

Reducción de la Vulnerabilidad a Inundaciones en Cuencas Hidrográficas - Reduction of Vulnerability to Floods in River Basins



[Table of Contents](#)

Informe Final del Seminario-Taller Interamericano Foz do Iguaçu, Brasil, 29 de noviembre al 1 de diciembre de 1995

Final report of the Inter-American Seminar-Workshop Foz do Iguaçu, Brazil, November 29 to December 1, 1995

*Unit of Sustainable Development and Environment General Secretariat of the Organization of American States
Washington, D.C., 1996*

*Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos
Washington, D.C., 1996*

Table of Contents

[Prefacio](#)

[Preface](#)

[I. Introducción](#)

[1.1 Antecedentes](#)

[1.2 Objetivos del Seminario-Taller](#)

[1.3 Desarrollo del Seminario-Taller](#)

[II. Conclusiones y recomendaciones](#)

[1. Lineamientos de políticas de reducción de la vulnerabilidad a inundaciones en cuencas hidrográficas](#)

[2. Uso de la información sobre los impactos de inundaciones en la preparación de proyectos de inversión, en la gestión y en el desarrollo sostenible de cuencas hidrográficas](#)

[3. Cooperación hemisférica, intercambio de información y de experiencias](#)

[I. Introduction](#)

[1.1 Background](#)

[1.2 Objectives of the Seminar-Workshop](#)

[1.3 Progress of the Seminar-Workshop](#)

[II. Conclusions and recommendations](#)

[1. Guidelines for policies to reduce the vulnerability of river basins to floods](#)

[2. Use of information on the impact of floods in the planning of investment projects, watershed management, and the sustainable development of river basins](#)

[3. Hemispheric cooperation and the exchange of information and experiences](#)

Anexos/Appendixes

[Anexo 1/Appendix 1 - Programa del seminario-taller - Program of the seminar-workshop](#)

[Anexo 2/Appendix 2 - Lista de participantes - List of participants](#)

[Anexo 3/Appendix 3 - Componentes de los grupos e trabajo - Working groups](#)

[Anexo 4/Appendix 4 - Presentaciones - Presentations](#)

[Anexo 4.1/Appendix 4.1 - Las mayores crecidas en la cuenca del Plata](#)

[Referencias bibliográficas](#)

[Anexo 4.2/Appendix 4.2 - Controle de cheias nos reservatório do setor elétrico brasileiro na bacia do alto paraná](#)

[Refer ncias bibliográficas](#)

[Anexo 4.3/Appendix 4.3 - The Mississippi basin flood of 1993](#)

[References](#)

[Anexo 4.4/Appendix 4.4 - Programa de mitigación de inundaciones de la cuenca del río Magdalena-Colombia](#)



Prefacio

Independientemente de sus dimensiones, ubicación y grado de desarrollo del país donde se encuentran, las cuencas hidrográficas desempeñan un importante papel en la vida económica de dichos países. Ese papel se hace aún más evidente cuando se consideran las pérdidas de bienes de capital y de capacidad de producción y servicios causados por inundaciones, especialmente en sectores económicos importantes como el agrícola, energético y de transportes. Además, es la variabilidad de los recursos hídricos y sus efectos sobre la infraestructura socioeconómica lo que hace la interrelación entre la administración de cuencas hidrográficas y la gestión ambiental un tema tan relevante al desarrollo sustentable.

Contando con el apoyo de la Secretaría de Recursos Hídricos del Ministerio del Medio Ambiente, de los Recursos Hídricos y de la Amazonia Legal de Brasil, especialistas de los sectores económicos indicados y especialistas en medio ambiente, planificación y mitigación de inundaciones, se reunieron en Foz do Iguazu para tratar este tema, asistiendo a exposiciones de casos específicos, discutiendo experiencias y estrategias de reducción del impacto de las inundaciones en los sectores económicos seleccionados y recomendando actividades susceptibles de cooperación hemisférica.

Las conclusiones y recomendaciones del Seminario-Taller sobre Reducción de la Vulnerabilidad de los Sectores Agrícola, Energético y de Transportes a Inundaciones en Cuencas Hidrográficas se presentan en esta publicación.

La Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos espera que los resultados de este Seminario-Taller sean de utilidad para los países del hemisferio.

Kirk P. Rodgers
Director
Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente





Preface

Regardless of their size, their location, or the degree of development of the country in which they are situated, river basins play an important role in the economic life of their countries. This becomes even more important when flood-caused losses of capital goods and production and service capacity, especially in major economic sectors such as agriculture, energy, and transportation are taken into account. It is the variability of water resources and its effects on the socioeconomic infrastructure that make the relationship between river-basin management and environmental management so pertinent to sustainable development.

With the support of the Secretariat of Water Resources of the Brazilian Ministry of Environment, Water Resources, and Legal Amazonia, experts from these economic sectors and specialists in the environment, planning, and flood mitigation met in Foz do Iguaçu to deal with this topic. They attended presentations of case studies, discussed experiences with and strategies for reducing the impact of floods on the selected economic sectors, and recommended activities appropriate for hemispheric cooperation.

The conclusions and recommendations of the Seminar-Workshop on Reduction of the Vulnerability of the Agriculture, Energy, and Transportation Sectors to Floods in River Basins are presented in this publication.

The General Secretariat of the Organization of American States hopes that the results of the Seminar-Workshop will be useful to the countries of the hemisphere.

Kirk P. Rodgers
Director
Unit of Sustainable Development and Environment





I. Introducción

[1.1 Antecedentes](#)

[1.2 Objetivos del Seminario-Taller](#)

[1.3 Desarrollo del Seminario-Taller](#)

1.1 Antecedentes

Entre diciembre de 1991 y mayo de 1992, se produjeron lluvias torrenciales en las cuencas media e inferior del Río Paraná y, entre marzo y mayo del mismo año, el mismo fenómeno se presentó en las cuencas media e inferior del río Paraguay, dando causa a crecidas extraordinarias en Argentina, Brasil y Paraguay. Estas inundaciones produjeron serios daños a la infraestructura socioeconómica de la región afectada, forzando la evacuación de más de 100.000 personas en las provincias argentinas de Buenos Aires, Chaco, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Misiones y Santa Fe. En Paraguay, más de 70.000 personas fueron evacuadas de las ciudades de Asunción, Concepción, Alberdi y Pilar. En Brasil, lluvias torrenciales e inundaciones en esas cuencas forzaron la retirada de miles de personas, además de causar serios perjuicios económicos. En todos los países las pérdidas de capital y de capacidad de producción y de servicios fueron considerables, especialmente en sectores tan importantes como el agrícola, energético y de transporte. En 1993, la inundación en la cuenca del río Mississippi en los Estados Unidos, además de impactos en la salud y bienestar de la población afectada, ocasionó pérdidas superiores a los US\$ 12.000 millones.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, el entonces Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente (actual Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente) de la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (OEA), con el apoyo del Ministerio del Medio Ambiente, de los Recursos Hídricos y de la Amazonia Legal de Brasil y de Itaipu Binacional, decidieron realizar en Foz de Iguazú, Estado de Paraná, Brasil, en el período del 29 de noviembre al 1° de diciembre de 1995, el Seminario-Taller sobre la Reducción de la Vulnerabilidad de los Sectores Agrícola, Energético y de Transportes a Inundaciones en Cuencas Hidrográficas.

1.2 Objetivos del Seminario-Taller

El objetivo principal del Seminario-Taller fue evaluar los resultados obtenidos en los trabajos desarrollados por diferentes países del hemisferio sobre la mitigación de los efectos de las inundaciones en cuencas hidrográficas, sus interrelaciones con programas de administración de cuencas, y analizar y acordar actividades susceptibles de cooperación hemisférica. Algunos de los objetivos más específicos fueron:

- Examinar la aplicabilidad y la utilidad de varios mecanismos para atenuar el impacto de las inundaciones y definir un plan de acción que los incorpore:
 - en los estudios de impacto ambiental;
 - en la preparación de nuevos proyectos de inversión;
 - en actividades de reconstrucción post desastres; e
- Identificar posibles actividades para cooperación hemisférica e intercambio de informaciones y de experiencias.

1.3 Desarrollo del Seminario-Taller

La ceremonia de apertura estuvo presidida por el señor Paulo Afonso Romano, Secretario de Recursos Hídricos de Brasil. El señor Brazílio de Araujo Neto, Director de Coordinación Brasileña de Itaipu Binacional, dio la bienvenida a los participantes y resaltó la importancia del Seminario-Taller, así como el apoyo de la Secretaria General de la OEA y del Ministerio del Medio Ambiente, de los Recursos Hídricos y de la Amazonia Legal de Brasil, en su realización. Concluyó destacando las actividades de Itaipu Binacional en el contexto regional de la Cuenca del Plata, especialmente en relación al medio ambiente.

En seguida, el señor Newton Cordeiro, Jefe del Area Geográfica América del Sur del Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente (DDRMA), expresó la satisfacción de la Secretaría General por poder apoyar la realización del Seminario-Taller, donde se congregaron especialistas de marcada experiencia para tratar uno de los temas prioritarios para la OEA. Afirmó que, de forma general, las presiones demográficas y otras demandas sobre los recursos naturales en la América Latina aumentan su vulnerabilidad a los efectos de las inundaciones y otros desastres naturales y que, por otro lado, la oferta de alimentos, de energía, de abrigo, para la infraestructura económica-social y para la satisfacción de otras necesidades básicas, requieren la protección contra las amenazas naturales, si deseamos que esas ofertas sean mantenidas de manera sostenible. Mencionó que las inundaciones, derrumbes, terremotos y erupciones volcánicas son eventos naturales rápidamente olvidados a pesar de estar comprendidos entre los temas de gestión ambiental con que se enfrenta el hemisferio; que los desastres naturales no son más "naturales" que la degradación de los ecosistemas a través de la contaminación y la sobreutilización: ambos son en gran medida fruto de la manera en que las poblaciones de nuestros países interactúan con sus ambientes físicos. Recordó los objetivos del Seminario-Taller y agradeció la valiosa colaboración de la Secretaría de Recursos Hídricos de Brasil y de Itaipu Binacional para el éxito del encuentro. Recordó los objetivos del Seminario-Taller y agradeció la valiosa colaboración de la Secretaría de Recursos Hídricos de Brasil y de Itaipu Binacional.

