 84.0.

Considerando igualdad de caudales en las estaciones 84.1 y 84.0 (despreciando la cuenca incremental y el almacenamiento en el trecho) y utilizando la correlación de niveles entre ambas estaciones, se incorporaron los datos registrados en la estación 84.1 a la estación 84.0. Con dicha información puntual fue calibrado y validado el modelo hidrodinámico.

Para la determinación de los hidrogramas hubo que realizar un análisis de frecuencia de los caudales extremos del río Cuareim en Artigas/Quaraí, y cuyo resultado fue presentado en la Figura 4.4.1 bajo el punto 4.4, Características de las Crecidas.

Se calculó el hidrograma adimensional promedio en Artigas-Quaraí, el que se utilizó para determinar los hidrogramas para diferentes períodos de retorno, multiplicando simplemente este hidrograma promedio por el caudal máximo de período de retorno buscado. Se utilizaron los hidrogramas resultantes como condición de borde del modelo hidrodinámico en la sección PINTADO, generando así las curvas de inundación en las ciudades para los diferentes períodos de retorno seleccionados.

Si bien estos hidrogramas corresponden al caudal en la sección de ARTIGAS, se entiende que la aproximación de utilizarlos en la sección PINTADO no incorpora diferencias significativas en los resultados buscados, debido a que la cuenca incremental entre ambas secciones no es significativa frente a la cuenca completa.

Como segundo elemento de validación del modelo hidrodinámico, se dispuso de un plano elaborado por la Intendencia Municipal de Artigas que describe la zona urbana de la ciudad que se inundó durante el evento de junio de 2001, donde la escala del Puente Internacional alcanzó un nivel de 14,18 m (aproximadamente 50 años de período de retorno). Dicho plano fue elaborado a partir de una encuesta realizada a los pobladores de la ciudad en relación al alcance máximo del agua en la mencionada crecida.

Se realizó entonces, a partir de la información limnimétrica de la crecida de junio de 2001, una simulación de dicho evento, de manera de obtener la zona anegada máxima en la ciudad de Artigas para el evento y compararla con la relevada in situ.

Para la elaboración de los mapas de inundación, se construyó un modelo numérico del terreno a partir de las curvas de nivel existentes en las ciudades de equidistancia 1 m. Sobre dicho modelo del terreno, se identificaron las secciones de cálculo del modelo hidrodinámico y a cada una de ellas se le asignó el nivel máximo calculado para cada período de retorno simulado: 100, 50, 30, 20, 10, 5 y años. Con dicha información se elaboró para cada simulación, un modelo numérico de niveles máximos alcanzados en cada sección. La determinación de la zona inundada máxima resultó, para cada período de retorno, de la resta de ambos modelos numéricos (Figuras 5.1.3, 5.1.4, y 5.1.5).

|

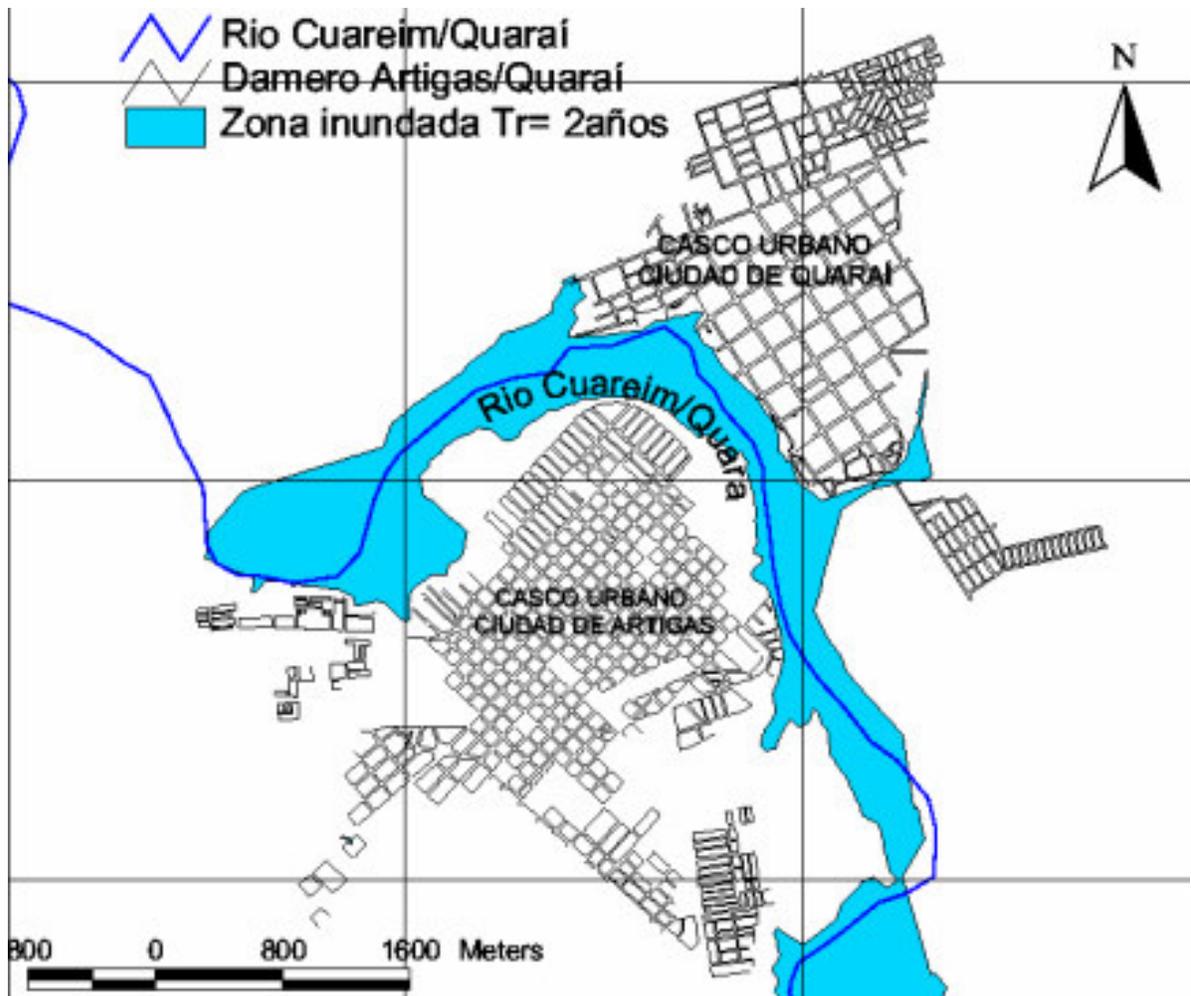


Figura 5.1.3: Zona inundada Artigas-Quaraí – Simulación Modelo Hidrodinámico Tr=2 años

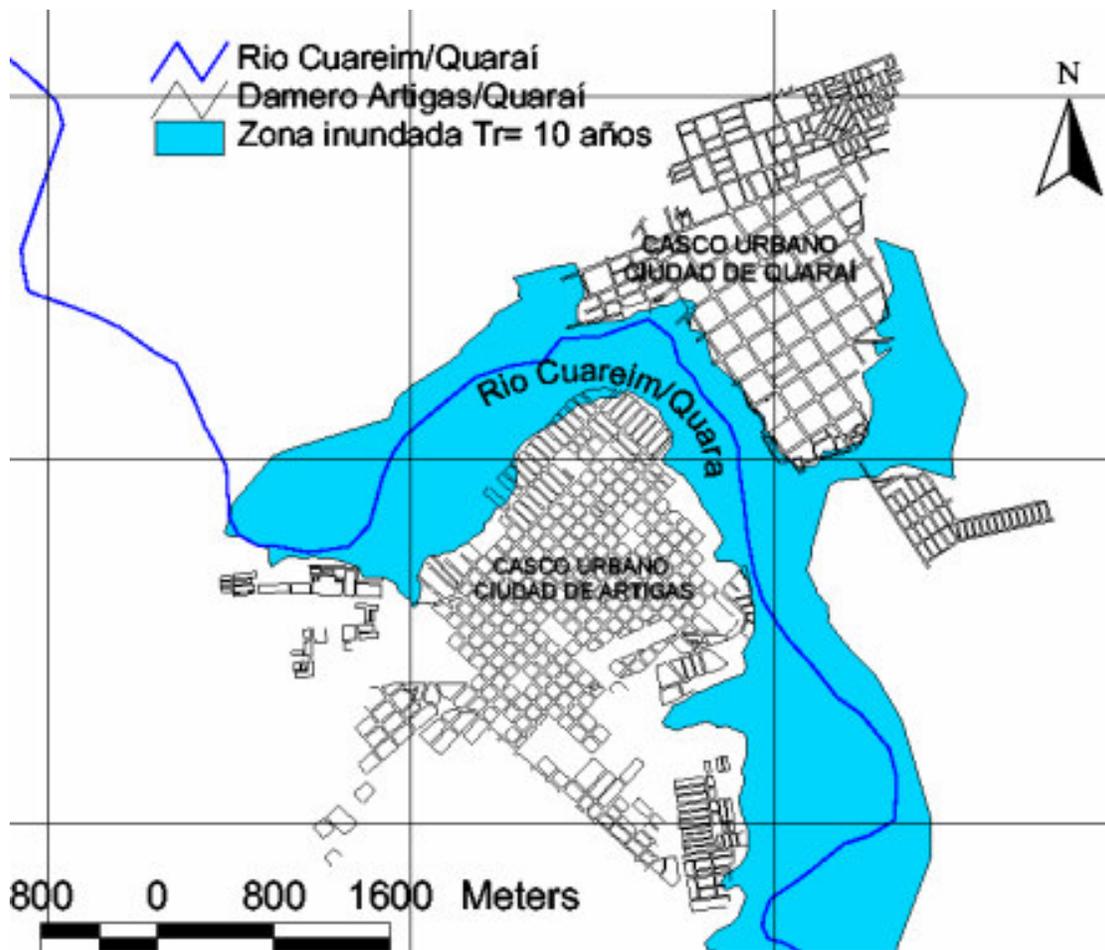


Figura 5.1.4: Zona inundada Artigas-Quaraí – Simulación Modelo Hidrodinámico Tr=10 años

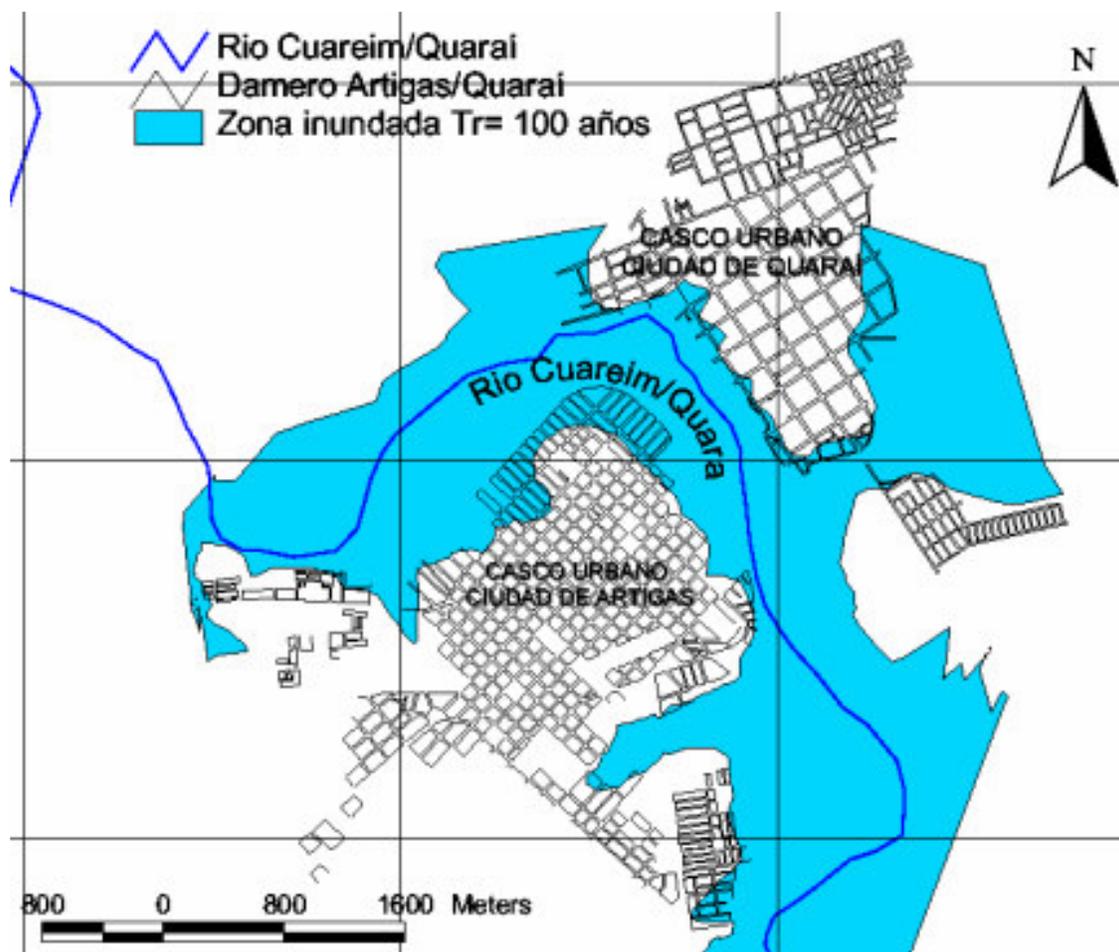


Figura 5.1.5: Zona inundada Artigas-Quaraí – Simulación Modelo Hidrodinámico Tr=100 años

5.2 PROFUNDIZACIÓN DEL LECHO (ANEXO J)

Durante la ejecución del proyecto, en distintos talleres y jornadas de trabajo con la población local surgieron inquietudes a las cuales se trató de dar una respuesta técnica, aunque dichas evaluaciones no estuvieran inicialmente en los términos de referencia. En particular se planteaba reiteradamente la inquietud de si una profundización del cauce del río Cuareim podría tener un impacto positivo en el tema de las inundaciones de Artigas y Quaraí.