Concluyendo la ceremonia de apertura, el señor Romano felicitó a la Secretaría General por la organización del Seminario-Taller, e hizo un recuento del desarrollo de los recursos hídricos en Brasil, especialmente de la creación del Ministerio que trata específicamente de este tema y de la ley que establece el marco legal e institucional del agua. Mencionó igualmente la importancia económica del uso del agua, los problemas relacionados con su manejo, y la creación del Sistema Nacional de Manejo de los Recursos Hídricos. Resaltó la importancia de la democracia en el pleno desarrollo de los recursos hídricos, el aprovechamiento múltiple de estos recursos, y el Programa de los Comités de Cuencas Hidrográficas con la participación activa de los estados de la federación brasileña. Mostró la importancia

del diálogo y del debate en la solución de conflictos y problemas, incluso en el tema de inundaciones, mostrando que el gobierno brasileño valoriza cada vez más la presencia y participación ciudadana en las decisiones. Un ejemplo de esto es la creación del "Movimiento de la Ciudadanía por las Aguas". Finalmente, felicitó a todos los participantes de Argentina, Bolivia, Canadá, Colombia, Ecuador, Estados Unidos, Colombia, Paraguay, Perú y Venezuela, así como del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF), del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y de la OEA, por su presencia en Foz do Iguazu.

A continuación, el Programa indicado en el Anexo 1 fue aprobado por los participantes cuya nómina figura en el Anexo 2. En seguida fueron abordados los dos temas del Seminario-Taller a través de presentaciones y comentarios del panel y debate general, como se indica a continuación.

Tema 1: EXPERIENCIAS RECIENTES DEL IMPACTO DE INUNDACIONES EN LOS SECTORES AGRICOLA, ENERGETICO Y DE TRANSPORTES EN CUENCAS HIDROGRAFICAS

Presentación: "Las Mayores Crecidas de la Cuenca del Plata"

Víctor Pochat - Director Nacional de Recursos Hídricos, Buenos Aires, Argentina.

Penalistas:

Gilberto Canali - Superintendente de Medio Ambiente de Itaipu Binacional, Foz do Iguazu, Paraná, Brasil.

Christopher Ungate - Grupo de Manejo de Recursos Hídricos del Tennessee Valley Authority, Knoxville, Tennessee, Estados Unidos.

Luz Helena Abello - Unidad Técnica Colombiana/Proyectos OEA de Cooperación Técnica, Santafé de Bogotá, Colombia.

Presentación: "Desastre de 1987 en la Cuenca del Limón"

Julio Lescarbora - Asesor Hidrometeorólogo, Ministerio del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR) de Venezuela.

Penalistas:

Julio César Fossati - Asesor para los problemas de los Ríos Bermejo y Pilcomayo, Buenos Aires, Argentina.

Paulo Augusto Sanguinetti - Departamento de Planificación de la Defensa Civil, Brasilia, Brasil.

Juan Poveda - Unidad Técnica Ecuatoriana/Proyectos OEA de Cooperación Técnica, Quito, Ecuador.

Presentación: La Inundación de 1993 en la Cuenca del Mississippi"

Gerald E. Galloway - Dean of Faculty, Industrial College of the Armed Forces, Washington, D.C., Estados Unidos.

Penalistas:

Antonio Eduardo Lanna - Profesor del Instituto de Investigaciones Hidráulicas

(IPH) de la Universidad Federal de Río Grande do Sul, Porto Alegre, Río Grande do Sul, Brasil.

Jeffrey Thornton - Oficial Senior del Programa de la Unidad de Aguas Continentales del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Nairobi, Kenya.

Alejandro Felicia - Jefe del Programa de Investigación y Desarrollo en Hidrología y Medio Ambiente del Centro Regional Litoral del Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCYTH), Santa Fé, Argentina.

Tema 2: EXPERIENCIAS DE PROGRAMAS DE MITIGACION DE INUNDACION ANTES Y DESPUES DE SU OCURRENCIA

Presentación: "Programas de Mitigación de Inundaciones en la Cuenca del Río Magdalena"

Hernán Guzmán - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAN), Santafé de Bogotá, Colombia.

Panelistas:

Al Grosboll - Asesor Senior de la Oficina del Gobernador del Estado de Illinois, Springfield, Illinois, Estados Unidos.

Luíz Eduardo Ganoia - Superintendente de la Administración de la Hidrovía del Paraná, Ministerio de Transportes, Sao Paulo, Brasil.

Ciro Loureiro Rocha - Gerente de Políticas de Recursos Hídricos de la Secretaria del Estado de Desarrollo Urbano y Recursos Hídricos de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Presentación: "Control de las Crecidas de las Reservas del Sector Eléctrico Brasileño en la Cuenca del Alto Paraná "

Alcides Lyra Lopes - Jefe de la División de Hidrología Operacional, Departamento de Planeamiento y Análisis de la Operación Energética, Electrobrás, Río de Janeiro, Brasil.

Panelistas:

Luc Mougeot - Administrador Principal del Programa del Centro de Investigaciones para el Desarrollo Internacional, Ottawa, Canadá.

Marco Córdova - Comisión Asesora Ambiental del Ecuador, Quito, Ecuador.

Patricio Fernández - Director de CIMA Consultores, Santiago, Chile.

Presentación: Plan Regional de Aprovechamiento con Fines de Riego y Control de Inundaciones en la Cuenca del Guayas"

Félix Cabrera - Gerente, Unidad Ejecutora Cuenca del Guayas, Quito, Ecuador.

Panelistas:

Abel Barroso López - Director Nacional de la Comisión Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo, Tarija, Bolivia.

Roberto Moreira Coimbra - Jefe de la División de Control de Recursos Hídricos del Departamento Nacional de Aguas y Energía Eléctrica, Brasilia, Brasil.

Roger Amisial - Coordinador del Programa Interamericano OEA-CIDIAT, Mérida, Venezuela.

Además, "Consideraciones Ambientales Globales en Programas de Mitigación de Inundaciones" y "Un estudio de Caso: la Cuenca del Río Pilcomayo", entre Argentina, Bolivia y Paraguay, fueron temas de presentaciones especiales a los participantes respectivamente por Alfred Duda, Especialista Senior de Medio Ambiente (Recursos Hídricos) del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF), Washington, D.C., Estados Unidos, y Luis Meyer, Director Nacional de la Comisión del Río Pilcomayo, Asunción, Paraguay.

Posteriormente, se formaron tres grupos de trabajo, los cuales prepararon las conclusiones y recomendaciones para el Informe Final del Seminario-Taller. Estos grupos de trabajo trataron los siguientes temas:

- Lineamientos de políticas de reducción de la vulnerabilidad a inundaciones en cuencas hidrográficas.
- Uso de la información sobre los impactos de las inundaciones en la preparación de proyectos de inversión, en la gestión y en el desarrollo sostenible de cuencas hidrográficas.
- Cooperación hemisférica, intercambio de información y experiencias.

Luego de las reuniones de los grupos de trabajo se elaboró el presente Informe Final, el cual incluye los principales resultados del Seminario-Taller. El informe fue analizado, discutido y aprobado por los participantes.

En la ceremonia de clausura se destacaron los resultados del Seminario-Taller, y se expresó a los participantes el reconocimiento por las valiosas presentaciones, debates esclarecedores y conclusiones y recomendaciones. Igualmente, se agradeció a la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos por la iniciativa para la realización del encuentro, al gobierno de Brasil, a través del Ministerio del Medio Ambiente, de los Recursos Hídricos y de la Amazonia Legal, y a Itaipu Binacional, por la excelente organización.

Por su parte, los participantes destacaron la importancia del Seminario-Taller y la oportunidad de reunir especialistas de agencias gubernamentales, organismos no gubernamentales, empresas privadas y organismos internacionales con el fin de intercambiar conocimientos y experiencias sobre el tema de la reducción de la vulnerabilidad a las inundaciones de cuencas hidrográficas en los sectores agrícola, energético y de transportes.





II. Conclusiones y recomendaciones

[1. Lineamientos de políticas de reducción de la vulnerabilidad a inundaciones en cuencas hidrográficas](#)

[2. Uso de la información sobre los impactos de inundaciones en la preparación de proyectos de inversión, en la gestión y en el desarrollo sostenible de cuencas hidrográficas](#)

[3. Cooperación hemisférica, intercambio de información y de experiencias](#)

1. Lineamientos de políticas de reducción de la vulnerabilidad a inundaciones en cuencas hidrográficas

Están localizadas en el Hemisferio algunas de las mayores cuencas hidrográficas del mundo, las cuales cuentan con una extensa red de drenaje natural y una gran variedad climática y biológica. En ellas se desarrollan diversas actividades socioeconómicas, para lo cual cuentan con una importante infraestructura de transporte, comunicaciones, navegación, embalses y energía.

En los últimos dieciocho años (1976-1994), las pérdidas causadas por desastres naturales en los países de América Latina y el Caribe fueron del orden de US\$ 43 mil millones de dólares, monto similar al valor de toda la cooperación técnica y financiera recibida en estos países en el mismo periodo.

Considerando que existe una estrecha interrelación entre la reducción de la vulnerabilidad relativa a inundaciones, deslizamientos y otros eventos naturales, y la aplicación de los principios del manejo ambiental y de cuencas hidrográficas en el contexto del desarrollo sustentable, y que la cuenca hidrográfica es una unidad ideal y efectiva para la planificación y el ordenamiento ambiental del territorio, los participantes del Seminario-Taller recomiendan:

- Conformar, para una gestión integrada, comités de cuencas con representación de las entidades comprometidas en la oferta, demanda y administración de los recursos naturales renovables y recursos hídricos, con carácter multisectorial.
- Tener en cuenta, dentro de una programación interdisciplinaria, medidas estructurales y no estructurales para el desarrollo de acciones de prevención de desastres naturales.
- Estimular y apoyar el desarrollo y ampliación de redes de información ambiental para el intercambio de datos, metodologías y procedimientos entre los países del área, en especial entre los países con cuencas compartidas.

- Desarrollar programas nacionales y regionales de información y sensibilización de los diferentes grupos comprometidos: autoridades, profesionales, líderes sociales y sociedad civil, para una toma de decisiones mejor y más eficiente.
- Al planificar y ejecutar actividades en las cuencas hidrográficas, dedicar una mayor atención a la operación, mantenimiento y monitoreo de las obras construidas por medio de la evaluación de dichas actividades y la divulgación de sus resultados.
- Evaluar el nivel de vulnerabilidad a las inundaciones con el objeto de tomar decisiones al respecto, a un nivel aceptable, así como ejecutar las acciones de mitigación necesarias para alcanzar dicho nivel.
- Considerar, entre las medidas no estructurales:
 - la zonificación ambiental y el ordenamiento del uso de suelo;
 - el perfeccionamiento de los sistemas de alerta;
 - la formación y capacitación de dirigentes de comunidades locales, apoyándolos para enfrentar adecuadamente, entre otros, los peligros de inundaciones;
 - diseños alternativos de construcción de infraestructura y vivienda para soportar determinadas amenazas naturales;
 - la reubicación de poblaciones y actividades situadas en áreas de riesgos de niveles inaceptables;
 - el uso del seguro contra inundaciones.

2. Uso de la información sobre los impactos de inundaciones en la preparación de proyectos de inversión, en la gestión y en el desarrollo sostenible de cuencas hidrográficas

En la actualidad, no se está obteniendo, actualizando, y menos aún utilizando, información sobre la vulnerabilidad y capacidades de la infraestructura económica y social, y de las instalaciones y equipos. Tampoco se ha considerado ni orientado a la población local sobre la elección de alternativas de desarrollo y de ejecución de planes, seguimiento y evaluación de políticas específicas, programas y proyectos, que reducirían la vulnerabilidad a inundaciones y peligros asociados.

Los participantes del Seminario-Taller recomiendan las siguientes acciones:

Acciones nacionales

- Adoptar un manejo más comprensivo y multisectorial de las cuencas, debiendo incorporar como elemento clave en estas actividades, programas que reduzcan la vulnerabilidad a inundaciones.

- Realizar inversiones en la adquisición de datos y en el establecimiento de sistemas de información comprensivos fácilmente accesibles a cada nivel del desarrollo del planeamiento (cuencas de ríos, municipalidades, estados, etc.).
- Obtener información lo más detallada y apropiada posible de nuevas estaciones hidro-meteorológicas, incorporadas a sistemas computarizados, para establecer modelos de previsión.
- Difundir la información obtenida sobre los desastres más recientes, la cual podría ser utilizada en el rediseño de proyectos para la ejecución y ajuste de los proyectos ya existentes.
- Identificar, mediante proyectos prioritarios, integrados y sectoriales, zonas económica y ecológicamente homogéneas para el planeamiento de proyectos de desarrollo, así como las áreas de mayor vulnerabilidad, sectores afectados y posibles intervenciones de mitigación.
- Hacer un requisito de los análisis de costo-beneficio, poniendo énfasis en las alternativas de mitigación, particularmente las acciones no estructurales.
- Investigar métodos más efectivos para involucrar la participación del público, particularmente de los sectores de la población más afectados, en la toma de decisiones relativas a medidas de reducción de la vulnerabilidad de las inundaciones, incluyendo la participación del costo con la gente afectada.

Acciones multinacionales/regionales

- Desarrollar, a través de equipos de expertos, multidisciplinarios y multinacionales, paquetes básicos de información sobre recursos naturales, e información económica y social para ser utilizada en la evaluación y justificación de proyectos de inversión.
- Actualizar en cada país, para 1998, con el apoyo de las organizaciones internacionales (OEA, IDRC, instituciones internacionales de financiamiento) y organismos no gubernamentales (ONG), sus inventarios de recursos y sus estudios de cuencas, incluyendo información sobre peligros naturales, vulnerabilidad de la infraestructura existente, e historia sobre desastres, enfocándose especialmente en los sectores de la agricultura, energía y transporte.
- Establecer programas piloto en cuencas específicas para documentar los beneficios y costos de las políticas, programas y prácticas de mitigación, así como su distribución social, con el fin de concientizar a las autoridades y obtener su apoyo para el uso, monitoreo, evaluación y toma de decisiones, planeación y ejecución de proyectos.
- Diseñar, transferir y adoptar sistemas de información geográfica, con el fin de recopilar, actualizar y analizar datos sobre prácticas de desarrollo que contribuyen a la vulnerabilidad del peligro de inundaciones, pérdida de recursos, ocurrencia de eventos extremos, e información para su empleo en el diseño de proyectos.
- Desarrollar mejores metodologías y procesos para consulta, concertación, coordinación y cooperación entre los diversos sectores de la sociedad, así como para reunir la información

requerida para este propósito y su utilización en la comunicación de planes y proyectos de desarrollo en áreas específicas.

- Adoptar un proceso de planeamiento para el uso y control de recursos estratégicos, basado en la diversidad de países que conforman las diversas cuencas compartidas.

Acciones a tomar por las organizaciones internacionales

- Publicar los criterios utilizados en la preparación de proyectos de reducción de vulnerabilidad a inundaciones, para propósitos de asignación de préstamos.
- Preparar lineamientos con ejemplos regionales, para reducir las pérdidas económicas ante el peligro de inundaciones, basados en los manuales (como el de la OEA) disponibles sobre éste tópico.
- Explorar métodos de transferencia de tecnología para la obtención de datos de inundaciones, su almacenamiento y su conservación.
- Establecer, tanto el Banco Mundial como el Banco Interamericano de Desarrollo, una alta prioridad para la incorporación de programas de reducción de la vulnerabilidad a inundaciones dentro de los criterios aplicables al manejo de cuencas de ríos. El Banco Mundial deberá incluir este tema como parte de la estrategia de administración de recursos hídricos, cuya preparación requiere de los países. Deberían ser obligatorias medidas de protección ambiental y mitigación de daños por inundaciones, destinando un porcentaje específico de los fondos a reducción de vulnerabilidad.
- Desarrollar modelos de análisis y capacidad de adiestramiento en la preparación de perfiles de vulnerabilidad sectorial y de cuencas (tales como los de la OEA), los cuales deberán estar basados en programas de desarrollo actualizados.
- Continuar, en estrecha cooperación con las instituciones nacionales y regionales, y con apoyo del sector privado, los cursos de adiestramiento en el uso de la información sobre peligros naturales para la preparación de proyectos de inversión y evaluaciones ambientales.
- Incluir en los programas de asistencia para la mitigación de los peligros de inundaciones el fortalecimiento institucional y el entrenamiento del personal a todos los niveles, desde la comunidad local hasta el especialista técnico y el responsable de la toma de decisiones.

3. Cooperación hemisférica, intercambio de información y de experiencias

Los participantes del Seminario-Taller, recordando las presentaciones y los debates del encuentro, observaron:

- La cooperación y el intercambio de información y experiencia entre los países del hemisferio es importante en la reducción de la vulnerabilidad de los sectores energético, agrícola y de transporte susceptibles de ser afectados por las inundaciones, especialmente entre aquellos que comparten cuencas hidrográficas internacionales. Un ejemplo que puede

ser mencionado es el de la Cuenca del Plata, entre Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay, a través del Comité Intergubernamental Coordinador (CIC), en el marco del Tratado de la Cuenca del Plata.

- La cooperación internacional se realiza principalmente a través de organismos multilaterales, como el Banco Mundial, el GEF, la OEA, el PNUMA, el BID y la UNESCO. La cooperación bilateral y el intercambio de información y de experiencias se promueve a través de los gobiernos, utilizando en algunos casos el apoyo técnico o financiero de las organizaciones internacionales. Sin embargo, se registra una falta de orientación y acceso a la información relacionada con los mecanismos actuales de financiamiento y de cooperación técnica internacional.
- La comunidad no gubernamental, representada por asociaciones profesionales e instituciones de investigación, entre otras, tiene un papel importante en la recopilación y difusión de información sobre inundaciones en cuencas hidrográficas.
- Son escasas las estructuras binacionales operativas que coordinan y elaboran planes de manejo de cuencas internacionales tendientes a reducir y/o mitigar la vulnerabilidad de los sectores energético, agrícola y de transporte.
- No existen mecanismos ágiles para acceder a la información que generan los numerosos organismos de cada uno de los países, relacionada con los diversos aspectos de gestión de los recursos hídricos, dificultando así el intercambio de valiosas experiencias.
- En la mayoría de los países no existe todavía una cultura para almacenar y divulgar las experiencias permanentes acumuladas resultantes de inundaciones que afectan a las comunidades.
- El uso de tecnologías como los sistemas de información geográfica (SIG) para identificación y monitoreo de zonas inundables no está adecuadamente aplicado.
- La Red Interamericana de Recursos Hídricos representa un importante esfuerzo regional para reunir organizaciones gubernamentales, no gubernamentales, académicas, grupos de investigación, organizaciones internacionales, industrias y empresas privadas, con el objeto de transmitir e intercambiar información y experiencias relacionadas con los recursos hídricos.

Los participantes del Seminario-Taller recomiendan:

- Incentivar la creación de comités de cuencas y de subcuencas de ríos internacionales, como mecanismos para facilitar la cooperación técnica y el intercambio de información y de experiencias.
- Solicitar a los organismos internacionales financieros y de cooperación técnica una mayor divulgación de sus programas y mecanismos de acceso a sus recursos, así como capacidad técnica para apoyar acciones tendientes a la reducción de la vulnerabilidad de las cuencas hidrográficas en las inundaciones.
- Identificar nuevas alternativas de financiamiento internacional tales como canje de deuda

por inversión y prevención, créditos blandos de mayor período de amortización y pago, otorgamiento de recursos no reembolsables, y otros.