Se realizó el análisis del impacto de una profundización del lecho del río Cuareim sobre los niveles máximos de inundación. A partir del primer ajuste del modelo hidrodinámico conseguido, se realizó un análisis de sensibilidad sobre el descenso de los niveles máximos de inundación en las ciudades de Artigas/Quaraí como consecuencia de una profundización del lecho del río Cuareim. Para ello se estudio la diferencia en las manzanas afectadas para una determinada creciente. Las profundizaciones del lecho analizadas correspondieron a 1 y 2 m de profundidad con un ancho medio variando entre 90 y 120 m.

Teniendo en cuenta que estas modificaciones del cauce implican un costo de movimiento de tierra significativo, se evaluó también el volumen de tierra que debería ser extraído en cada profundización.

Si bien la profundización analizada permite disminuir el nivel máximo alcanzado por el río durante una creciente importante ($T_r=50$ años) a valores máximos cercanos en algún caso hasta 1 m, este impacto no resulta tan significativo en cuanto a la disminución en área inundada sobre las ciudades. En este sentido, se observa que no existe prácticamente diferencia sobre las manzanas que son alcanzadas por la inundación (considerando la profundización de 2 m), mientras que el volumen de movimiento de tierra involucrado para lograr este impacto está en el orden de los 2,5 millones de m^3 , lo que lo hace económicamente inviable. En la Figura 5.2.1 se muestra el detalle de la zona Artigas norte afectada en el caso de una creciente de período de retorno de 50 años con el cauce actual y con el cauce profundizado 2 m. Si se considera una profundización menor, de 1 metro por ejemplo, el resultado en cuanto al área inundable es muy similar al anterior y el volumen de movimiento de tierra involucrado resulta igualmente inviable (cercano a 2 millones de m^3).

En resumen, se entiende que es económicamente inviable realizar una profundización del lecho del río Cuareim que permita un descenso significativo en los niveles máximos y fundamentalmente en el área afectada.

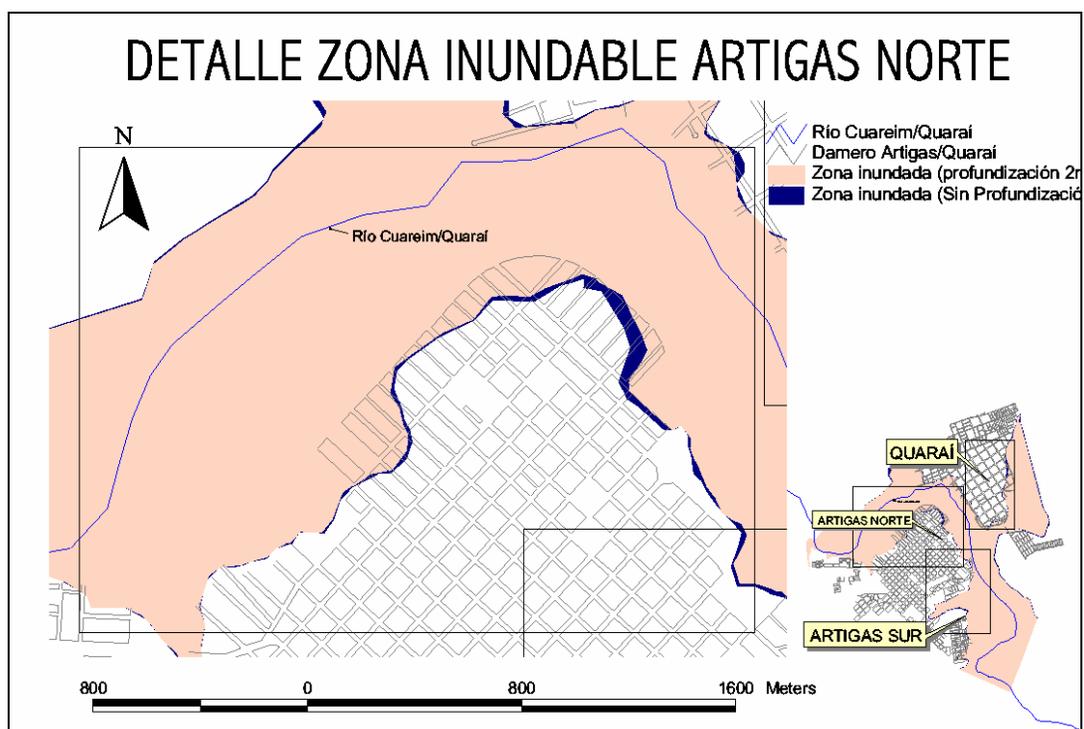


Figura 5.2.1: Diferencia de área afectada en la zona Artigas norte por una creciente de período de retorno de 50 años con el cauce actual y con el cauce profundizado 2m

6. EVALUACIÓN DE ÁREAS DE INUNDACIÓN EN EL ÁREA RURAL

6.1 MODELACIÓN HIDRODINÁMICA DEL RÍO CUAREIM (ARTIGAS – BELLA UNIÓN) (ANEXO K)

Se realizó la modelación hidrodinámica del río Cuareim en el tramo Artigas - Bella Unión, con el objetivo de determinar las zonas inundables en áreas rurales para eventos de diferente magnitud. Se planteó una modelación continua de largo período con datos diarios de caudal medidos por la DNH. Fue utilizado el software HEC-RAS 3.1.3 del U.S. Army Corps of Engineering. Se ingresaron los 32 perfiles relevados en campo (presentados en el punto 3.1) a lo largo de los 221 Km de río. Se utilizó el sistema de coordenadas planas UTM 21-sur y la altimetría se referenció al elipsoide WGS84.

Las principales cuencas de aporte fueron determinadas utilizando el modelo de terreno SRTM 90 (Shuttle Radar Topography Mission – NASA, resolución en celdas de 90 x 90 metros). del USGS. Se consideró como aportes puntuales los caudales provenientes de

cuencas mayores a los 500 km², y como un caudal distribuido a lo largo del cauce el proveniente de la sumatoria de las restantes cuencas.

Tanto en la estación del Puente de la Concordia (84.1) como en la estación de Usina de OSE (84.0), se dispone de aforos de caudal realizados por parte de la DNH entre el año 1994 y el 2003, como también las curvas de aforo correspondientes. Adicionalmente se utilizó la información de aforos realizados por la DNH en las estaciones de Javier de Viana (Arroyo Tres Cruces) y Paso Farías (Arroyo Cuaró).

Para determinar las series temporales de caudal medio diario de cada uno de los aportes se utilizaron los datos de las cuencas con aforos y las series temporales disponibles en las estaciones 84.0 Río Cuareim, 155.0 Arroyo Tres Cruces y 180.0 Arroyo Cuaró. En el caso de las 2 últimas cuencas mencionadas, el caudal medido no corresponde al generado por toda la cuenca en su desembocadura en el Cuareim, por lo que la serie temporal medida fue afectada por un factor de área para corregir este hecho. Para las cuencas que no tienen datos de caudal fueron utilizados los datos de caudal de la cuenca mas próxima (con datos) y nuevamente afectados por un factor de área.

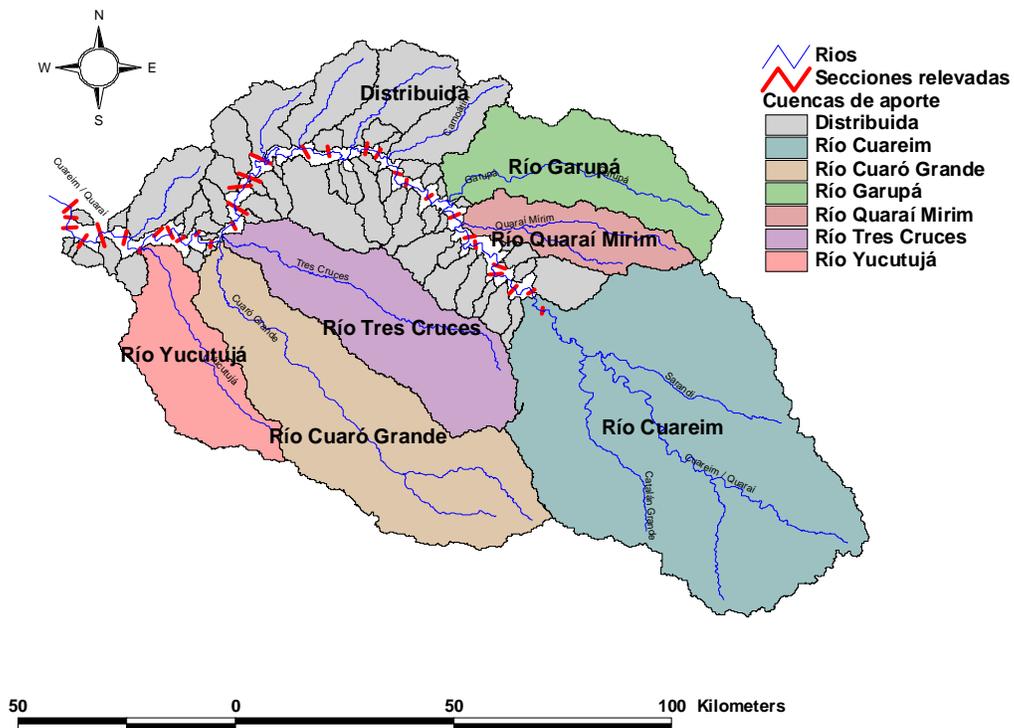


Figura 6.1.1. Esquematación de las subcuencas de aporte al río Cuareim

El modelo desprende resultados preliminares en cuanto a la determinación de las zonas inundables debido a la falta de medidas confiables de niveles en la cuenca baja, corta extensión de las series temporales, falta de información de aportes de cuencas laterales así como discrepancias puntuales entre el modelo SRTM y los relevamientos realizados; necesarias para una correcta calibración. No obstante fueron adoptados los valores de coeficientes de rugosidad calibrados en la curva de aforo de Artigas y dentro de los rangos sugeridos en bibliografía especializada en la materia.

6.2 ÁREAS INUNDABLES (ARTIGAS – BELLA UNIÓN) PARA TRES EVENTOS SELECCIONADOS UTILIZANDO LA MODELACIÓN HIDRODINÁMICA DEL PUNTO 6.1 (ANEXO K)

Como presentación preliminar de resultados fueron determinadas las áreas por debajo de la línea de máxima a lo largo de eventos representativos (Tabla 6.2.1) en la condición de borde de aguas arriba utilizando las salidas del modelo y el modelo numérico del terreno SRTM90. Los caudales de pico de estos eventos son asociados a períodos de retorno de 33,3, 7,0 y 1,5 años según la distribución ajustada (ver ANEXO I). Posteriormente a partir de las salidas del modelo hidrodinámico fueron representadas las zonas de inundación (Figura 6.2.1). La zona inundada fue determinada a partir de las salidas del modelo hidrodinámico y del modelo numérico de terreno SRTM 90 (Shuttle Radar Topography Mission – NASA, resolución en celdas de 90 x 90 m).

Evento	Fecha	Caudal pico en Artigas (m ³ /s)	Período de retorno de ese caudal en Artigas (años)
1	junio de 1991	4599	33,3
2	julio de 1993	2734	7,0
3	enero de 1994	1111	1,5

Tabla 6.2.1. Eventos seleccionados con distintos períodos de retorno para la determinación de las zonas inundables

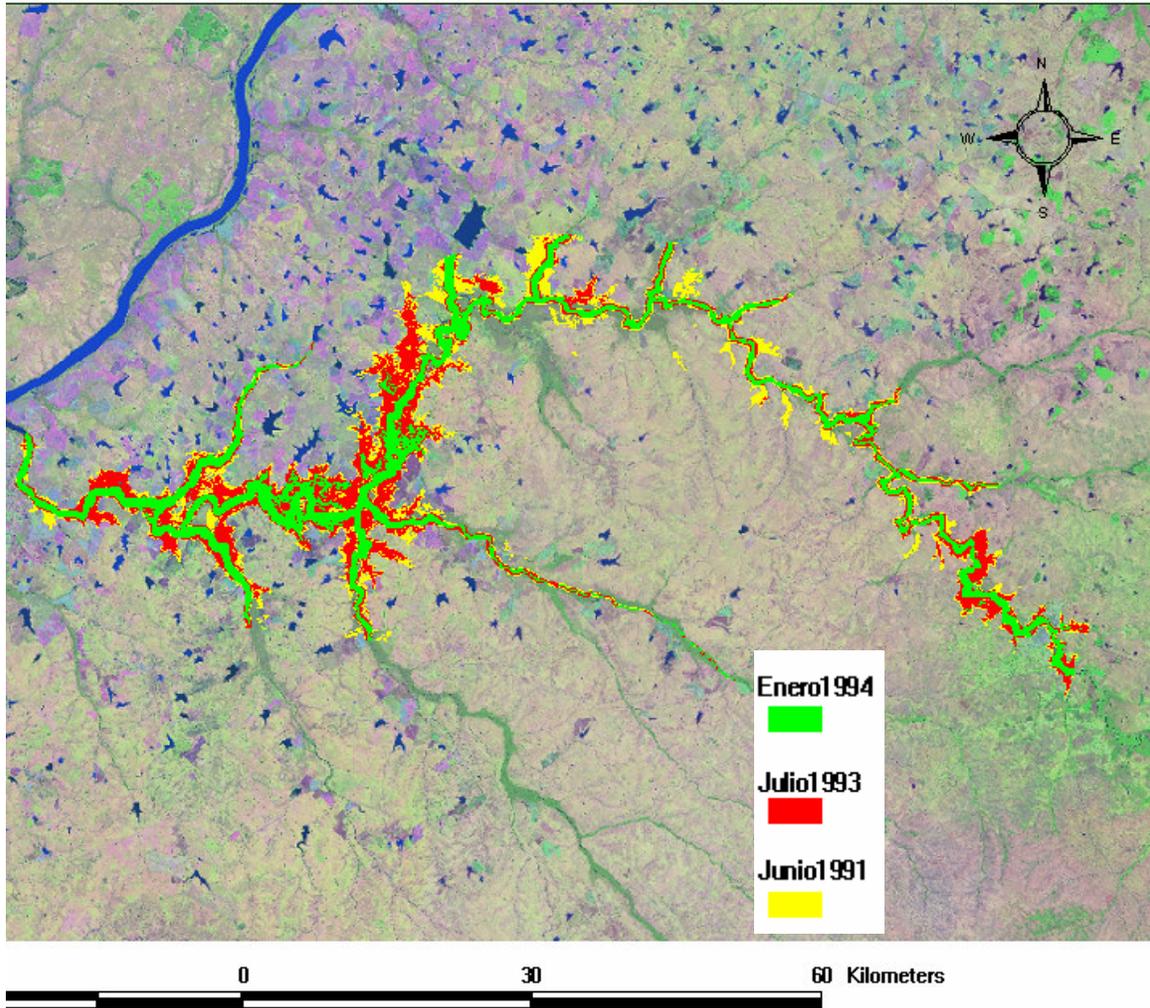


Figura 6.2.1. Manchas de inundación para tres eventos seleccionados (Junio 1991- tiempo retorno (TR): 33.3 años, Julio 1993- TR: 7 años, Enero 1994 – TR: 1,5 años)

7. SISTEMA DE ALERTA PRELIMINAR

Actualmente las ciudades de Artigas y Quaraí no cuentan con ningún sistema de pre-aviso de crecidas del río Cuareim, por el contrario las crecidas del río sorprenden a la población de las zonas más bajas debiendo realizarse evacuaciones durante la inundación.

7.1 SISTEMA DE ALERTA PRELIMINAR (PRIMERA APROXIMACIÓN) (ANEXO L)

La cuenca de aguas arriba de las ciudades de Artigas/Quaraí cuenta con características físicas que la transforman en una “cuenca rápida”, con un tiempo de concentración de la cuenca de 28 horas y con suelos de muy bajo espesor, aflorando en forma casi permanente el basalto.

En el presente estudio, se propone una primera aproximación al desarrollo e implementación de un Sistema de Alerta Preliminar (SAP) para la ciudad de Artigas, basado exclusivamente en herramientas estadísticas de la hidrología, sin considerar en esta etapa la modelación del proceso precipitación-escorrentía ni la propagación de las ondas de crecida.

El objetivo de este análisis fue encontrar un mecanismo que permitiera estimar con anticipación para un evento de crecida tres aspectos:

- Si habría o no desmadre del río Cuareim (es decir si el nivel del río en la estación de OSE-DNH 84.0 sería mayor que 6,80 m (Figura 3.2.1))
- Si habría o no evacuados (es decir si el nivel del río en la estación de OSE-DNH 84.0 sobrepasaría 8,36 m)
- Qué nivel máximo alcanzaría el río Cuareim para dicho evento (es decir hasta qué zonas de la ciudad habría personas evacuadas).

Para ello, se realizó el ajuste de una función potencial que permite a partir del volumen total precipitado en la cuenca del evento y el nivel antecedente del río Cuareim en la estación OSE-DNH 84.0, estimar el nivel máximo del río a alcanzar en respuesta a dicho evento en la Ciudad de Artigas. Fueron considerados cuarenta y ocho eventos, con los que se conformó la base de datos para el pronóstico estadístico.

Se propuso realizar un pronóstico horario del nivel máximo a alcanzar por el río Cuareim en la Ciudad de Artigas para un determinado evento. En este sentido, el pronóstico utilizaría la información de precipitación hora a hora de los pluviómetros de Artigas, Catalán Grande y Sarandí de Arapey y el nivel del Río Cuareim al momento que comienza el evento de lluvia (Figura 7.1.1).

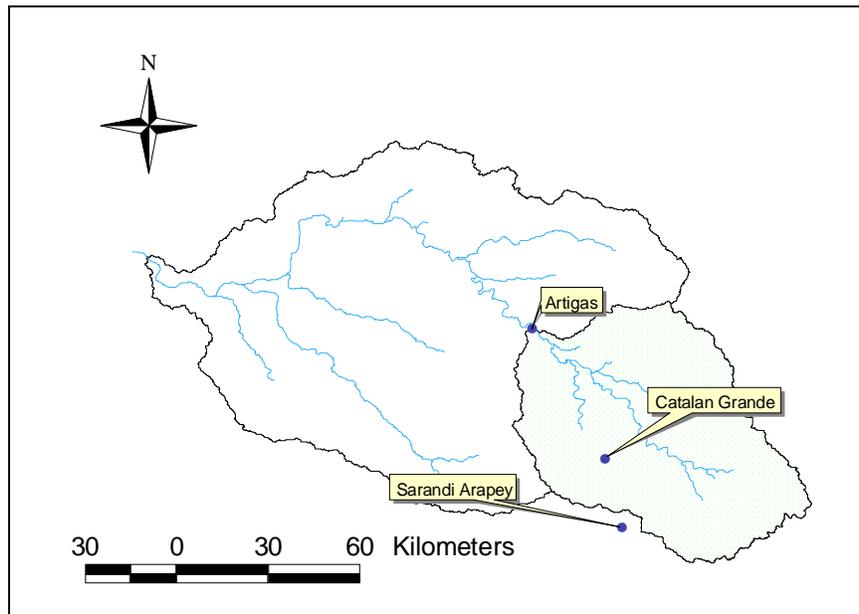


Figura 7.1.1- Ubicación de las estaciones pluviométricas (CTM) utilizadas para el Sistema de Alerta Preliminar de inundaciones para la ciudad de Artigas

A los efectos de caracterizar una precipitación media en la cuenca, se realizó la asignación de pesos por el método Thiessen resultando que la precipitación media en la cuenca responde a la siguiente expresión (para cualquier intervalo de tiempo):

$$P_{media} = 0,17P_{Artigas} + 0,56P_{Catalán} + 0,27P_{Sarandí}$$

donde: $P_{Artigas}$ es la precipitación en la hora considerada registrada por el pluviómetro de Artigas, $P_{Catalán}$ es la precipitación en la hora considerada registrada por el pluviómetro de Catalán Grande y finalmente $P_{Sarandí}$ es la precipitación en la hora considerada registrada por el pluviómetro de Sarandí de Arapey (existen otras estaciones pluviométricas tanto del lado uruguayo como brasileño, pero que no fueron consideradas por no transmitir los datos en tiempo real).

Se caracterizó también la forma de los hietogramas de tormenta de manera de poder establecer algún tipo de previsión sobre cómo se desarrollará el evento de lluvia una vez comenzado, resultando en promedio que el volumen total acumulado de precipitación hasta que se registra el pico corresponde a un 60% del volumen total que terminará precipitando.

El procedimiento de cálculo y pronóstico sería el siguiente (a partir del momento en que comienza a darse la precipitación):

Paso 1 - Una vez que comienza la precipitación se recopila el nivel del río en la Ciudad de Artigas (escala OSE-DNH 84.0) en la hora de comienzo del evento, el que quedará fijo durante todo el desarrollo del mismo.

Paso 2 - Hora a hora se recopila el volumen precipitado en cada estación pluviométrica (Artigas, Catalán Grande, Sarandí de Arapey) y se va calculando la precipitación acumulada desde el comienzo del evento para cada estación. Además se calcula la precipitación media de la cuenca en cada hora.

Paso 3 - En cada hora se realiza una hipótesis sobre la lluvia que consiste en suponer que ya tuvo lugar el máximo del hietograma de tormenta y se considera el máximo de los valores precipitados hasta el momento. Tomando como base dicho valor, se considera que resta por precipitar un 40% más de volumen.

Paso 4 - A partir de lo anterior, se determinan para la hora del máximo (se va actualizando hora a hora) los volúmenes de precipitación finales de cada estación y utilizando el nivel antecedente mencionado en el punto 1, se aplica la función estadística ajustada obteniéndose el nivel máximo a alcanzar por el río Cuareim. Este nivel máximo se actualiza cada vez que se identifica un nuevo máximo en el hietograma.

De acuerdo a esta metodología, sería posible identificar hora a hora el nivel máximo a alcanzar por el río y por lo tanto inferir si existirá o no desmadre del río y/o evacuados.

Los errores asociados al pronóstico de niveles utilizando esta metodología provienen, en primer término, del ajuste de la función estadística y, por otra parte, del error correspondiente por suponer que en el momento del pico del hietograma se acumula el 60% del volumen total a precipitar. Vistos estos elementos, se considera apropiado incorporar un segundo cálculo que permita ajustar mejor el nivel máximo a alcanzar, una vez precipitado la casi totalidad del volumen para el evento considerado. Esto consiste en considerar 5 horas consecutivas de precipitación media menor que 1 mm, con lo que se supone que el evento ha terminado o ha ocurrido en casi su totalidad. Esto habilita a aplicar la función de pronóstico para dichos volúmenes de precipitación considerándolos como totales de la tormenta y en consecuencia obtener una mejor aproximación del valor máximo de nivel a alcanzar por el río, pero esta mejor aproximación se obtiene en detrimento algunas horas después.

Este pronóstico fue testeado y resultó que en 9 de cada 10 casos se pronostica en forma acertada si habrá o no desmadre y si habrá o no evacuados del río con una antelación de 12 horas como mínimo. En las Figura 7.1.2 y Figura 7.1.3 se muestran los tiempos de antelación máximos para los eventos con acierto en el caso de desmadre y de evacuación respectivamente. Además, se pronostica en forma acertada también en 9 de cada 10 casos el nivel máximo a alcanzar por el Cuareim con 20 horas de antelación como mínimo y con un error inferior a 1,5 m.

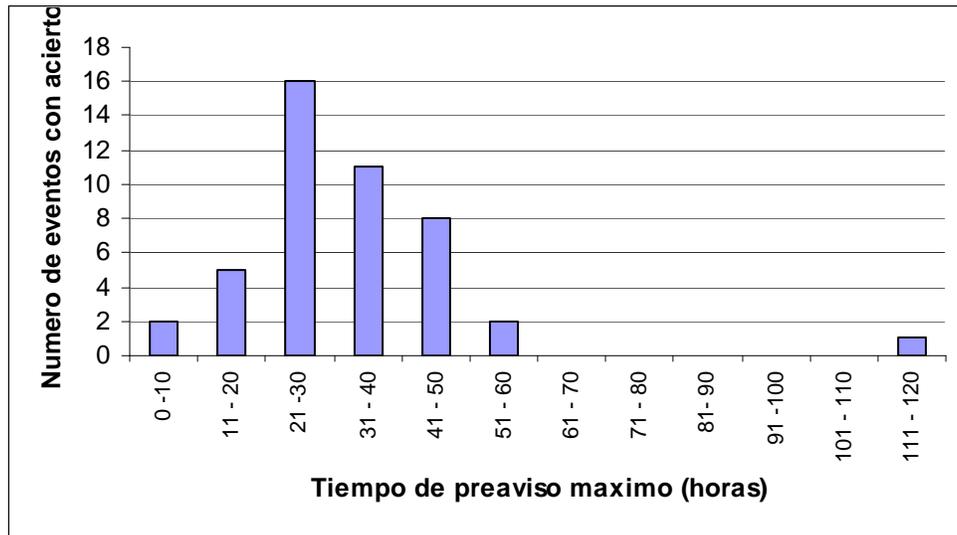


Figura 7.1.2. Tiempo de preaviso máximo en el caso de acierto de desmadre: 42 de 45 aciertos se dan con un preaviso mínimo de 12 horas.

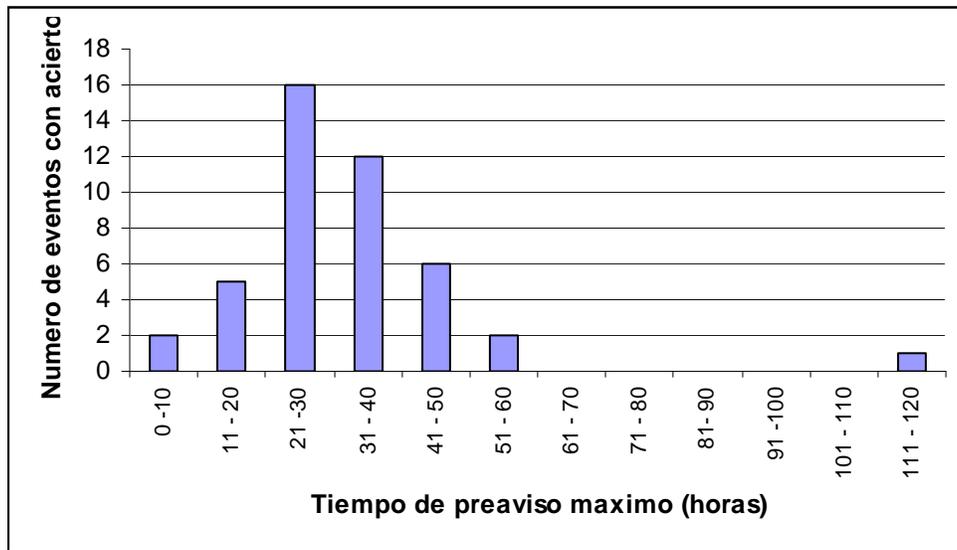


Figura 7.1.3. Tiempo de preaviso máximo en el caso de acierto de evacuados: 41 de 44 aciertos se dan con un preaviso mínimo 12 horas.