- Promover e incentivar la participación activa de las organizaciones profesionales y otras instituciones no gubernamentales en la difusión de la información sobre inundaciones en cuencas hidrográficas, recopilada e integrada por las entidades públicas.
- Crear comisiones binacionales con autonomía de gestión técnico-administrativa y financiera, enmarcadas en objetivos comunes orientadas al desarrollo sostenible de las cuencas hidrográficas.
- Crear o fortalecer bancos de información sobre temas institucionales, legales, de proyectos, y de formación de recursos humanos y de otros aspectos básicos para la gestión de los recursos hídricos. Estos bancos de datos deberán ser fácilmente accesibles, así como actualizados permanentemente mediante el aporte de todos los usuarios, aprovechando las nuevas tecnologías de archivo y comunicación.
- Promover seminarios-talleres y cursos de capacitación para la difusión y aplicación de nuevas tecnologías, entrenamiento de personal a nivel gerencial, técnico y administrativo en la planeación, y ejecución de medidas para reducir el impacto de inundaciones en cuencas hidrográficas.
- Proponer un instrumento de cooperación hemisférica orientado a la prevención y mitigación de desastres, debatido en el más alto nivel de los gobiernos del hemisferio, el cual podría ser presentado en la Cumbre de Bolivia de Desarrollo Sustentable, que tendrá lugar en 1996.
- Estimular la participación de los países hemisféricos en el Diálogo Interamericano sobre Administración de Agua y en la Red Interamericana de Recursos Hídricos, cuya secretaría técnica es ejercida por la OEA. El establecimiento de puntos focales en cada país será importante para difundir en los respectivos territorios nacionales los resultados obtenidos por este mecanismo.
- Utilizar programas internacionales de cooperación existentes, como el Programa de Cooperación Horizontal de la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, para promover el intercambio de especialistas y técnicos entre los diferentes países, con el propósito de difundir, conocer y transferir las tecnologías utilizadas en la reducción de la vulnerabilidad de los sectores agrícola, energético y de transporte a inundaciones en cuencas hidrográficas.





I. Introduction

[1.1 Background](#)

[1.2 Objectives of the Seminar-Workshop](#)

[1.3 Progress of the Seminar-Workshop](#)

1.1 Background

Between December 1991 and May 1993 torrential rains occurred in the middle and lower basins of the Paraná River, and between March and May of the latter year the same thing happened in the middle and lower basins of the Paraguay River, causing extreme flooding in Argentina, Brazil, and Paraguay. The floods seriously damaged the socioeconomic infrastructure of the region affected and forced the evacuation of more than 100,000 people in the Argentine provinces of Buenos Aires, Chaco, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Misiones, and Santa Fe. In Paraguay more than 70,000 people were evacuated from the cities of Asuncion, Concepción, Alberdi, and Pilar. In Brazil torrential rains and floods in these basins forced the removal of thousands of people, besides causing serious economic damage. In all three countries the capital losses and the losses of production and service capacity were considerable, especially in such important sectors as agriculture, energy, and transport. In 1993 the flooding of the Mississippi River basin in the United States, apart from its impact on the health and well-being of the population affected, caused losses exceeding US\$ 12 billion.

In view of this background, the Department of Regional Development and Environment (now the Unit of Sustainable Development and Environment) of the Organization of American States (OAS), with the support of the Brazilian Ministry of the Environment, Water Resources and Legal Amazonia and of Itaipu Binacional, decided to hold the Seminar-Workshop on Reduction of Vulnerability of the Agricultural, Energy, and Transport Sectors to Floods in River Basins, which took place from November 29 to December 1, 1995, in Foz do Iguaçu, Paraná State, Brazil.

1.2 Objectives of the Seminar-Workshop

The main objective of the Seminar-Workshop was to evaluate the results of the work done by various countries in the hemisphere to mitigate the effects of flooding in river basins and its interrelations with basin-management programs, and to examine and agree upon activities susceptible to hemispheric cooperation. Some of the more specific objectives were the following:

- To examine the applicability and usefulness of various mechanisms for reducing the impact of floods and define an action plan that would incorporate them:

- into environmental impact studies;
- into the formulation of new investment projects; and
- into post-disaster reconstruction activities.

- To identify possible activities for hemispheric cooperation and exchanges of information and experiences.

1.3 Progress of the Seminar-Workshop

The opening ceremony was presided over by Paulo Alfonso Romano, Secretary of Water Resources of Brazil. Brazílio de Araujo Neto, Director of Brazilian Coordination of Itaipu Binacional, welcomed the participants and stressed the importance of the Seminar-Workshop and the support of the General Secretariat of the OAS and of the Brazilian Ministry of Environment, Water Resources, and Legal Amazonia in bringing it about. He ended by speaking of the activities of Itaipu in the regional context of the Plata basin, especially in relation to the environment.

Next, Newton Cordeiro, Chief of the South American Area of the DRDE, expressed the pleasure of the OAS General Secretariat in being able to support the Seminar-Workshop, which gathered together specialists of great experience in dealing with one of the topics of high priority to the OAS. He said that, in general, demographic pressures and other demands on natural resources in Latin America increase its vulnerability to the effects of floods and other natural resources, and furthermore that the supply of food, energy, and shelter for the socioeconomic infrastructure and the satisfaction of other basic needs requires protection against natural hazards if it is to be maintained in a sustainable manner. He went on to say that floods, landslides, earthquakes, and volcanic eruptions are natural events that are quickly forgotten even though they are among the environmental management topics facing the hemisphere, and that natural disasters are no more "natural" than the degradation of ecosystems through pollution and overuse; both are to a great extent a result of the way in which the countries' populations interact with their physical environments. He recalled the objectives of the Seminar-Workshop and thanked the Brazilian Secretariat of Water Resources and Itaipu Binacional for their valuable collaboration.

In concluding the opening ceremony, Mr. Romano congratulated the OAS General Secretariat for organizing the Seminar-Workshop and recounted the development of water resources in Brazil, in particular the creation of the ministry dealing specifically with this matter and the law establishing the legal and institutional framework for water. He also mentioned the economic importance of water use, the problems connected with its management, and the creation of the National System of Water Resources Management. He stressed the importance of democracy to the full development of water resources, multiple use of these resources, and the program of the Committees on Hydrographic Basins, in which the states of the Brazilian federation participate actively. He showed how important dialogue and discussion are in resolving problems and conflicts, including those concerning floods, and how the Brazilian Government is giving increasing attention to the presence and participation of citizens in decision-making. An example of this is the creation of the Citizens' Movement for Water. Finally, he thanked the participants from Argentina, Bolivia, Canada, Colombia, Ecuador, Paraguay, Peru, the United States, and Venezuela and those from the Global Environment Facility, the United Nations Environment Program, and the OAS for their presence in Foz do Iguaçu.

The agenda appearing in Appendix 1 was then approved by the participants, who are listed in Appendix

2. The two topics of the Seminar-Workshop were thereupon considered by means of presentations, panelists' comments, and general discussion.

Topic 1: RECENT EXPERIENCES IN FLOOD IMPACT ON THE AGRICULTURAL, ENERGY, AND TRANSPORT SECTORS IN RIVER BASINS

Presentation: "The Largest Floods in the Plata River Basin"

Víctor Pochat - National Director of Water Resources, Buenos Aires, Argentina.

Panelists:

Gilberto Canali - Superintendent of Environment, Itaipu Binacional, Foz do Iguacu, Paraná, Brazil.

Christopher Ungate - Water Resources Management Group, Tennessee Valley Authority, Knoxville, Tennessee, United States.

Luz Helena Abello - Colombian Technical Unit/OAS Technical Cooperation Projects, Bogota, Colombia.

Presentation: "The 1987 Disaster in the Limón River Basin "

Julio Lescarbora - Hydrometeorological Adviser, Ministry of Environment and Renewable Natural Resources, Venezuela.

Panelists:

Julio César Fossati - Adviser on problems of the Bermejo y Pilcomayo rivers, Buenos Aires, Argentina.

Paulo Augusto Sanguinetti - Department of Civil Defense Planning, Brasilia, Brazil.

Juan Poveda - Ecuadorian Technical Unit/OAS Technical Cooperation Projects, Quito, Ecuador.

Presentation: "The 1996 Mississippi River Basin Flood"

Gerald E. Galloway - Dean of Faculty, Industrial College of the Armed Forces, Washington, D.C., United States.

Panelists:

Antonio Eduardo Lanna - Professor, Institute of Hydraulic Research (IPH), University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil.

Jeffrey Thornton - Senior Program Officer, Freshwater Unit, United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya.

Alejandro Felicia - Chief, Program of Research and Development in Hydrology and Environment, Regional Littoral Center, National Institute of Water Science and Techniques (INCYTH), Santa Fé, Argentina.

Topic 2: RECENT EXPERIENCES IN FLOOD MITIGATION PROGRAMS BEFORE AND AFTER THE EVENT

Presentation: "Flood Mitigation Programs in the Magdalena River Basin"

Hernán Guzmán - Institute of Hydrology, Meteorology, and Environmental Studies (IDEAN), Bogota, Colombia.

Panelists:

Al Grosboll - Senior Adviser, Office of the Governor of the State of Illinois, Springfield, Illinois, United States.

Luiz Eduardo Ganoia - Superintendent of Administration of the Paraná Waterway, Ministry of Transportation, Sao Paulo, Brazil.

Ciro Loureiro Rocha - Manager of Water Resources Policies, Secretariat of Urban Development and Water Resources of Santa Catarina, Florianópolis, Brazil.

Presentation: "Flood Control of the Alto Paraná River Basin by the Brazilian Electrical Sector"

Alcides Lyra Lopes - Chief, Division of Hydrology, Department of Planning and Analysis of Energy Operations, Electrobrás, Rio de Janeiro, Brazil.

Panelists:

Luc Mougeot - Senior Administrator, Center for International Development Research, Ottawa, Canada.

Marco Córdova - Environmental Advisory Commission of Ecuador, Quito, Ecuador.

Patricio Fernández - Director, CIMA Consultants, Santiago, Chile.