Como propuesta de operación del pronóstico y a los efectos de establecer una operativa sencilla y suficientemente rígida para evitar la introducción de errores por parte de los operadores se programó la herramienta de pronóstico en ambiente Excel (Macro), quedando a la vista del operador solamente las celdas de ingreso de información y las celdas de respuesta del programa calculadas en forma automática. En la Figura 7.1.4 se presenta una captura de pantalla de la herramienta de pronóstico en la que se observa como ejemplo un nivel pronosticado con ingreso de datos que implica inundación – desmadre y, luego del ingreso de datos correspondientes a 5 horas consecutivas de lluvias <1mm, un pronóstico más ajustado del nivel máximo obtenido (en este ejemplo 6,97), lo cual confirmaría en este caso el pronóstico inicial de inundación-desmadre.



Figura 7.1.4. Captura de pantalla de la herramienta de pronóstico de inundación para la ciudad de Artigas

7.2 SEGUNDA METODOLOGÍA DE PRONÓSTICO UTILIZANDO EL MODELO HIDROLÓGICO SAC-SMA (ANEXO M)

Como segunda metodología de pronóstico se implementó el modelo hidrológico SAC-SMA (Sacramento-Soil Moisture Account) y se estudió la posibilidad de utilizar los datos de los pluviógrafos y limnógrafo disponibles en tiempo real para la implementación de un sistema de alerta contra inundaciones en las ciudades de Artigas y Quaraí. El modelo SAC-SMA es un modelo hidrológico conceptual que trabaja en forma continua llevando en cuenta las variaciones de la humedad de suelo. Fueron utilizados los pluviógrafos Artigas (código 1600) y Catalán Grande (código 2800) operados por la CTM de paso horario y de tiempo real y el limnógrafo Artigas (código 1603). El pluviógrafo Sarandí de Arapey (código 2900) si bien tiene influencia en la cuenca no es posible disponer de sus datos en tiempo real ya que dentro de la red telemétrica de Salto Grande reporta a otra repetidora.

Fueron escogidas 7 tormentas y crecidas. La metodología empleada consistió en estimar un hidrograma unitario a partir de los hidrogramas y precipitaciones medidos. Luego fue implementado un modelo completo en el que son determinadas las precipitaciones efectivas mediante el modelo SCA-SMA para luego ser convertidas en caudal mediante el hidrograma unitario antes hallado. Fueron ajustados los parámetros del modelo en forma visual de manera de reproducir lo mejor posible los picos de caudal medidos.

Como resultado se vio que con los datos existentes no resulta posible mejorar con la implementación del modelo hidrológico el sistema de alerta preliminar desarrollado con un análisis estadístico en el punto 7.1. Esto se debe a que la red pluviométrica existente resulta insuficiente para modelar satisfactoriamente todas las tormentas en la cuenca (Figura 7.2.1).

Por lo tanto, si se quisiera implementar un sistema de alerta en tiempo real mediante la modelación p-q será necesaria la instalación de nuevos pluviógrafos, que deberían estar ubicados fundamentalmente en la cuenca brasilera, propuesta que ha sido desarrollada en el punto 3.2.

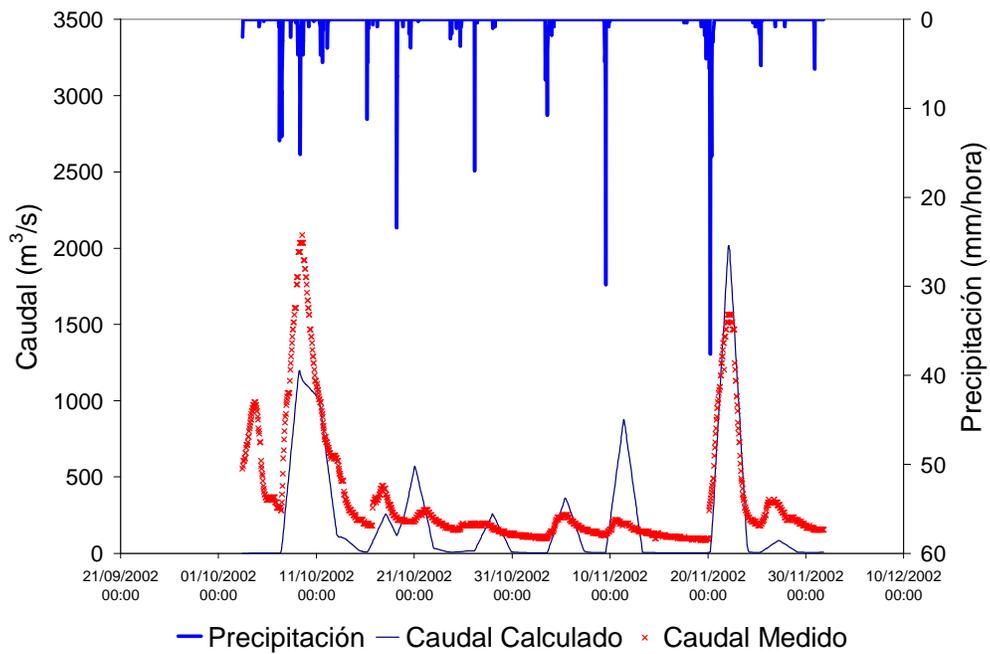
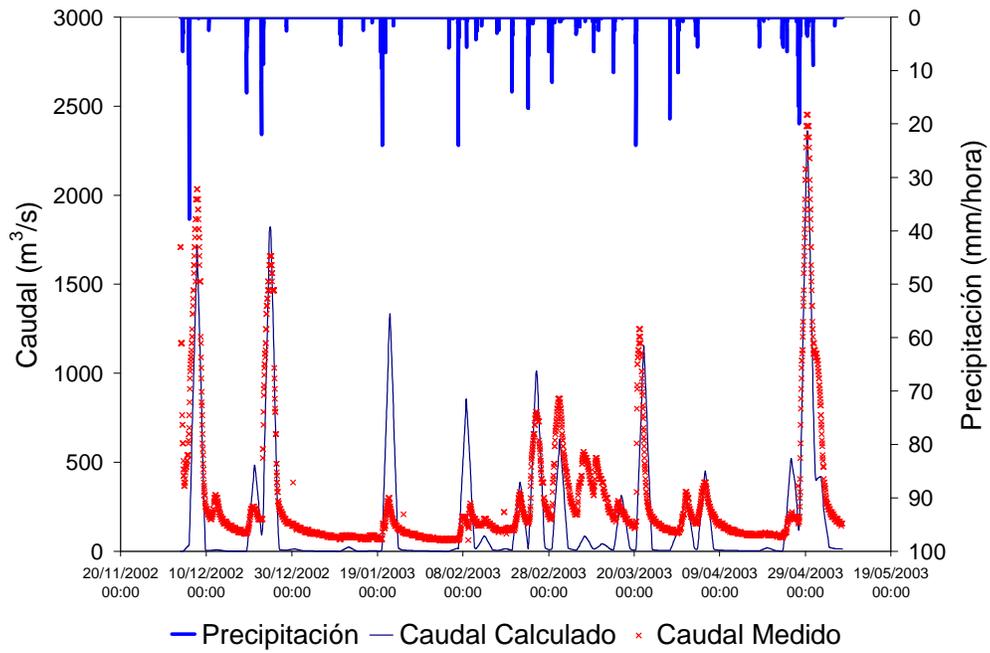


Figura 7.2.1. Ejemplo del resultado obtenido al calibrar el modelo SAC-SMA –se presenta dos de los siete eventos considerados

7.3 PREVISIÓN DE PRECIPITACIONES CON EL USO DEL MODELO ETA DEL CPTEC (CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS) (ANEXO N)

Fue realizado un análisis de calidad de estimación de precipitaciones utilizando el modelo ETA-CPTEC, analizando su grado de acierto en relación a precipitaciones observadas en la cuenca del río Cuareim en relación con el tiempo de antecendencia de la previsión; dicha datos serían utilizados como ingreso a modelo para la obtención de una previsión de niveles confiables y con un tiempo de antecendencia compatible con las necesidades de los organismos de defensa civil.

La correlación existente entre el valor de previsión de lluvia y el valor observado en cada estación pluviométrica y para cada día de antecendencia mostró un pico de correlación máxima en el cuarto día en los puestos uruguayos. En las estaciones pluviométricas brasileñas no fue posible identificar una tendencia o padrón de comportamiento. Hubo altos porcentajes de acierto para previsión de lluvia nula, y valores bajos para la previsión de lluvia no nula. Los errores medios diarios entre precipitación prevista y observada para cada estación pluviométrica y para cada día de antecendencia de previsión se mostraron próximos a cero, pero con desviaciones estándar elevadas. El error medio para precipitación acumulada (definido como la diferencia entre los valores previstos y observados de los totales de lluvia diaria acumulada) mostró aumentar en función del aumento en día de antecendencia de previsión, resultando la mayor incertidumbre en las previsiones de mayor alcance, siendo los datos de hasta cuatro días de previsión los que muestran mayor confiabilidad.

Es posible que el comportamiento errático de previsiones de lluvia ocurra debido a una incapacidad del modelo para prever todos los mecanismos que controlan los procesos de generación de lluvias, a la escala estudiada. Probablemente, el modelo presenta dificultades para prever eventos de precipitación predominantemente convectiva. La calidad de previsión de lluvia acumulada se mostró más consistente una vez que fueron filtradas variaciones locales.

Por lo tanto, el uso de datos de previsión meteorológica de lluvia a partir del modelo ETA-CPTEC debe ser efectuado con cautela para la aplicación en modelos de previsión de niveles.

8. CARACTERIZACIÓN SOCIO-ECONÓMICA DE LA POBLACIÓN AFECTADA POR LAS INUNDACIONES EN LAS CIUDADES DE ARTIGAS Y QUARAÍ – IMPACTO DE LAS INUNDACIONES Y SISTEMA DE EMERGENCIA

8.1 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA POBLACIÓN EN ZONA INUNDABLE (ANEXO O)

Artigas y Quaraí son dos ciudades diferentes por su cantidad de población (42.000 habitantes en la primera, y 25.000 en la segunda), por su calidad política frente a su país (una es capital de departamento, mientras la otra es secundaria dentro del Estado de Río Grande), pero comparten una misma problemática frente al comportamiento del río Cuareim en las épocas de lluvia, que afecta a sus respectivas poblaciones en forma similar, aunque no en cantidades similares, 10.000 habitantes en Artigas y 1.200 en Quaraí.

Para lograr caracterizar la población inundable se siguió la siguiente metodología:

- Se relevó la información secundaria de los censos de población y agropecuarios, e informes técnicos de los últimos 5 años
- Se aplicó una encuesta por muestreo a la zona inundable de ambas márgenes del río, considerando dicha zona como aquellas manzanas que fueron cubiertas total o parcialmente durante la inundación mayor registrada últimamente: la de setiembre de 2001, que fue asemejable a la crecida de 1959. Diseñada la zona, se aplicaron encuestas por muestreo sistemático con el criterio de entrevistar una cada cuatro casas de la manzana recorrido.

Las familias tienen 4 integrantes en promedio, con 35% de menores de 14 años en Artigas y 26% en Quaraí, con un tercio o más de la población adulta que alcanza sólo niveles primarios de educación y bajos porcentajes de educación secundaria.

Tanto en Artigas como en Quaraí trabaja la mitad o menos de la población en condiciones de trabajar, lo que equivale a poco más de un cuarto del total de población de la zona. Destacan las actividades vinculadas al agro, al servicio doméstico y los públicos dedicados a la defensa. Quienes tienen algún ingreso no superan la mitad de la población, y los tipos de trabajo son rotativos en ciclos de 5 años en su gran mayoría. Más del 80% no supera los \$ 4.000 de ingresos, que equivalen aproximadamente a dos salarios mínimos nacionales, y se corresponde con los límites de la línea de pobreza.

El 60% de las viviendas en Artigas y Quaraí se encuentra en estado malo o regular, incorporando en esta evaluación tanto los materiales de construcción como el estado de conservación de los mismos. En cuanto a servicios a la vivienda, en esta zona el 93,5% en Artigas y 96,4% en Quaraí de las familias cuentan con conexión de luz eléctrica en su vivienda. El 90% en Artigas y el 95,7% en Quaraí de las familias encuestadas en la

zona inundable cuenta con agua potable en su vivienda. El 38% en Artigas y el 32% en Quaraí cuenta con conexión de teléfono.

8.1.1 Caracterización de la población que vive en la zona inundable

8.1.1.1 Caracterización de la población en la zona inundable de Artigas

Las crecidas en la ciudad de Artigas son un problema agregado a una situación del departamento que ya lo ubica en bajos niveles de desarrollo humano (que está ligado al nivel educativo y a la experiencia laboral) respecto al resto del país. Las inundaciones afectan seriamente el ciclo escolar del 40% de la población que vive en la zona.

Analizando la movilidad en la planicie inundable, constatamos que un 35% de la población no vivía antes en esta zona de peligro, y se ha instalado principalmente en la zona de la Zanja Caballero, mientras que la mitad de quienes se establecieron en el suroeste de la ciudad tampoco vivían antes en zonas inundables (Figura 8.1.1.1.1). Los flujos de asentamiento en estas zonas se detectan por un lado, en fechas con 20 o más años de antigüedad, o en períodos más recientes, en los últimos 5 años. Este dato se confirma en la cantidad de veces que dicen haber sido evacuadas las familias.

La situación de hacinamiento no es generalizado (25%), y en culturas de escasos recursos no son motivos impulsores de cambio en la vivienda. La relación económica con el río tampoco aparece como un factor de pertenencia en la encuesta analizada, y la afectación de las inundaciones sobre la pérdida de días de trabajo incide en el ingreso pero no se detectan dificultades a nivel de la estabilidad laboral. Un 25% manifiesta recuperar sus pérdidas económicas durante la inundación.

Por otra parte, más de la mitad de la población responde que las inundaciones no son motivo de enfermedad para su familia, por lo que no incide en sus condiciones de vida.

Una de las principales conclusiones es que la gente permanece en el lugar por el arraigo generado: en la propiedad de la vivienda (más del 60% es propietario), único bien valioso que poseen, y que mantienen en condiciones relativamente beneficiosas por los bajos costos de los servicios en esa zona; en la solidaridad de los vecinos que se fortalece ante los peligros de la naturaleza; y en la falta de alternativas para vivir en iguales o mejores condiciones con similares costos fijos. También es notorio que existe cierta organización para el cuidado de los bienes, y en algunos casos prevención de roturas o pérdidas que logran en base a su experiencia luego de varias evacuaciones.

Existe una inseguridad creciente frente a los robos en la evacuación, los que forman parte de sus reclamos actuales.

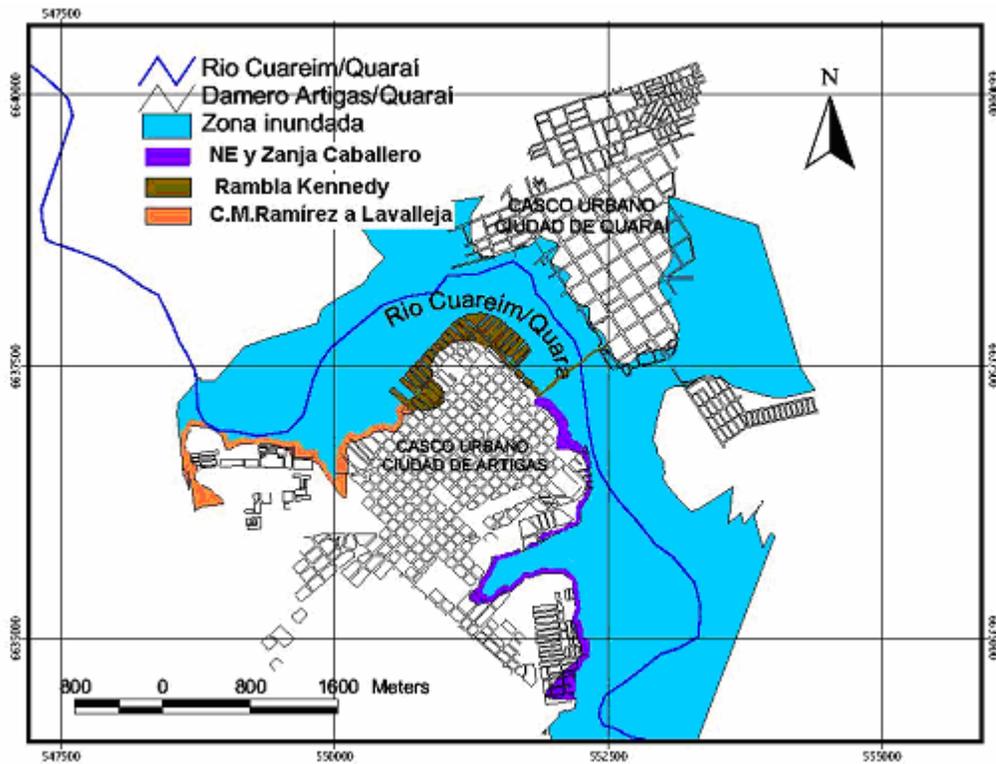


Figura 8.1.1.1.1: Zonificación de la zona inundable de Artigas para la caracterización socio-económica

8.1.1.2 Caracterización de la población en la zona inundable de Quaraí

El 33% de las familias manifiesta que en los períodos de evacuación sus niños y jóvenes dejan de estudiar. Un 34% de la población no vivía anteriormente en la zona de inundación.

Para evaluar el arraigo local de los pobladores de la zona inundable, se analizó la situación de tenencia. Un 85,5% es propietario o sucesor de la misma. El sistema de Brasil de distribución de terrenos municipales ha sido regularizado mediante el IPTU (impuesto a la vivienda).

Los resultados muestran que un 25% de los encuestados presentan algún tipo o grado de hacinamiento, si sumamos las viviendas de uno y dos dormitorios.

En cuanto a la salud, más de la mitad entienden que la situación de inundación no les afecta sustancialmente.

Los motivos que se priorizan para continuar viviendo en la zona inundable, se refieren principalmente a que no tienen otras opciones de vivienda (38,4%), y a que económicamente el cambio les resulta muy difícil.

En Quaraí comparando con Artigas son menos los que acuden a los refugios y su modalidad es mudar sus pertenencias a una carpa que arman en la calle, cerca de sus viviendas, y se van corriendo según el agua les permita.

8.1.2 Afectación de la Actividad Económica en Artigas y Quaraí

8.1.2.1 El impacto económico a nivel familiar

En Artigas en el 45% de los casos la inundación afecta la situación laboral, haciendo perder trabajo e ingresos a los habitantes. Los trabajadores que no son empleados desarrollan actividades por cuenta propia, muchas de ellas informales. Esta población alcanza al 15% de los encuestados, y en su gran mayoría pierde las posibilidades de continuar realizándolas, y no sólo porque algunas están vinculadas al río, sino también porque no pueden trasladar sus herramientas o la lluvia limita la actividad que realizan (por ejemplo en la construcción).

Desde el punto de vista de las ventajas económicas de vivir en la zona inundable, por las disposiciones municipales establecidas en Artigas, los servicios de luz y agua no se pagan, y tampoco la contribución inmobiliaria, muy valioso para las familias de escasos recursos.

Entre costos de bienes y arreglos, la media en Artigas –aunque con bajo nivel de respuesta- indica que a cada familia una inundación le cuesta alrededor de 11.500 pesos uruguayos (aproximadamente 460 dólares). Pero esto es reconocido por menos de la mitad de la población encuestada, por que da cuenta de la falta de conciencia sobre este punto, o de un alto grado de resignación a la situación que les toca vivir, frente a otras “ventajas comparativas” económicas de la zona.

El 27% de los encuestados en Artigas admite la posibilidad de vender la vivienda y el precio que le estiman es en promedio de tres mil quinientos dólares según el cambio actual. Del resto de los encuestados, un tercio no vendería su vivienda y un 40% no se atreve a estimarle el precio a la vivienda.

En Quaraí un 50% de trabajadores empleados manifiesta perder días de trabajo cuando le toca vivir una inundación. En el caso de los trabajadores por cuenta propia asciende al 35% quienes evalúan tener pérdidas de consideración en los períodos de inundación.

Por otro lado en Quaraí, un 19% dice no perder bienes, porque los traslada en su totalidad o porque es muy marginal la afectación de la inundación. En segundo lugar, un

63% indica que compra lo que perdió, en la medida de sus posibilidades. Un grupo pequeño del orden del 11% recurre a las donaciones, y un 4% manifiesta no tener oportunidad de recuperarlos. La gran mayoría tiene lo imprescindible para la familia y otras cuentan con equipamientos muy completos. La estructura de recursos puede asociarse a que son familias con menos número de integrantes en promedio que las de Artigas, y con mayor edad promedio, por lo que pueden contribuir mejor al equipamiento de la vivienda.

El 56% de los encuestados en Quaraí venderían la vivienda si tuvieran oportunidad. El 86% de quienes avalúan su vivienda la estiman por debajo de los cuatro mil dólares según el tipo de cambio actual.

8.1.2.2 El impacto económico a nivel de las actividades económicas urbanas

En la zona inundable de Artigas y Quaraí se relevaron todas las actividades económicas existentes y a partir de allí se realizó una muestra representativa de todas ellas, con proporcionalidad a su participación en el conjunto.

Las actividades económicas detectadas en la zona inundable de Artigas son microempresas de rubros comerciales o pequeñas industrias, con baja antigüedad en su gran mayoría. Seguramente soluciones de autoempleo ante la falta de trabajo. Sin embargo, parecen tener muy bien organizado el traslado y/o cuidado de sus mercaderías frente a la inundación, y son un riesgo importante para un bajo porcentaje de ellos, ya que las pérdidas que estiman son muy bajas. Sus pérdidas en las inundaciones son similares a las de una vivienda, del orden de los 10.000 pesos uruguayos (aproximadamente 400 dólares). Aceptarían mudarse de la zona alrededor del 75% de los microempresarios si tuvieran acceso a una inversión promedio de 5.000 dólares.

En Quaraí aparecen con mayor frecuencia los pequeños talleres, vinculados a la actividad automotriz o eléctrica. En segundo lugar prima la actividad comercial, y le siguen servicios de reciclaje o personales. La gran mayoría de los empresarios durante la inundación (70%) traslada todas sus pertenencias a otro lugar para protegerlas del agua. Esta actitud se vincula con el tipo de empresa y rubro en que se desempeña el empresario, ya que por ejemplo en los talleres automotrices no es posible trasladar una serie de maquinarias instaladas. Es nula la recurrencia al Comité de Emergencias en caso de evacuación. Sólo un caso recibió ayuda en alimentos. Se considera que los microempresarios no necesitan esta ayuda, aunque en realidad no son personas con grandes recursos. El 43% insisten en la celeridad del aviso para poder preparar sus pertenencias. Un 22% entiende que el aviso que reciben es suficiente, y en algún caso indican que no lo necesitan. En cuanto al traslado, la mitad reclama camiones y organización y más de la mitad reclama vigilancia para el cuidado de los bienes por temor a los robos.

Las respuestas en cuanto a los motivos que tienen para mantenerse trabajando en la zona inundable en Quaraí, se agruparon por prioridades, y se encontró que la mitad vive en su lugar de trabajo, y expresan no tener recursos para conseguir otro local y/o otra

vivienda. En segundo lugar, los motivos se refieren a los aspectos comerciales: el movimiento económico de la zona y su preferencia por ese lugar en la ciudad, sumado a pocas alternativas de conseguir otro local en otros barrios, y a las limitaciones económicas para mudarse, concluyen que son razones suficientes para mantenerse allí a pesar del peligro de inundación.

Se encontró que la propensión a mudarse en Quaraí de la zona de inundación es positiva en la mayoría de los encuestados (56,5%). Los motivos por los cuales no se mudan responden principalmente a situaciones de propiedad del bien o de oportunidad de la ubicación del comercio. En Quaraí el 60% expresa haber perdido hasta 5.000 reales (aproximadamente 200 dólares americanos), y un 20% no ha perdido bienes.

En Quaraí, el 50% de los encuestados estimó un valor de la inversión de su actividad económica, la cual se ubica en la mayoría de los casos en 8.000 dólares americanos, aunque uno de ellos llegó a estimarla en 60.000 dólares americanos.

8.1.2.3 El impacto económico a nivel de las actividades económicas rurales

Para la información sobre las zonas rurales se utilizó el Censo General Agropecuario de Uruguay, se realizaron entrevistas en profundidad a cuatro productores integrantes de la Junta Nacional de Riego, y se consultó a informantes calificados de la ciudad de Artigas sobre sus zonas rurales. En Quaraí se relevó información secundaria y se recogieron opiniones de la zona de miembros de la Prefectura de Quaraí.

En Artigas en términos generales se relevó que las pérdidas por inundaciones no exceden a las previsiones que todo agricultor o ganadero estima como pérdidas posibles ante los factores climáticos. Se reciben también comentarios acerca del problema de la sequía en Artigas, y se considera que las pérdidas que genera son iguales o mayores a los problemas generados por las inundaciones.

Si bien no se realizaron encuestas a nivel rural en Brasil, el impacto de las inundaciones se puede estimar en la evaluación de daños que surge del informe proporcionado por la Prefectura de Quaraí, que evalúa daños en agricultura (cereales, granos) por valor de 9.000 toneladas de producción, que corresponden ese año (septiembre 2001) a 2,9 millones de reales.

8.2 DIAGNÓSTICO DEL PLAN DE EMERGENCIA EXISTENTE EN ARTIGAS Y QUARAÍ (ANEXO O)

8.2.1 La estrategia frente al peligro de inundación de los damnificados

Los resultados de la encuesta muestran que la decisión en Artigas de cuándo y cómo salir es difícil de tomar. El agua los obliga, pero un grupo importante se queda hasta el último momento (22%), cuidando sus cosas algunos, arreglando la mudanza otros, o

esperando el turno del camión, siempre con la esperanza de que “el agua no llegue”. Es preferente la actitud de dejar a alguien cuidando la casa, generalmente al jefe de familia. El 78% traslada todos sus bienes.

El 75% de los encuestados dice no recibir aviso de cuando esta subiendo el río. El 90% indica que no le avisan con tiempo suficiente para organizar su mudanza. El desbordamiento del año 2001 ha dejado en la memoria colectiva la insuficiencia de recursos, y la necesidad de mejorar sustancialmente el sistema de atención.

En Quaraí más del 20% espera hasta último momento para irse. Respecto de la vivienda, más de la mitad la abandona, pero es muy alto el porcentaje de vecinos que traslada todo lo que tiene. Un 84% se lleva todo, mientras solo un 3% los deja acomodados.