Presentation: "Regional Development Plan for Irrigation and Flood Control of the Guayas River Basin"

Félix Cabrera - Manager, Executive Unit of the Guayas Basin, Quito, Ecuador.

Panelists:

Abel Barroso López - National Director, National Commission on the Pilcomayo and Bermejo Rivers, Tarija, Bolivia.

Roberto Moreira Coimbra - Chief, Division of Control of Water Resources, National Department of Water and Electric Power, Brasilia, Brazil.

Roger Amisial - Coordinator, Inter-American Program OEA-CIDIAT, Mérida, Venezuela.

In addition, "General Environmental Considerations in Flood Mitigation Programs" and "A Case Study: The Pilcomayo River Basin" (between Argentina, Bolivia, and Paraguay) were the topics of special presentations by, respectively, Alfred Duda, Senior Environmental Specialist (Water Resources) of the Global Environment Facility, Washington, DC, and Luis Meyer, National Director of the Pilcomayo River Commission, Asuncion, Paraguay.

Three working groups were then formed to prepare the conclusions and recommendations for the Final Report of the Seminar-Workshop. They covered the following topics:

- Policy guidelines for reducing vulnerability to floods in river basins.

- Use of information on flood impacts in the preparation of investment projects and in the management and sustainable development of river basins.
- Hemispheric cooperation and exchanges of information and experiences.

After the meetings of the working groups the present Final Report, which contains the principal results of the Seminar-Workshop, was drafted. The Report was analyzed, discussed, and approved by the participants.

In the closing ceremony the results of the Seminar-Workshop were highlighted and the participants were thanked for their valuable presentations, clarifying discussions, and conclusions and recommendations. Thanks were also given to the OAS General Secretariat, for its initiative to hold the meeting, and to the Government of Brazil, through the Ministry of Environment, Water Resources, and Legal Amazonia, and to Itaipu Binacional for its excellent organization.

The participants, for their part, spoke of the importance of the Seminar-Workshop and the timeliness of bringing together specialists from government agencies, nongovernmental organizations, private enterprises, and international organizations to exchange knowledge and experiences on the subject of the reduction of vulnerability in the agricultural, energy, and transport sectors to floods in river basins.





II. Conclusions and recommendations

- [1. Guidelines for policies to reduce the vulnerability of river basins to floods](#)
 - [2. Use of information on the impact of floods in the planning of investment projects, watershed management, and the sustainable development of river basins](#)
 - [3. Hemispheric cooperation and the exchange of information and experiences](#)
-

1. Guidelines for policies to reduce the vulnerability of river basins to floods

Some of the largest river basins in the world are found in the Western Hemisphere. These basins have extensive networks and diverse climatic and biological characteristics. The socioeconomic activities carried out in these basins rely on an infrastructure that includes transportation and communications networks, river-borne navigation, reservoir systems, and energy production and distribution facilities.

The losses from natural disasters in Latin American and Caribbean countries in the last 18 years (1976-1994) have totaled about US\$ 43 billion, an amount equal to all the technical and financial aid received by those countries during the same time period.

Given that there is a strong relation between decreasing the vulnerability of river basins to flood damage, landslides, and other natural hazards and applying the principles of environmental and river-basin management in the context of sustainable development and that the river basin is an ideal and effective geographic unit to use in environmental planning and management of a region, the participants in the Seminar-Workshop recommend the following actions:

- Establish multisectoral river-basin committees with representatives of the agencies involved in the supply, demand, and management of renewable natural resources and water resources to carry out integrated management.
- As part of interdisciplinary programming, include both structural and nonstructural measures in the development of actions to prevent natural disasters.
- Promote and support the development and expansion of environmental information networks to exchange data, methodologies, and procedures among the countries of the region and especially among countries that share river basins.
- Develop national and regional programs to provide information to and increase the awareness of the various groups involved - government authorities, professionals, social

leaders, and the society at large - in order to make the decision-making process better and more efficient.

- In planning and carrying out activities in river basins, pay greater attention to the operation, maintenance, and monitoring of the works constructed by means of evaluations of these activities and the reporting of the results.
- Evaluate the degree of vulnerability to flooding so that decisions can be made about mitigation actions necessary to reach acceptable levels of risk in the basin.
- Consider, among nonstructural measures, the following:
 - environmental zoning and land-use planning;
 - the improvement of flood alert systems;
 - the education and training of local community leaders so that they can better deal with the dangers of floods and other hazards;
 - the design of alternative types of infrastructure and housing construction that will withstand certain natural hazards;
 - the relocation of populations and activities situated in areas of unacceptably high risk;
 - the use of flood insurance.

2. Use of information on the impact of floods in the planning of investment projects, watershed management, and the sustainable development of river basins

At present, information on the vulnerability and capacity of the social and economic infrastructure of river basins and on installations and equipment is not being obtained or updated, much less used. Nor have local populations been considered or guided with respect to the choice of alternative plans of development and the implementation, monitoring and evaluation of specific policies, programs, and projects to reduce vulnerability to floods and the associated hazards.

Participants in the Seminar-Workshop recommend the following actions:

National Actions

- Adopt more comprehensive, multisectoral watershed management programs, including as a key element programs to reduce vulnerability to floods.
- Invest in the collection of data and the creation of comprehensive information systems that are easily accessible to each level of planning (states, municipalities, water basin authorities, etc.).

- Obtain as detailed and pertinent information as possible from new hydrometeorological stations connected to computerized systems, to establish forecasting models.
- Disseminate the information obtained on recent disasters, which could be used to redesign or adjust projects already in operation.
- Conduct, as high priority, integrated and sectoral projects to identify economically and ecologically homogeneous zones for use in planning development projects, and to identify the most affected sectors and possible mitigative activities.
- Make cost-benefit analysis mandatory, with emphasis on hazard mitigation alternatives, particularly the use of nonstructural measures.
- Find more effective ways to increase public participation, particularly by the population sectors most affected, in decision-making measures to reduce flood vulnerability and cost-sharing.

Multinational/Regional Actions

- Use multidisciplinary and multinational teams of experts to develop basic packages of information about natural resources, and economic and social information to use in the evaluation and justification of investment projects.
- Update by 1998 each country's resource inventories and basin studies, including information on natural hazards, vulnerability of the existing infrastructure, and disaster histories, focusing especially on the agriculture, energy, and transportation sectors, with the support of international organizations (OAS, IDRC, international lending institutions) and non-governmental organizations (NGOs).
- Establish pilot programs in specific basins to document the costs and benefits of mitigation policies, programs, and practices, and their distribution in society, to alert officials and obtain their support.
- Design, transfer, and adopt geographic information systems to compile, update, and analyze data on development practices that contribute to vulnerability to floods, on loss of resources, and on the occurrence of extreme events, to be used in designing projects.
- Develop better methodologies and processes for consultation, agreement, coordination, and cooperation among the diverse sectors of society and for gathering the information necessary for this purpose and using it to communicate development plans and projects in specific areas.
- Implement a planning process for the management of strategic resources that takes into account the diversity of countries that share river basins.

Actions to Be Taken by International Organizations

- Publish the risk criteria used in the preparation of projects to reduce vulnerability to floods as a condition for approving loans.

- Prepare guidelines based on the available manuals (such as that of the OAS) that are illustrated by regional examples, in order to reduce economic losses due to floods.
- Explore methods of transferring the technology for obtaining, storing, and conserving flood data.
- Set a high priority in the World Bank and the Inter-American Development Bank on the inclusion of programs to reduce vulnerability to floods in the criteria applicable to river-basin management. The World Bank should include this issue as part of the water resource administration strategy it requires countries to prepare. Measures for environmental protection and flood damage mitigation should be mandatory, with a specific percentage of the funds required to be dedicated to vulnerability reduction.
- Develop analysis and training capacity models in the preparation of sectoral basin vulnerability profiles, such as those of the OAS, which should be based on current development programs.
- In close cooperation with national and regional institutions and with the support of the private sector, continue training courses in the use of information on natural hazards for the preparation of investment projects and environmental assessments.
- Include institutional strengthening and the training of staff at all levels, from the local community to the technical specialist and the decision-maker, in programs of assistance on flood hazard mitigation.

3. Hemispheric cooperation and the exchange of information and experiences

The participants of the Seminar-Workshop, recalling the presentations and the discussions during the meeting, noted that:

- Cooperation and the exchange of information and experiences among the countries of the hemisphere is an important factor in decreasing the vulnerability of the energy, agriculture, and transportation sectors to floods, especially in international river basins.

One example is the Plata Basin, between Argentina, Bolivia, Brazil, Paraguay, and Uruguay, through the Intergovernmental Coordinating Committee (CIC), within the framework of the Treaty of the Plata Basin.

- International cooperation takes place primarily through multilateral organizations, such as the World Bank, the GEF, the OAS, UNEP, the IDB, and UNESCO. Bilateral cooperation and the exchange of information and experiences is promoted by governments, with the technical or financial support of international organizations in some cases. However, guidance and access to information about current financial and technical cooperation mechanisms are lacking.
- The non-governmental community, represented by professional associations and research

institutions, among others, has an important role in compiling and disseminating information about floods in river basins.

- There are few operating binational organizations that coordinate and develop management plans for international river basins that include the reduction and/or mitigation of the vulnerability of the energy, agriculture, and transportation sectors.
- There are no simple mechanisms for obtaining the information produced by the numerous organizations in each country on the various aspects of water resource administration. This is an obstacle to the exchange of valuable experiences.
- In most of the countries, a tradition of storing and disseminating the cumulative experiences of floods that affect communities does not yet exist.
- The use of technologies such as geographic information systems (GIS) to identify and monitor flood-prone areas is inadequate.
- The Inter-American Network of Water Resources represents an important regional effort to join governmental, non-governmental, academic, and international organizations, research groups, industry, and private business for the purpose of transmitting and exchanging information and experiences on water resources.

The Seminar-Workshop participants recommend:

- Providing incentives for the creation of basin and sub-basin committees for international rivers to act as mechanisms for facilitating technical cooperation and the exchange of information and experiences.
- Asking international financial and technical cooperation organizations to disseminate information on their programs, on means of access to their resources, and on their technical capacity to support actions that reduce vulnerability to flooding in river basins.
- Identifying new alternatives for international financing, such as swaps of debt for investment and prevention, soft credits for longer terms of amortization and payment, non-reimbursable resources, and so on.
- Promoting and providing incentives for the active participation of professional organizations and other non-governmental institutions in the dissemination of information on floods in river basins compiled and integrated by public entities.
- Establishing binational commissions with technical, administrative, and financial authority with common objectives directed toward the sustainable development of river basins.
- Creating and strengthening data bases of institutional, legal, project, training, and other basic information on water resources management. The information should be easily accessible and periodically updated with contributions from all its users, taking advantage of new archival and communications technologies.
- Promoting seminar-workshops and training courses for the dissemination and application of new technologies, and personnel training at the managerial, technical, and administrative

levels in the planning and application of measures to reduce the impact of river-basin floods.

- Proposing an instrument for hemispheric cooperation aimed at the prevention and mitigation of disasters for discussion at the highest level of hemisphere governments, which could be presented at the Bolivia Summit on Sustainable Development scheduled for 1996.
- Encouraging the participation of the hemisphere countries in the Inter-American Dialogue on Water Management and in the Inter-American Network of Water Resources, of which the OAS serves as technical secretariat. The establishment of focal points in each country will facilitate the dissemination in the national territories of the results obtained by this mechanism.
- Using existing international cooperation programs, such as the Horizontal Cooperation Program of the General Secretariat of the Organization of American States, to promote the exchange of specialists and technical experts between the different countries in order to share and transfer technologies used to reduce the vulnerability of the agriculture, energy, and transportation sectors to floods in river basins.





Anexo 1/Appendix 1 - Programa del seminario-taller - Program of the seminar-workshop

Programa/Program

29 de noviembre

8:30-9:00 Registro de Participantes

9:00-9:30 Inauguración

9:30-10:00 "*Recursos Hídricos en Brasil*"

Paulo Afonso Romano - Secretario de Recursos Hídricos, Ministerio del Medio Ambiente, de los Recursos Hídricos y de la Amazonia

Tema 1. EXPERIENCIAS RECIENTES DEL IMPACTO DE INUNDACIONES EN LOS SECTORES AGRÍCOLA, ENERGÉTICO Y DE TRANSPORTES EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS

10:15-10:45 Presentación: "*Cuenca del Plata*"

Víctor Pochat - Director Nacional de Recursos Hídricos, Buenos Aires, Argentina

10:45-11:30 Comentarios del panel y debate general

11:30-12:00 Presentación: "*Cuenca del Limón*"

Julio Lescarbura Sola - Asesor Hidrometeorólogo, Ministerio del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables de Venezuela (MARNR)

12:00-12:45 Comentarios del panel y debate general

12:45-13:00 Anuncios y cierre de la primera sesión

14:30-15:00 Presentación: "*Cuenca del Mississippi*"

Gerald E. Galloway - Dean of Faculty, College of Armed Forces, Washington, D.C., Estados Unidos.

15:00-15:45 Comentarios del panel y debate general

Tema 2: EXPERIENCIAS DE PROGRAMAS DE MITIGACIÓN DE INUNDACIONES ANTES Y DESPUÉS DE SU OCURRENCIA

16:15-16:45 Presentación: "*Cuenca del Magdalena*"

Hernán Guzmán y David OJeda - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Santafé de Bogotá, Colombia.

16:45-17:15 Comentarios del panel y debate general

17:30 Presentación especial: "**Consideraciones Ambientales Globales en Programas de Mitigación de Inundaciones**"

Alfred Duda - Senior Environmental Specialist, Water Resources, Global Environmental Facility (GEF), Washington D.C., USA

30 de noviembre

9:00-9:30 Presentación: "**Cuenca del Alto Paraná**"

Alcides Lyra López - Jefe de la División de Hidrología Operacional, Departamento de Planeamiento y Análisis de la Operación Energética, Electrobrás, Río de Janeiro, Brasil.

9:30-10:45 Comentarios del panel y debate general

11:00-11:30 Presentación: "**Cuenca del Guayas**"

Félix Cabrera - Gerente, Unidad Ejecutora Cuenca del Guayas, Quito, Ecuador.

11:30-12:15 Organización de los Grupos de Trabajo

12:15-13:00 Comentarios del panel y debate general

Grupos de Trabajo:

1. Lineamientos de políticas de reducción de la vulnerabilidad a inundaciones en cuencas hidrográficas
2. Uso de la información sobre los impactos de inundaciones en la preparación de proyectos de inversión en la gestión y en el desarrollo sostenible de cuencas hidrográficas
3. Cooperación hemisférica, intercambio de informaciones y experiencias

14:30-15:00 Presentación Especial: "**El Río Pilcomayo: Un Caso de Estudio**"

Luís Meyer - Director Nacional de la Comisión Nacional del Río Pilcomayo, Asunción, Paraguay.

15:00-16:30 Sesiones de los Grupos de Trabajo

16:45-18:00 Continuación de las sesiones de los Grupos de Trabajo

1 de diciembre

7:30-10:30 Visita a Itaipu Binacional

10:30-10:45 Sesión Plenaria: Presentación de las conclusiones y recomendaciones de los Grupos de Trabajo

10:45-11:45 Discusión en Plenario

11:45-12:30 Resumen General, Conclusiones y Clausura





Anexo 2/Appendix 2 - Lista de participantes - List of participants

ARGENTINA

Víctor Pochat

Director Nacional de Recursos Hídricos
Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos
Hipólito Yrigoyen 250, Of. 1110
1310 Buenos Aires, Argentina
Tel.: (54-1)349-7603
Fax: (54-1) 349-7596

Adolfo Saracho

Primer Delegado Argentino ante la Comisión Binacional para el Desarrollo de la Cuenca Alta del Río Bermejo
Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto
Dirección de América del Sur Reconquista 1088, 9° piso
Buenos Aires, Argentina
Tel.: (54-1)311-9883
Fax: (54-1)313-9104

Julio César Fossati

Asesor para los Problemas de los Ríos Bermejo y Pilcomayo
Ayacucho 1157 - 60. B
1111 Buenos Aires, Argentina
Tel.: (54-1)811-5281 Fax:
(54-1) 811-5281

Alejandro Felizia

Jefe del Programa Investigación y Desarrollo en Hidrología y Medio Ambiente
Centro Regional Litoral del Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas-INCYTH
Patricio Cullen 6161
3000 Santa Fe, Argentina
Tel.: (54-42)60-4540
Fax: (54-42)60-4540

Gustavo Green

Dirección América del Sur
Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto de la República Argentina
Reconquista 1088 - 9° piso

1310 Buenos Aires,
Argentina Tel: (54-1)311-9883
Fax: (54-1)313-9104

BOLIVIA

Abel Barroso

Director Nacional
Comisión Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo
Edificio CODETAR
Calle España esquina Avenida
Víctor Paz Estenssoro s/n
Tarija, Bolivia
Tel.: (591-66)42610/45246
Fax: (591-66)45246/31004

BRASIL

Paulo Afonso Romano

Secretario de Recursos Hídricos
Ministerio do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazonia Legal
SGAN Quadra 601
Conjunto 1, Lote 1, Edifício CODEVASF
70830-907, Brasilia, DF, Brasil
Tel.: (55-61)224-1004/312-4629
Fax: (55-61)225-6359

Brazílio de Araújo Neto

Director de Coordenação Itaipu Binacional
Avenida Tancredo Neves, s/n
85856-970 Foz do Iguaçu, PR, Brasil
Tel: (55-45) 520-5518/520-5519
Fax: (55-45) 520-6522

Gilberto Valente Canali

Superintendente de Meio Ambiente
Itaipu Binacional
Ave. Tancredo Neves, s/n
85856-970 Foz do Iguaçu, PR, Brasil
Tel: (55-45) 520-5518/520-5519
Fax: (55-45) 520-6522

Roberto Moreira Coimbra

Chefe da Divisão de Controle de Recursos Hídricos
Departamento Nacional de Aguas e Energia Elétrica - DNAEE
Ministerio das Minas e Energia
SGAN Q. 603 N. Mod. J
70830-030 Brasilia, D.F. Brasília

Tel: (55-61) 223-8592

Fax: (55-61) 224-4190

Julio Florencio Filho

Secretario

Secretaria de Recursos Hídricos de Alagoas

Rua Pedro Oliveira Rocha, 748

57057-560 Maceió, AL, Brasil

Tel: (55-82) 241-9799 / 241-9299

Francisco José Coelho Teixeira

Director Técnico

Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará

Rua Antonio Augusto, 555 - Meireles

60110-400 Fortaleza, CE, Brasil

Tel: (55-85) 254-2927

Fax: (55-85) 231-4846

Sérgio Freitas Borges

Gerente de Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Científico e Tecnológico de Santa Catarina

Rua Tenente Silveira, 94 - 10° andar

88010-300 Florianópolis, SC, Brasil

Tel: (55-48) 223-1511

Fax: (55-48) 223-1253

Ciro Loureiro Rocha

Gerente de Políticas de Recursos Hídricos

Direção de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Secretaria de Estado de Desenvolvimento

Urbano e Meio Ambiente de Santa Catarina

Avenida Osmar Cunha, 183 - Ed. Ceisa Center, B1.B

88010-300 Florianópolis, SC, Brasil

Tel: (55-48) 224-6166

Fax: (55-48) 222-9403

Alcides Lyra Lopes

Chefe da Divisão de Hidrologia Operativa

Departamento de Planificação y Análise da Operação Energética - DOE

ELETROBRAS

Rua da Quitanda, 196-7° andar

20091-000 Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Tel: (55-21)233-5351

Fax: (55-21)516-1798

Pedro Augusto Sanguinetti Ferreira

Departamento de Planificação da Defesa Civil

Ministerio do Planejamento e Ordenamento

Esplanada dos Ministerios
70054-904 Brasilia, DF, Brasil
Tel: (55-61)223-4619/223-8920
Fax: (55-61) 226-7588