El 84% de la población encuestada en Quaraí dice no recibir aviso de la creciente y el 90% de los vecinos percibe que no le avisan sobre la creciente del río con tiempo suficiente para prepararse. Este porcentaje es similar en Artigas, donde es mayor la gente que admite recibir aviso cuando crece el río. La comparación permite inferir que por más que se avise con tiempo, la actitud de resistencia de unos cuantos no permite planificar demasiado, y por otro lado el tiempo en una emergencia siempre es corto, los factores psicológicos de apuro, estrés, y desesperación son los que prevalecen.

En conclusión, según las encuestas realizadas, la percepción de la población que sufre inundaciones no se identifica con la existencia de un sistema organizado de gestión de la emergencia durante las crecidas.

8.2.2 La estrategia frente al peligro de inundación de las instituciones participantes del Sistema Nacional de Emergencia

A nivel de las organizaciones locales, la modalidad de ayuda ante la emergencia es la de asistencia, protección y distribución de recursos materiales durante la evacuación y ante la pérdida de bienes. Se perciben tendencias de modificar la relación asistente – asistido para proponer mayores niveles de participación de los evacuados en la organización de los recursos para su subsistencia durante la evacuación. Esta nueva tendencia podría aplicarse a la resolución general del problema, planificando conjuntamente con la población damnificada medidas de mediano plazo.

De las entrevistas realizadas a integrantes o ex-integrantes del Sistema Nacional de Emergencia, se presenta una síntesis de fortalezas y debilidades del sistema de respuesta en Artigas en la Tabla 8.2.2.1.

Fortalezas	Debilidades
<ol style="list-style-type: none"> 1. La experiencia de muchas inundaciones en el año y durante muchos años, ha hecho que el CDE funcione como equipo, acostumbrados a la situación y que cada vez actúe más rápido. Se ha constituido como grupo. 2. La experiencia de algunas personas y el conocimiento del río ha sustituido a la planificación, y es lo que indica el momento de comenzar la evacuación; recientemente se está tomando conciencia de la importancia de estandarizarlo y planificarlo. 3. El proyecto Manos Solidarias (IDHU – ACJ) y el Sistema Nacional de Emergencias colaboraron para empezar a registrar y sistematizar los datos de las inundaciones anteriores, número de familias, etc., y facilitar estos datos para planificar las próximas emergencias. 4. Ante el desborde de recursos de la inundación del 2001 se generó una experiencia de participación de organizaciones y vecinos que brindaron mucho apoyo. Cómo actuar en las inundaciones debe ser una propuesta planificada que se analice entre todos. 5. Incorporar la capacitación es una gran mejora. Se hicieron dos encuentros, uno nacional y otro regional, con la colaboración de Manos Solidarias, donde se capacitó a jóvenes voluntarios para la tarea de educación y de aviso a la gente. Agrega recursos humanos a la situación de emergencia. 6. En la capacitación se reflexiona sobre lo que se ha hecho y lo que se puede hacer mejor, y conduce a trabajar mejor como equipo. 7. Fue notorio el apoyo del Comité Nacional y su respuesta inmediata. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de recursos para atender de forma más rápida (combustible, camiones). 2. Falta de stock de medicamentos en el hospital para emergencias, y no tener que recurrir a la farmacia por evitar epidemias entre los realojados en lugares mal aireados y con poca higiene. Así se dejó al hospital prácticamente sin medicación. 3. Faltan recursos de alojamiento: carpas, baños, terrenos previstos para instalarlos más cerca de la ciudad. 4. Debilidades del CDE: falta de planificación y previsión. Poco participativo con otras instituciones que apoyan mucho en la emergencia. 5. Preparar a la gente para la evacuación, para saber cómo manejarse y organizarse entre vecinos, para que la situación no sea tan dramática y la evacuación sea más organizada. 6. Participación de los damnificados en las actividades del refugio, en la elaboración y distribución de alimentos, en la organización de los recursos, en la comunicación entre la gente. 7. El Sistema Nacional de Emergencias en este momento no tiene presupuesto para trabajar.

Tabla 8.2.2.1- Fortalezas y Debilidades del Sistema de Emergencia en Artigas

A continuación se presenta una síntesis de fortalezas y debilidades del sistema de respuesta en Quaraí en la Tabla 8.2.2.2.

Fortalezas	Debilidades
<ol style="list-style-type: none"> 1. La Comisión de Defensa Civil tiene una amplia base institucional, y un sistema organizado de participación para la atención de las emergencias. 2. El Departamento de Desarrollo Ambiental ya tiene un Plan presentado para la limpieza de la Zanja da Divisa, con su presupuesto formulado. Estiman que estas acciones tendrán incidencia sobre las futuras crecidas. 3. Es significativa la solidaridad entre vecinos para ayudarse durante la inundación. 4. Las propuestas de realojo incluyen seguimiento social para constituir nuevos barrios dentro de la ciudad evitando conflictos de integración. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quaraí depende del Estado de Río Grande, y es una ciudad pequeña dentro del mismo. 2. La Comisión de Vivienda no tiene fondos propios, es honoraria. 3. Ahora hay 470 familias inscriptas para un plan de viviendas que atenderá a 50. Los planes implementados son insuficientes para la demanda. 4. La ley de vivienda debe reformularse para mejorar la administración de este beneficio por parte del Estado, priorizando la administración antes que los intereses políticos.

Tabla 8.2.2.2.- Fortalezas y Debilidades del Sistema de Emergencia en Quaraí

8.2.3 Experiencia de realojo en Artigas y Quaraí

El suelo vacante de la ciudad de Artigas fundamentalmente se encuentra hacia el sur de la ciudad, manifestándose en toda la mancha urbana una muy baja ocupación del suelo con una gran proporción de suelo disponible.

Las experiencias de realojo realizadas hasta el momento en el casco urbano de Artigas involucro a 40 familias, a las que se les construyó una nueva vivienda, las que a su vez se vieron inundadas en el 2001. Recientemente también se adjudicaron núcleos básicos evolutivos del SIAV. Pero numéricamente los realojos son totalmente insuficientes respecto de las familias que sufren las inundaciones varias veces por año.

En Quaraí el programa “Vivir mejor” financiado por la Caixa Econômica Federal financia realojos a las familias de la zona inundable. En este momento hay 470 anotados para un plan de 50 familias. Por tanto la propuesta es totalmente insuficiente para las necesidades de vivienda de la ciudad. No existe el sistema de construcción de ayuda mutua ni cooperativas de vivienda. También se integra al proyecto el compromiso de destruir la casa actual cuando se recibe la nueva, para que no se instalen en la zona nuevas familias.

8.2.4 Recomendaciones para mejorar la situación ante las crecidas de la población de la zona inundable

Una primera posibilidad es generar el intercambio de metodologías en cuanto a la atención de la emergencia y la evaluación de daños. Los componentes de capacitación son reconocidos como válidos tanto para los damnificados como para los integrantes del Comité de Emergencias, pero podemos notar la ausencia del análisis de los factores psicológicos y su incidencia en la planificación de la emergencia.

La segunda es lograr un método urbano viable y legalizado de reducción del peligro de inundación, ya sea con estudios de tipologías de vivienda para esa zona, con planes de realojo sin consecuencias de desintegración social, y de nuevos destinos para las márgenes del río, así como nuevos usos ambientales en las zanjas, realidad compartida por ambas ciudades.

Acuerdos macro políticos (a nivel de países y estados o departamentos) de protección ambiental del Río luego de su limpieza serán imprescindibles para que las soluciones planteadas sean sostenibles en el tiempo.

Ambas ciudades necesitan de políticas de vivienda social y en el caso de Brasil se reclaman leyes que mejoren su administración. No existen experiencias de viviendas con sistema de ayuda mutua en ninguna de las dos ciudades, y ésta podría ser una modalidad positiva para compensar el desarraigo psicológico por un lado, fortaleciendo vínculos entre los nuevos vecinos y abaratar la construcción por otro, mejorando el impacto de los recursos escasos de ambas administraciones, y con una relación costo-beneficio positiva tanto desde el punto de vista económico como social.

En definitiva, el acercamiento y el intercambio entre gobiernos y población, entre damnificados, sistema de emergencia y organizaciones sociales, entre las administraciones locales de ambas ciudades, es el primer paso para potenciar los recursos locales y multiplicar los efectos positivos, hasta ahora bastante aislados, de la atención de la emergencia que imponen las inundaciones del Río Cuareim.

9. EDUCACIÓN, CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO

En el marco de este proyecto se propuso la realización de actividades de educación, capacitación y entrenamiento relacionadas a las crecidas del río Cuareim.

9.1 ACTIVIDADES DE EDUCACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN A LOS NIÑOS DE LAS ESCUELAS AFECTADAS POR LAS CRECIDAS EN LA CIUDAD DE ARTIGAS (ANEXO P)

Se trabajó con cuarto año de las escuelas número 8, 43, 54, 56, 68, 73, 79, 83, Jardín de Infantes número 72, y escuela especial número 71. El cuerpo docente relevó el número de familias afectadas por las crecidas del río Cuareim. Se realizó una encuesta a las familias de los escolares sobre posibles datos a incluir en una cartilla de difusión de información respecto al tema de las inundaciones. Asimismo se realizaron charlas por parte de médicos y asistentes sociales para los familiares de los alumnos involucrados como forma de recabar mayor información para la cartilla. A partir de toda la información recabada, se seleccionaron por parte de los Directores, el modelo de cartilla única “Cuando el río golpea nuestras puertas” para las 11 escuelas vinculadas al Proyecto. Se realizó la impresión de 5.000 ejemplares y se distribuyó la misma entre los estudiantes, docentes e instituciones. Además, se realizó la pintura de un mural en el local de la Escuela No. 68 relativo a la temática y actividades desarrolladas en el proyecto.

9.2 JORNADA DE EDUCACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN A TRAVÉS DE LA LIMPIEZA DE LAS MÁRGENES DEL RÍO CUAREIM: “LIMPIEMOS SUS ORILLAS” (ANEXO Q)

Se realizaron dos jornadas de trabajo, una en el 2003 y otra en el 2004, denominadas “Limpiemos sus orillas”, para concientizar a la sociedad civil de la ciudad de Artigas de la importancia de la preservación y uso racional del recurso agua. Las mismas consistieron en la realización de equipos formados por estudiantes y ciudadanos, donde según la zona del río a la que pertenecían realizaron tareas de limpieza de la margen. Las jornadas se acompañaron de adhesivos, chalecos identificatorios, escarapelas, diplomas de participación y afiches. Se logró una importante participación de la población local, destacándose la presencia de menores de edad, bastante esperado dado que la difusión de la Jornada se realizó a través del trabajo especialmente con niños y jóvenes. Se cuenta con un video de 20 minutos donde claramente se refleja la preparación y realización de dichas jornadas.

9.3 PROYECTO DE EDUCACIÓN Y DE RECUPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA ZANJA CABALLERO (ANEXO R)

El objetivo de este trabajo fue el acondicionamiento de la Zanja Caballero de forma tal de dejarla limpia, ordenada, con márgenes sin erosión, y minimizando las fuentes de contaminación (la Zanja Caballero corre de Sur a Norte, a través de la ciudad de Artigas, con un recorrido total de 5 km, desembocando en el río Cuareim). Se buscó realizar el trabajo con toda la población de la cuenca, manteniéndola informada y concientizada de la necesidad de mantener la Zanja en condiciones adecuadas. El proyecto dejó un saldo de 5 escuelas participando con más de 500 alumnos, dos liceos con casi 100 estudiantes además de varios docentes, instituciones públicas, varias instituciones de servicio, comisiones vecinales, la prensa y la comunidad. A partir de la coordinación de esfuerzos de todos ellos, se consiguió la plantación de más de 1000 árboles en las márgenes de la Zanja, la realización de actividades de limpieza de residuos de las márgenes, limpieza y dragado del lecho del cauce y poda de árboles y arbustos. Además, se acordó el mantenimiento de las condiciones de limpieza y el riego de los árboles plantados por parte de los vecinos y la ONG Artigas 86. Por otra parte, se acordó realizar el seguimiento de calidad de agua de la zanja con el laboratorio de DINAMA de Rivera.

9.4 EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN: INCORPORACIÓN DE INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA REGIONAL EN EL ANÁLISIS DE SERIES LOCALES DE CAUDAL (ANEXO S)

Fue instituida una beca de maestría en el Programa de Post-Graduación en Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental del IPH, para un estudiante que está desarrollando su tesis de maestría sobre “Incorporación de información hidrometeorológica regional en el análisis de series locales de caudal”, en colaboración con la DNH y el IMFIA.

Este estudio incluyó:

- El ajuste de la distribución GEV a los datos de caudal medio diario máximo de la cuenca del río Cuareim para el período 1967-2002
- El ajuste de la distribución GEV no estacionaria, con variación de los parámetros de la distribución en función de la temperatura de superficie del océano (datos del período 1854-2002). Selección de la serie sst y test de significancia en relación al ajuste estacionario.
- Ajuste de la distribución GEV estacionaria y no-estacionaria a los datos de la cuenca del río Cuareim en el período 1967-1990. Comparación de los períodos de retorno de los caudales ocurridos en los años 1991 y 2001.

9.5 EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN: IMPACTO DE OBRAS ESTRUCTURALES SOBRE LAS ÁREAS INUNDABLES EN LA CUENCA DEL RÍO CUAREIM (ANEXO T)

En el curso de postgrado “Modelos Computacionales en Hidrología Superficial, Subterránea y flujo a superficie libre”, ofrecido por el IMFIA en la Maestría en Ingeniería-Mecánica de Fluidos Aplicada se está utilizando el río Cuareim para la realización de los trabajos prácticos. Este proyecto piloto ha puesto a disposición de los participantes del curso la información de la que dispone.