Rogério Amado Barzellay

Superintendente
Administração das Hidrovias Tocantins y Araguaia
Companhia Docas do Pará Ministerio de Transportes
Rua 85,971 - Setor Sul
74080-010 Goiânia, GO, Brasil
Tel: (55-62) 225-1434
Fax: (55-62) 229-1993

Luiz Eduardo García

Superintendente
Administração da Hidrovia do Paraná
Ministerio de Transportes
Rua 24 de maio, 35 - 9o andar, Conj.B
01041-001 Sao Paulo, SP, Brasil
Tel: (55-11) 223-3747/8936
Fax: (55-11) 220-8689

Bernhard Griesinger

Asesor Técnico
Secretaria de Recursos Hídricos
Ministerio do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazonia Legal
SGAN Quadra 601
Conjunto 1, Lote 1, Edificio CODEVASF 70830-907, Brasilia, DF, Brasil Tel.:
(55-61)225-9420
Fax: (55-61)225-6359

Flávio Machado Moreira

Chefe da Divisão de Recursos Hídricos
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Avenida Pasteur, 404
22290-240 Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Tel: (55-21) 245-4546
Fax: (55-21) 295-6347

Antonio Eduardo L. Lanna

Professor
Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS)
Avenida Bento Gonçalves, 9500
Caixa Postal 15029
Bairro Agronomia
91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil

Tel: (55-51) 339-1355/228-1633
Fax: (55-51) 336-0457/225-7415
E Mail: LANNA@IF1.UFRGS.BR

Olavo Pedrollo

Professor

Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS)

Avenida Bento Gonçalves, 9500

Caixa Postal 15.029

Bairro Agronomia

91501-870 Porto Alegre, RS, Brasil

Tel: (55-51) 336-0457

Fax: (55-51) 336-6456

Nelson Gustavo Ludwig

ELETROSUL - Projeto Garabi

Rua Dep. Antonio Edu Vieira, 999

88040-901 Florianópolis, SC, Brasil

Tel: (55-48) 231-7145

Fax: (55-48) 234-0051 / (55-48) 222-8685

João Ismael Ferreira

Chefe da Divisão de Operações da Subestação de Foz do Iguaçu

Fumas Centrais Elétricas S.A.

Avenida Tancredo Neves, Km 05 - Zona Rural

Caixa Postal 728

85851-000 Foz do Iguaçu, PR, Brasil

Tel: (55-45) 522-2262 / (55-45) 522-3386

Luiz Paulo Johansson

Superintendencia do Meio Ambiente

Departamento do Meio Ambiente Físico

Itaipu Binacional

Avenida Tancredo Neves s/n

85856-970 Foz do Iguaçu, PR, Brasil

Tel: (55-45) 520-6951

Fax: (55-45) 520-6522

Silvio Torquato Junqueira

Assistente da Direção de Coordenação

Itaipu Binacional

Avenida Tancredo Neves, s/n

85856-970 Foz do Iguaçu, PR, Brasil

Tel: (55-45) 520-5518

Fax: (55-45) 520-6998

Ricardo Krauskopf Neto

Divisão de Hidrologia e Estudos Energéticos - OPSH.EO

Itaipu Binacional

Avenida Tancredo Neves, s/n
85856-970 Foz do Iguaçu, PR, Brasil
Tel: (55-45) 520-6861
Fax: (55-45) 522-1414, ramal 2463

José Augusto Sava

Divisão de Hidrologia e Estudos Energéticos - OPSH.EO
Itaipu Binacional
Avenida Tancredo Neves, s/n
85856-970 Foz do Iguaçu, PR, Brasil
Tel: (55-45) 520-6861
Fax: (55-45) 522-1414, ramal 2463

Rubens Almiron

Divisão de Hidrologia e Estudos Energéticos - OPSH.EO
Itaipu Binacional
Avenida Tancredo Neves, s/n
85856-970 Foz do Iguaçu, PR, Brasil
Tel: (55-45) 520-6861
Fax: (55-45) 522-1414, ramal 2461

José Roberto Borghetti

Consultor da Direção Geral Brasileira Itaipu Binacional
Rua Comendador Araújo, 551
80420-000 Curitiba, PR, Brasil
Tel: (55-41)321-4411
Fax: (55-41) 321-4045

CANADÁ

Lúe Mougeot

Administrateur de programme principal
Programme de technologie et environnement
Division de l'environnement et des richesses naturelles
Centre de recherches pour le développement international - CRDI
BP8500
250, rue Albert
Ottawa, Canada, K1G3H9
Tel.: (613)236-6163#2310
Fax: (613) 567-7749
E-mail: LMougeot@idrc.ca

CHILE

Patricio Fernández

Director
CIMA Consultores

Luis Tayer Ojeda #1626

Santiago, Chile

Tel.: (56-2) 223-3338

Fax:(56-2) 223-3500

COLOMBIA

Luz Helena Abello

Unidad Técnica Colombiana

Calle 108-A No. 25-76

Santafé de Bogotá, Colombia

Tel.: (57-1)214-6678

Fax: (57-1) 214-3060

Héctor Guzmán

Asesor de Hidrología Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM

Carrera 5ta. No. 1580, Piso 17

Santafé de Bogotá, Colombia

Tel.: (57 1)286-0658/284-8120

Fax: (57-1) 286-0658

David Ojeda Award

Asesor Especial del Director

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM

Carrera 5ta. No. 1580, Piso 18

Santafé de Bogotá, Colombia

Tel: (57-1)286-0658

Fax: (57-1) 286-0658/284-9416

ECUADOR

Félix Cabrera

Director del Proyecto Cuenca Baja del Río Guayas

Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Guayas - CEDEGE

Malecón y Loja junto a Gamavisión, planta baja

Guayaquil, Ecuador

Tel: (593-9)74-4234

Fax: (593-4) 23-2400

Marco Córdova

Comisión Asesora Ambiental

10 de agosto 3560 y Mariana de Jesús

Edificio Metrocar, 4to. piso

Quito, Ecuador

Tel: (593-2)540-455/540-920

Fax: (593-2)565-809

Juan Poveda

Instituto Ecuatoriano para el Ecodesarrollo de la Región Amazónica Ecuatoriana

Unidad Técnica Ecuatoriana
Av. Shyris #3147 e Isla Tortuga
Edificio FilanCARD, 5to. Piso
Quito, Ecuador
Tel: (593-2)255-543
Fax: (593-2)255-540

PARAGUAY

Luis Meyer

Director Nacional de la Comisión Río Pilcomayo
Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avenida Mariscal López 2349
Asunción, Paraguay
Tel: (595-21)60-0730/60-9191
Fax: (595-21)60-0730

José Miguel Rivarola Sosa

Itaipu Binacional
División de Hidrología y Estudios Energéticos - OPH.EO
Supercarretera s/n
Ciudad del Leste, Paraguay
Tel: (595-61) 572-641, ramal 6832
Fax: (595-61) 572-662, ramal 2463

PERU

Alberto Yamamoto Miyakawa

Jefe
Instituto Nacional de Desarrollo - INADE
Calle Tarata 160, Miraflores
Lima, Perú
Tel: (51-1)446-9031
Fax: (51-1) 445-5457

ESTADOS UNIDOS

Gerald E. Galloway

Dean of Faculty and Academic Programs
Industrial College of the Armed Forces
Fort McNair
Washington D.C. 20319, U.S.A.
Tel.: (202)475-2028
Fax: (202) 475-0717

Al Grosboll

Senior Advisor to the Governor
Office of Governor-Illinois
2 1/2 State House

Springfield, IL 62706, U.S.A.

Tel.: (217)524-1395

Fax: (217) 524-1678

Christopher D. Ungate

Water Resource Management Group

Tennessee Valley Authority - TVA

400 West Summit Hill Ave.

Knoxville, TN 37902-1499, U.S.A.

Tel.: (423)632-8502

Fax: (423)632-6137

E-mail: cungate@mhs-tva.attmail.com

VENEZUELA

Julio Lescarbura

Asesor Técnico

Dirección de Hidrología y Meteorología

Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales Renovables - MARNR

Esquina de Camejo, Edif. Camejo, piso 5

Centro Simón Bolívar, El Silencio

Caracas, Venezuela

Tel: (58-2)952-2853/952-2411

Fax: (58-2)952-2853

ORGANISMOS INTERNACIONALES

Alfred Duda

Senior Environmental Specialist (Water Resources)

Global Environment Facility-GEF

1818 H Street, NW, Room G6035

Washington, D.C. 20433, U.S.A.

Tel.: (202)473-1077

Fax: (202)522-3240

E-mail: aduda@worldbank.org

Jeffrey Thornton

Senior Program Officer

Freshwater Unit

United Nations Environment Programme-UNEP

P.O. Box 30552

Nairobi, Kenya

Tel: (254-2) 62-3242

Fax: (254-2) 62-4249

E-mail: jeffrey.thornton@unep.no

ORGANIZACION DE LOS ESTADOS AMERICANOS

Newton V. Cordeiro

Jefe de la División Geográfica del Area de América del Sur
Organización de los Estados Americanos - OEA
Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente - DDRMA
1889 F Street, N.W.
Washington, D.C. 20006, U.S.A.
Tel.: (202)458-3556
Fax: (202)458-3560
E-mail: cordeiro_newton@oas.org

Nelson da Franca Ribeiro dos Anjos
Especialista Principal en Recursos Hídricos
Organización de los Estados Americanos - OEA
Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente - DDRMA
1889 F Street, N.W.
Washington, D.C. 20006, U.S.A.
Tel.: (202)458-3454
Fax: (202) 458-3560
E-mail: regional_development@oas.org

Roger Amisial
Coordinador del Programa Interamericano OEA-CIDIAT
Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente - DDRMA
Apartado Postal 219
5101-A, Mérida
Mérida, Venezuela
Tel: (58-74)44-9582/44-2647
Fax: (58-74)44-1461
E-mail: cidiat@dino.conicit.ve