Los participantes primeramente implementaron, calibraron y validaron el modelo hidrodinámico en el tramo PINTADO-PASO del LEON. Posteriormente, han considerado cuatro temas de estudio alrededor de la modelación del río Cuareim:

- Análisis de la sensibilidad de utilizar como condición de borde aguas arriba una ley $H(t)$ o una ley $Q(t)$
- Estudio de la implementación de un represamiento en el río Cuareim, de manera de disminuir las áreas inundadas en la zona de producción arroceras hacia Paso del León.
- Estudio de la implementación de un dique lateral en el río Cuareim, de manera de disminuir las áreas inundadas en la zona de producción arroceras hacia Paso del León.
- Determinación de la profundización necesaria en un tramo del río Cuareim, de manera de disminuir las áreas inundadas en la zona de producción arroceras hacia Paso del León

El curso aún no ha finalizado, por lo que no se dispone todavía de los resultados finales de dichos trabajos.

9.6 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO: ANÁLISIS DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA LA ESTIMACIÓN Y PREDICCIÓN DE INUNDACIONES (ANEXO U)

Durante los meses de mayo a julio de 2005 se participó en el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), Madrid, España en tareas relacionadas a la modelación matemática de procesos de lluvia – escorrentía a partir de la estimación y predicción de precipitaciones así como su posible aplicación al caso de la Cuenca del Río Cuareim y sus principales ciudades afectadas ante eventos de crecidas: Artigas y Quaraí.

El software analizado es el denominado Entorno EDIMACHI, desarrollado en el Centro de Estudios Hidrográficos (CEH) del CEDEX. Este ha llevado a cabo diversas actividades relacionadas con los Sistemas Automáticos de Información Hidrológica (SAIH), entre las que destacan el desarrollo de diversas aplicaciones informáticas para la previsión de crecidas.

En diferentes casos de empleo de modelos hidrológicos, resulta recomendable contar con una organización de datos y aplicaciones que faciliten el empleo de los mismos, ordenando y clasificando la información, y permitiendo el empleo de múltiples herramientas especializadas en cada tipo de subproblema. Tal es el caso de la aplicación de modelos hidrológicos en la previsión de crecidas en tiempo real.

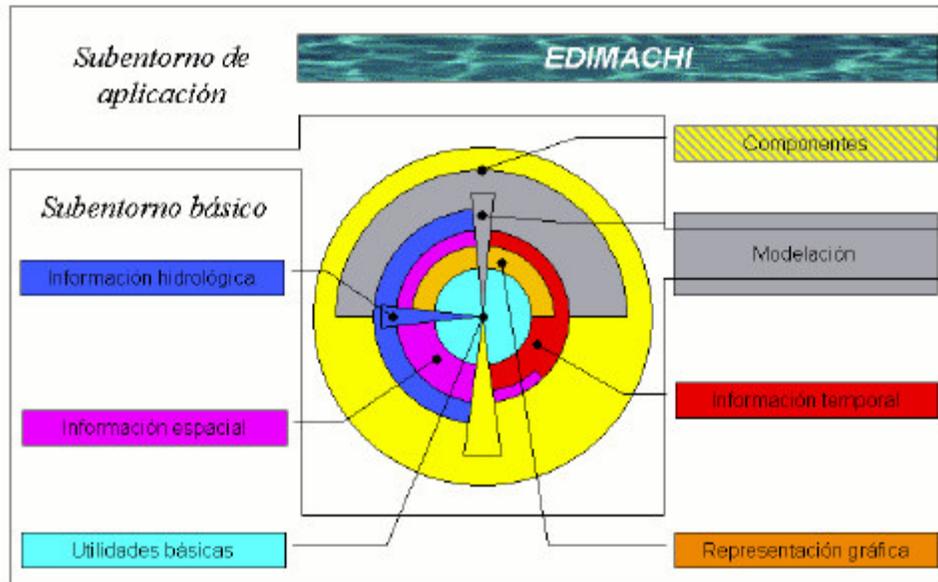


Figura 9.6.1- Esquema del entorno Edimachi

Del trabajo realizado se concluye que el entorno Edimachi es una herramienta que podría ser aplicada a nuestro caso condicionado a la necesidad de realizar una interfase para la recepción de los datos en el formato requerido por el software y a las posibilidades de contar con recursos humanos calificados. Aun siendo una herramienta simple concebida para su aplicación en tiempo real, es necesaria la participación de técnicos calificados con conocimientos en hidrología y meteorología para analizar y validar la información que se ingresa al programa y los resultados obtenidos.

9.7 PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO CUAREIM (MARGEN IZQUIERDA) CON FINES DE GESTIÓN DEL RECURSO AGUA

Se realizó un Plan de Monitoreo Ambiental de la Cuenca del río Cuareim (margen izquierda) con fines de gestión del recurso agua para completar estudios ambientales ya existentes en la margen derecha (CRH/RS, 1996), por lo que ahora se cuenta con un plan de monitoreo ambiental para toda la cuenca.

El trabajo ha permitido lograr un enfoque integral de los diferentes aspectos ambientales que deben ser considerados a la hora de gestionar una cuenca con las diversidades y complejidades que tiene la del río Cuareim, el cual puede pasar en pocos meses de sequías extremas a grandes inundaciones.

Las tareas llevadas a cabo han permitido recopilar una importante cantidad de información, involucrando a los diferentes actores (DNH, OSE, DINAMA, IMA, ONGs como Artigas '86, actores políticos, sociales y técnicos). Esto ha permitido concatenar una serie de esfuerzos que se venían realizando en las diferentes instituciones y generar un único documento que reúne la información disponible y la pone a disposición para continuar en una línea de optimizar esfuerzos a través del trabajo en común.

Esto se complementa con una revisión bibliográfica acerca de productos químicos de uso corriente en la cuenca para agricultura y baños de ganado, que generan la preocupación de los habitantes de la zona.

Por otra parte, se han realizado tareas de campo, análisis de calidad de aguas por parte de la Facultad de Ingeniería y DINAMA y visitas a diferentes puntos de interés, de modo de alimentar la visión técnica de gabinete con los imprescindibles datos de la realidad.

El fruto de este trabajo es un documento que fundamenta y presenta una propuesta de plan de monitoreo ambiental (12 puntos han sido seleccionados en la cuenca - margen izquierda). El documento incluye la forma de tomar las muestras de aguas y analizarlas (recipientes para muestras, su preparación y preservación; cómo hacer la colecta de agua; cómo organizar la campaña de muestreo; parámetros a analizar en cada punto seleccionado; frecuencia de los muestreos) y además información a relevar acerca de población, áreas cultivadas, cabezas de ganado en la cuenca, agroquímicos en uso y demás.

La puesta en práctica de este Plan permitirá retroalimentar y ajustar esta propuesta, dejándola operativa y permitiendo aplicar sus resultados a las instancias particularmente críticas en la cuenca de modo de minimizar impactos adversos durante sequías e inundaciones.

El informe final se encuentra en <http://www.crc.gub.uy/actividades.htm>

10. CONCLUSIONES

Mecanismos de gestión binacional coordinada

En la búsqueda de mecanismos de gestión binacional coordinada se identificaron las políticas públicas, legislación e instituciones relacionadas con la gestión de la cuenca del río Cuareim.

Se encuentran grandes similitudes en los marcos jurídicos de Uruguay y Brasil, fundamentalmente en cuanto a principios y objetivos perseguidos dentro de cada uno de ellos, mediante la gestión de los recursos hídricos y en cuanto al valor asignado al recurso y a su adecuado manejo.

También existen en cada país instituciones con competencia asignada y claramente delimitada, cuya función es procurar una adecuada gestión del recurso. Si bien las organizaciones internas de cada país difieren por tratarse de estados unitario (Uruguay) y federal (Brasil), nada impide que se establezcan los mecanismos de coordinación necesaria entre los respectivos organismos. En el marco de la cuenca del río Cuareim funcionan organismos bilaterales, con atribuciones definidas y representantes designados, que tienen la prerrogativa de compatibilizar los planes y acciones propuestos, para adecuarlos a las legislaciones vigentes y a las instituciones capaces de ejecutarlas. Lo anterior constituye un excelente punto de partida para armonizar la actuación de ambos países en la gestión de la cuenca compartida y para implementar dichas políticas y legislación, siempre que este fin se encuentre dentro de los intereses de cada Estado.

La faceta decisiva de la puesta en práctica de la legislación no ha sido suficientemente atendida o se ha subestimado su complejidad. Las dificultades en torno a una gestión integrada en la cuenca del río Cuareim no derivan de carencias legales o institucionales, sino de fallas en la implementación de los mecanismos previstos.

De los marcos referenciales, en base a los tratados y acuerdos vigentes, se fundamenta la propuesta resultado de este estudio de crear un instrumento institucional para la gestión coordinada binacional: la Agencia de Aguas para la cuenca del río Cuareim. Esta es una propuesta a ser puesta en consideración por autoridades de ambos países. El análisis realizado en este estudio ya ha sido recogido como input para el Proyecto "Programa para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata, relación con la Variabilidad y el Cambio Climático" que está financiado por el GEF, en el cual se ejecuta un proyecto demostrativo y piloto para la cuenca del río Cuareim.

Análisis de la disponibilidad hídrica de la cuenca considerando los otorgamientos de derechos de uso del recurso

Se realizó el análisis mensual de la disponibilidad hídrica considerando el otorgamiento de derechos de uso de agua en la cuenca. Se vio que en la mayoría de las subcuencas el cultivo de arroz está limitado por la disponibilidad de agua. Los volúmenes disponibles para riego por toma se encuentran afectados por la distribución del agua dentro del mes. Por lo tanto se ve la necesidad de realizar una modelación de paso diario para evaluar los volúmenes disponibles para riego. Para ello se buscaron y se obtuvieron fondos para realizar dichos estudios. Dichos estudios podrán ser realizados a través del proyecto "TWIN LATIN" (Twinning European and Latin-American River Basins for Research Enabling Sustainable Resources Management), financiado por la Comisión Europea a través del 6to Programa Marco de Investigación y Desarrollo.

Base de datos

Se recopiló información de organismos de ambos países (DNH, ANA) de las obras hidráulicas existentes en la cuenca para el aprovechamiento de los recursos hídricos y se complementó la información obtenida con el relevamiento de embalses (en lo que respecta a ubicación, área de espejos de agua y área de aporte al embalse) lo cual fue realizado con la ayuda de imágenes satelitales LANDSAT y un modelo numérico del terreno de la cuenca. De esta forma fue confeccionado un inventario preliminar de obras hidráulicas de la cuenca del río Cuareim.

Toda la información recopilada de la cuenca que incluye cartografía, información topográfica, imágenes satelitales, información meteorológica e hidrológica, información de áreas plantadas, catastro de embalses y tomas e información demográfica entre otras, permitió hacer los diferentes estudios del Proyecto en forma integrada.

Estudio ambiental de la cuenca con fines a la gestión del recurso hídrico

Fue realizado un Plan de Monitoreo Ambiental de la Cuenca del río Cuareim (margen izquierda) con fines de gestión del recurso agua, que completó los estudios ambientales ya existentes de la margen derecha del río Cuareim, obteniéndose así un plan de monitoreo ambiental para toda la cuenca.

Se generó un único documento con toda la información que poseen los distintos actores (DNH, OSE, DINAMA, IMA, ONGs como Artigas '86, actores políticos, sociales y técnicos). Esto se complementó con una revisión bibliográfica acerca de productos químicos de uso corriente en la cuenca para la agricultura y baños de ganado, que son preocupación de los habitantes de la zona. Se realizaron además tareas de campo que incluyeron análisis de calidad de aguas y visitas a diferentes puntos de interés, de modo de alimentar la visión técnica de gabinete con los imprescindibles datos de la realidad.

El fruto de este trabajo es un documento que fundamenta y presenta una propuesta de plan de monitoreo ambiental (12 puntos han sido seleccionados en la cuenca - margen

izquierda). El documento incluye la forma de tomar las muestras de aguas y analizarlas (recipientes para muestras, su preparación y preservación; cómo hacer la colecta de agua; cómo organizar la campaña de muestreo; parámetros a analizar en cada punto seleccionado; frecuencia de los muestreos) y además información a relevar acerca de población, áreas cultivadas, cabezas de ganado en la cuenca, agroquímicos en uso y demás.

Caracterización de las crecidas

Fueron caracterizadas las crecidas en la cuenca. La cuenca de aguas arriba de las ciudades de Artigas/Quaraí cuenta con características físicas que la transforman en una “cuenca rápida”, con un tiempo de concentración de 28 horas y con suelos de muy bajo espesor, aflorando frecuentemente el basalto. Se buscó identificar la forma de los hietogramas de tormentas encontrándose que son unimodales, pero no se pudo encontrar un hietograma “tipo” ya que hay una gran dispersión entre ellos.

El río Cuareim se desmadra cuando el nivel del río supera los 6,80 m (cero de la escala DNH 84.0) y cuando el nivel supera los 8,30 m comienzan las evacuaciones. La población afectada por las inundaciones es de 10.000 habitantes en Artigas y de 1.200 en Quaraí.

Se ajustaron los caudales extremos mediante la distribución GEV, de lo cual surge que el nivel correspondiente al comienzo de las evacuaciones de 8,30 m (cero de la escala DNH 84.0) tiene un período de retorno asociado menor a 2 años.

Zonificación urbana y rural

La modelación urbana tuvo como objetivo la calibración, validación y utilización de un modelo hidrodinámico del tramo urbano del río Cuareim, a los efectos de determinar diferentes zonas de riesgo de inundación en las ciudades de Artigas y Quaraí.

Como producto de este estudio se preparó una carpeta de 15 láminas, que ilustran la siguiente información: las distintas zonas de máxima inundación para los períodos de retorno 2-5-10-20-50 y 100 años sobre el amanzanamiento de Artigas/Quaraí; la zona de máxima inundación Artigas/Quaraí para cada período de retorno sobre el amanzanamiento por un lado y sobre la imagen satelital por el otro; un plano comparativo de la línea de máxima inundación relevada por el IMA correspondiente a la crecida de Junio de 2001 (de período de retorno estimado en 42 años) y la zona de máxima inundación correspondiente a período de retorno de 50 años; y plano comparativo de la línea de máxima inundación relevada por el IMA de Junio de 2001 respecto a la zona de máxima inundación determinada a partir de la simulación del mismo evento utilizando el modelo hidrodinámico implementado, lo cual muestra una muy buena aproximación a la realidad para el objetivo propuesto. Esta carpeta ha sido distribuida entre distintas autoridades, entre ellas la Intendencia Municipal de Artigas, el Sistema Nacional de Emergencia del Uruguay, y el Servicio Geográfico Militar de Uruguay.

Hubo dificultades para la realización de un mapa de inundación rural. Debido a falta de información no fue posible calibrar ni validar el modelo, por lo que los resultados obtenidos son preliminares. De dicho análisis se deduce que las crecidas de magnitud mayor a un período de retorno de 30 años podrían empezar a tener un impacto negativo en la producción rural.

Efecto de la profundización del lecho en las áreas de inundación

Durante la ejecución del proyecto, en distintos talleres y jornadas de trabajo con la población local surgieron inquietudes a las cuales se trato de dar una respuesta técnica. En particular se ha planteado reiteradamente la inquietud de si una profundización del cauce del río Cuareim podría tener un impacto positivo en las consecuencias de las crecidas de Artigas y Quaraí. De igual forma se planteaban inquietudes respecto al efecto que pudieran tener posibles medidas estructurales en las crecidas.

Se aplicó la herramienta de modelación hidrodinámica para evaluar cuál sería el impacto de una profundización del lecho del río Cuareim de 1 y 2 m sobre los niveles máximos de inundación, no obteniéndose prácticamente diferencia en las áreas afectadas. Asimismo, una profundización del lecho implicaría movimientos de tierra de tal magnitud que hacen que la opción sea económicamente inviable.

Para poder evacuar las inquietudes respecto al efecto de medidas estructurales en las crecidas, en el marco del curso de postgrado de la Maestría de Ingeniería-Mecánica de Fluidos Aplicada ofrecida por el IMFIA, se están evaluando diferentes alternativas. Todavía no se cuenta con resultados ya que los cursos no han finalizado.

Sistema de alerta preliminar

Actualmente las ciudades de Artigas y Quaraí no cuentan con ningún sistema de aviso de crecidas del río Cuareim, por el contrario las crecidas del río sorprenden a la población de las zonas más bajas debiendo realizarse evacuaciones durante la inundación. El presente estudio se realizó una primera aproximación al desarrollo e implementación de un Sistema de Alerta Preliminar (SAP) para la ciudad de Artigas, basado exclusivamente en herramientas estadísticas de la hidrología.

Como resultado del estudio se obtuvo una herramienta de pronóstico en ambiente Excel (Macro), con la cual se pronostica el nivel del río y consecuentemente si habría desmadre e inundados. El diseño de este sistema de predicción preliminar servirá de apoyo para un futuro plan de emergencia.

Para mejorar el sistema de alerta mencionado anteriormente y siendo la cuenca de respuesta rápida, se ve la necesidad de utilizar métodos de predicción de precipitaciones acoplados a métodos de predicción hidrológica para poder aumentar los tiempos de predicción.

Para ello fue realizado un análisis de calidad de estimación de precipitaciones utilizando el modelo ETA-CPTEC, analizando su grado de acierto en relación a precipitaciones

observadas en la cuenca del río Cuareim y en relación con el tiempo de antecedencia de la previsión. Los resultados del estudio muestran que el uso de datos de previsión meteorológica de lluvia a partir del modelo ETA-CPTEC deberá ser efectuado con cautela para la aplicación en modelos de previsión de niveles.

Propuesta de mejoramiento de la red hidrometeorológica para mejorar la gestión del recurso hídrico y la predicción de crecidas

Se recopiló información y se hizo una propuesta de mejoramiento de la red hidrometeorológica para mejorar la gestión del recurso hídrico y la predicción de crecidas. Para mejorar la gestión de los recursos hídricos en las subcuencas actualmente o potencialmente más intervenidas se propone la medición sistemática de caudales en la región baja de la cuenca (estación Paso de la Cruz, a 35 km aguas arriba de Bella Unión), para generar información sobre los impactos de la acción antrópica así como para el ajuste del modelo de gestión de la cuenca completa. Para generar datos a nivel de subcuencas que puedan ser usados en la gestión del recurso se recomienda instalar una estación de aforo en la cuenca del Arroyo Yucutujá, así como la instalación de limnógrafos para poder controlar caudales máximos.

Se realizó también una propuesta de mejora de la red hidrométrica con vistas a implementar un sistema de alerta temprana contra inundaciones. Para mejor captar la distribución espacial de las tormentas se propone la instalación de dos estaciones pluviográficas y de tres limnógrafos que transmitan la información en tiempo real a la red CTM (Receptora Cuaró) de la lluvia horaria y del nivel instantáneo respectivamente.

La propuesta de mejora de la red hidrométrica fue considerada dentro de la solicitud de fondos realizados a través del proyecto TWIN LATIN.

Caracterización del impacto socio-económico de las crecidas a nivel urbano y rural

La población afectada por las inundaciones y las organizaciones e instituciones locales mostraron, sobre todo en el área urbana, una importante preocupación por el impacto negativo de las inundaciones.

Las inundaciones afectan seriamente la asistencia de los niños a la escuela (40% en Artigas, 33% en Quaraí) así como la situación laboral (45% en Artigas, 50% en Quaraí).

Una de las principales conclusiones del estudio socio-económico es que la población de la zona inundable de Artigas permanece en el lugar por el arraigo generado: en la propiedad de la vivienda (más del 60% es propietario), en la solidaridad de los vecinos que se fortalece ante los peligros de la naturaleza y en la falta de alternativas para vivir en iguales o mejores condiciones con similares costos fijos. Los motivos que se priorizan en Quaraí para continuar viviendo en la zona inundable, se refieren principalmente a que dicha población no tiene otras opciones de vivienda (38.4%), y a que económicamente el cambio les resulta muy difícil.

El 27% de los encuestados en Artigas están dispuestos a vender su vivienda (valor estimado por los encuestados del valor de las viviendas es de 3.500 dólares) mientras que en Quaraí lo haría el 56% (valor estimado por los encuestados del valor de las viviendas es de 4.000 dólares).

Las actividades económicas detectadas en la zona inundable de Artigas son microempresas de rubros comerciales o pequeñas industrias. Sus pérdidas son similares a las de las viviendas, del orden de los 10.000 pesos uruguayos (aproximadamente 400 dólares). El 75% dice estar dispuesto a mudarse si tuviera acceso a una inversión promedio de 5.000 dólares. En Quaraí aparecen con frecuencia los pequeños talleres y la actividad comercial. El 56.5% estaría dispuesto a mudarse. La mitad de los encuestados estima su inversión en un valor de 8.000 dólares, excepto una de ellos que la estima en 60.000 dólares.

Según las encuestas realizadas, la percepción de la población que sufre inundaciones no se identifica con la existencia de un sistema organizado de gestión de la emergencia durante las crecidas.

En el área rural en Artigas, en términos generales, se relevó que las pérdidas por inundaciones no exceden a las previsiones que todo agricultor o ganadero estima como pérdidas posibles ante los factores climáticos. Se reciben también comentarios acerca del problema de la sequía en Artigas, y se considera que las pérdidas que genera son iguales o mayores a los problemas generados por las inundaciones. Sería interesante, como parte de la gestión integrada del recurso hídrico, estudiar cómo se podrían aprovechar las crecidas para mitigar las sequías.

Si bien no se realizaron encuestas a nivel rural en Brasil, el impacto de las inundaciones se puede estimar en la evaluación de daños que surge del informe proporcionado por la Prefectura de Quaraí, que evalúa daños en la agricultura (cereales, granos) por valor de 9.000 toneladas de producción, que en setiembre de 2001 correspondía a 2.9 millones de reales.

Evaluación de la experiencia de trabajo al ser la cuenca del río Cuareim una cuenca binacional

Realizando una evaluación de cómo ha sido la experiencia de trabajo, dado que se trató de un estudio en una cuenca binacional en la cual han participado técnicos e integrantes de organizaciones de diversa índole de ambos países, se puede concluir que el balance es positivo.

Referente al avance hacia una gestión coordinada de los recursos hídricos, el proyecto tuvo como desventaja que sus actores principales en ambos países tienen competencias diferentes. Mientras que la DNH tiene por mandato legal la gestión de los recursos hídricos en lo relativo a la cantidad (no así calidad) a nivel nacional, el IPH pertenece a una institución de investigación sin competencia en la gestión del recurso. Adicionalmente, Brasil tiene varios organismos en relación a la gestión de los recursos hídricos con competencia a nivel federal, estadual y municipal que agrega complejidad al tema en cuestión. No obstante tanto IPH como DNH han contactado, informado e

integrado al proyecto a todas las instituciones que de alguna forma están involucradas con la gestión de los recursos hídricos, logrando importantes avances en lo relativo a disponibilidad e intercambio de información disponible, análisis de la problemática y conocimiento horizontal entre los técnicos de las instituciones involucradas que favorecerán la continuación de las actividades para el logro de la gestión conjunta. En conclusión, se entiende que dadas las dificultades antes planteadas, se ha avanzado en forma satisfactoria.

En lo relativo a temas de desarrollo del conocimiento y a la hidrología, el aporte tanto del IPH como del IMFIA ha sido muy provechoso, con intercambios de experiencias y capacidades que además se han transmitido en parte al resto de las instituciones participantes.

En lo que respecta a la ejecución del proyecto en lo relativo al relevamiento topográfico se tuvo dificultades iniciales para acceder a predios particulares, lo que posteriormente fue resuelto realizando gestiones de aviso previo a la realización de las campañas.

Comunicación y difusión

A través de los talleres, jornadas de trabajo, encuestas, entrevistas, materiales de difusión y educación, intercambio de información y trabajos realizados en conjunto, se han establecido conexiones entre la población y las autoridades y entre las autoridades de ambos países que deberán ser fortalecidas con el paso del tiempo.

Se está organizando un taller final con la población en general y autoridades locales para la difusión masiva de los resultados de la fase 1 del proyecto.

11. ACTORES

El proyecto piloto de Gestión Integrada de Crecidas en la cuenca del río Cuareim, cuenta con la coordinación en Brasil del Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) y en Uruguay de la Dirección Nacional de Hidrografía (DNH); recibe el apoyo de la Global Water Partnership (GWP) en conjunto con la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

La etapa inicial de recopilación de información y de diagnóstico preliminar de los problemas de inundación en la cuenca del río Cuareim, fue realizada en el área brasileña por el IPH y en el área uruguaya por la DNH. Dicha etapa culminó con la realización en conjunto por ambos países de los términos de referencia de la Fase 1 del proyecto piloto.

El relevamiento topográfico fue llevado a cabo a través de la conformación de una comisión de trabajo binacional que contó con la participación de técnicos del IPH y de la DNH.

Se realizaron además los siguiente convenios:

- Convenio binacional entre el Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Uruguay (IMFIA), la DNH y el IPH para la realización del estudio “Balances hídricos superficiales en la cuenca del río Cuareim con fines de gestión del recurso agua y el impacto en las crecidas”.
- Convenio entre la Delegación Uruguaya de la Comisión Mixta Uruguay-Brasileña para el desarrollo de la Cuenca del Río Cuareim (CRC) (delegación uruguaya) y el IMFIA para la realización del “Plan de monitoreo ambiental de la cuenca del río Cuareim (margen izquierda) con fines de gestión del recurso agua”
- Convenio entre la CRC (delegación uruguaya), el Comité de Coordinación Local del Río Cuareim (CLC) (delegación uruguaya) y la ONG Grupo Artigas 86 con el objetivo de entregar a la ciudad de Artigas, la Zanja Caballero limpia, ordenada, con márgenes sin erosión, y minimizando las fuentes de contaminación
- Contratación de los servicios de la Asociación Cristiana de Jóvenes (ACJ) para el relevamiento socio-económico del área inundable y el diagnóstico del plan de emergencia existente.
- Convenio entre la DNH y la Administración Nacional de Educación Primaria de Uruguay (ANEP) para la realización de actividades de educación y concientización a los niños de las escuelas afectadas por las crecidas en Artigas
- Acuerdo de DNH e IPH con la Comisión Técnico-Mixta de la Represa de Salto Grande (CTM) para que provea información disponible necesaria para el desarrollo del sistema de alerta en Artigas
- Acuerdo entre la CRC (delegación uruguaya) y la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA), Uruguay para la realización de un plan de Monitoreo

Ambiental de la Cuenca del Río Cuareim (margen izquierda) con el fin de la gestión del recurso hídrico

- Acuerdo de trabajo entre la DNH y la Dirección Nacional de Meteorología (DNM), Uruguay, para el desarrollo y ejecución del Sistema de Alerta contra inundaciones para la ciudad de Artigas