Stephen Bender
Technical Advisor
Organization of American States-OAS
Department of Regional Development and Environment - DRDE
1889 F Street, N.W.
Washington D.C., 20006, U.S.A.
Tel.: (202)458-3005
Fax: (202)458-3560
E-mail: bender_stephen@oas.org
E-mail: regional_development@oas.org





Anexo 3/Appendix 3 - Componentes de los grupos e trabajo - Working groups

Grupo 1. *Lineamientos de políticas de reducción de la vulnerabilidad a inundaciones en cuencas hidrográficas*

Group 1. *Guidelines for policies to reduce the vulnerability of river basins to floods*

- David Ojeda (Presidente)
- Pedro Augusto Sanguinetti Ferreira
- Jeffrey Thornton
- Félix Cabrera
- Gerald E. Galloway
- Patricio Fernández
- Olavo Pedrollo
- Newton V. Cordeiro

Grupo 2. *Uso de la información sobre los impactos de inundaciones en la preparación de proyectos de inversión, en la gestión y en el desarrollo sostenible de cuencas hidrográficas*

Group 2. *Use of information on the impact of floods in the planning of investment projects, watershed management, and the sustainable development of river basins*

- Alfred Duda (Presidente)
- Julio Lescaboura Solá
- Alejandro Felizia
- José Miguel Rivarola Sosa
- Christopher D. Ungate
- Luc Mougeot
- Flavio M. Moreira
- Eduardo Lanna
- Allen Grosboll
- Roger A. Amisial
- Stephen Bender
- Juan Poveda

Grupo 3. *Cooperación hemisférica, intercambio de informaciones y experiencias*

Group 3. *Hemispheric cooperation and the exchange of information and experiences*

- Bernhard Griesinger (Presidente)

- Víctor Pochat
- Héctor Guzmán
- Nelson Gustavo Ludwig
- Abel Barroso
- Alberto Yamamoto Miyakawa
- Roberto Coimbra
- Marco Córdova
- João Ismael Ferreira
- José Augusto Sava
- Luz Helena Abello
- Nelson da Franca





Anexo 4/Appendix 4 - Presentaciones - Presentations

[Anexo 4.1/Appendix 4.1 - Las mayores crecidas en la cuenca del Plata](#)

[Referencias bibliográficas](#)

[Anexo 4.2/Appendix 4.2 - Controle de cheias nos reservatório do setor elétrico brasileiro na bacia do alto paraná](#)

[Referncias bibliográficas](#)

[Anexo 4.3/Appendix 4.3 - The Mississippi basin flood of 1993](#)

[References](#)

[Anexo 4.4/Appendix 4.4 - Programa de mitigación de inundaciones de la cuenca del río Magdalena-Colombia](#)

Anexo 4.1/Appendix 4.1 - Las mayores crecidas en la cuenca del Plata

por Víctor Pochat

RESUMEN EJECUTIVO

El sistema fluvial del Río de la Plata, con una superficie de cerca de 3.100.000 km², se extiende por los territorios de la Argentina, el Brasil, Bolivia, el Paraguay y el Uruguay, estando formado por tres grandes unidades hidrográficas, el Paraná, el Uruguay y el Paraguay.

Presenta una gran variedad climática, a la cual se agrega la fertilidad de sus suelos, sus reservas minerales, un gran potencial hidroeléctrico y la disponibilidad de vías navegables, lo que ha motivado que se congregue una vasta porción de la población y de la actividad económica de los países que integran su territorio.

Dada su ubicación y extensión, se destaca por su complejidad hidrológica, motivada por notables variaciones en el régimen de precipitaciones y la marcada diversidad geomorfológica, topográfica y de cobertura vegetal de las distintas subcuencas.

La principal fuente de alimentación de los ríos de la Cuenca es pluvial. La precipitación media anual disminuye desde el rango de 2.400-1.400 mm en el este hasta el de 1.000-400 mm en el oeste.

En el norte, el 80% del total anual se concentra en los cinco meses que van desde noviembre hasta marzo,

pero este grado de estacionalidad se reduce hacia el sur. En la cuenca del Uruguay casi no hay estacionalidad, siendo la precipitación promedio relativamente uniforme a lo largo del año.

Los caudales medios anuales del río Paraná son de 12.480 m³/s en Posadas y de 16.320 m³/s en Corrientes. En los ríos Paraguay y Uruguay, los valores respectivos son de 3.840 m³/s en Puerto Bermejo y de 4.640 m³/s en Concordia.

La complejidad hidrológica se manifiesta, entre otros aspectos, en la distribución estacional de los caudales anuales. Mientras en Posadas, sobre el río Paraná, esa distribución responde al patrón de precipitaciones, en Puerto Bermejo, sobre el Paraguay, el esquema se revierte totalmente, por efecto del almacenamiento en la zona de expansión denominada Pantanal.

Desde fines del siglo pasado se han registrado crecidas muy importantes, con caudales muy elevados y, en algunos casos, una larga duración.

La mayor parte de esos episodios extremos ocurrieron a partir de mediados de la década del 60, llamando la atención no sólo la magnitud de sus picos (los mayores, 60.200 m³/s en julio de 1983 y 54.000 m³/s en junio de 1992, en Corrientes) - comparable al de las crecidas del siglo XIX y comienzos de este siglo -, sino el aumento de su frecuencia, consecuencia probablemente de los cambios en la incidencia de los sistemas climáticos de gran escala que provocan inundaciones, con implicancias fundamentales en la estimación de los riesgos. En cuanto a la duración, es notable la permanencia del suceso de 1982/3, en el cual los caudales superaron los 30.000 m³/s durante 273 días, en la estación mencionada.

Al tener en cuenta esa realidad, se aconseja basar los estudios estadísticos en muestras posteriores a 1960 y considerar a las crecidas como eventos completos, dando importancia tanto a sus picos como a su duración.

El impacto sobre la actividad social y económica de la región puede evaluarse a partir de las estimaciones de los daños directos e intangibles, los cuales, para las crecidas de 1982/3 y 1991/2 indican valores de 2614 y 513 millones de dólares para los primeros, mientras que para los segundos, cabe mencionar, por ejemplo, 2.350.000 y 3.126.000 ha inundadas, y 234.685 y 122.503 personas evacuadas, respectivamente.

En Argentina, hay actualmente una serie de medidas en curso y previstas para rehabilitar la infraestructura dañada, proteger la vida y propiedad de una gran parte de los pobladores potencialmente afectados, mejorar su calidad de vida, garantizar el normal y pleno desarrollo de las actividades productivas y la integridad, seguridad y funcionamiento ininterrumpido de las vías de comunicación y transporte en el área de influencia de los ríos principales de la Cuenca.

El informe presentado a continuación está dividido en cinco partes:

1. Características Generales
2. Características Hidrológicas
3. Crecidas más Importantes
4. Estimación de Daños por Crecidas
5. Programas de Mitigación

1. Características Generales

El sistema fluvial del Río de la Plata, uno de los mayores del mundo, abarca una superficie de cerca de 3.100.000 km², que se extiende por los territorios de la Argentina, el Brasil, Bolivia, el Paraguay y el

Uruguay (Fig. 1). Las coordenadas extremas se ubican entre los meridianos 67°00' y 43°00', y los paralelos 14° 05' y 37° 37' (Ref. 7).

Dentro del sistema cabe diferenciar tres grandes unidades hidrográficas, el Paraguay, el Paraná y el Uruguay.

La cuenca del río Paraguay abarca 1.095.000 km², recorriendo 2.550 km. desde la Chapada de Pareíis hasta su desembocadura en el Paraná. La mayor parte se extiende por una inmensa llanura de naturaleza aluvial, de muy escasa pendiente y con extensas planicies de inundación.

En la parte superior de la cuenca, las márgenes del Paraguay son bajas e inundables y presentan una zona de expansión denominada Pantanal, que cubre cerca de 60.000 km². Este enorme almacenamiento natural tiene una influencia decisiva en el régimen de escurrimiento y en la hidrología de las inundaciones.

El valor medio estimado de la pendiente del río es de cerca de 0,037 m/km.

En el tramo que se extiende desde la desembocadura del río Apa - límite entre el Brasil y el Paraguay - hasta unos 40 km aguas abajo de Asunción, la zona inundable se restringe a un ancho variable de 5 a 10 km y ocupa solamente la margen derecha. El límite inferior de la zona está bien marcado por una quebradura acentuada del perfil longitudinal. Desde este límite hasta el río Paraná, se extiende la zona de desembocadura. En las grandes crecidas el río se desborda sobre las dos márgenes, ocupando una faja de un ancho que varía entre 10 y 15 km.

El Paraná es el río más importante del sistema hidrográfico del Río de la Plata, debido a la magnitud de sus derrames, la extensión de su área tributaria y la longitud de su curso. La superficie de su cuenca abarca 1.510.000 km², sin contar la de la subcuenca del río Paraguay.

Todo el Paraná superior se encuentra en el Brasil, para ser luego y sucesivamente límite brasileño-paraguayo hasta la confluencia con el río Iguazú, argentino-paraguayo y, finalmente, después de confluir con el río Paraguay, internarse en territorio argentino hasta su desagüe en el Río de la Plata.

Su longitud es de 2.570 km desde la confluencia entre el Paranaíba y el Grande - que le dan origen - hasta su desembocadura, y de 3.740 km, si se le agrega el recorrido del primero.

El lecho de su curso superior tiene un perfil escalonado con dos notorios quiebres de la pendiente en Urubupungá y Guaira. Otras caídas menores y la presencia de rápidos caracterizan su perfil longitudinal, consecuente con la estructura geológica y sus accidentes tectónicos.

Figura 1 - Cuenca del Plata

El lecho es de dimensiones muy irregulares: de 4.000 m aguas arriba de Guaira a únicamente 60 m de ancho en Itaipú. Hasta confluir con el Paraguay - cuyas aguas remansa - su anchura fluctúa entre los 150 y los 2.500 m frente a Posadas. Al oeste de esta ciudad el río Paraná diversificaba su cauce presentando una serie de islas, que determinaban la formación de brazos que dividían el escurrimiento fluvial, situación que ha sufrido modificaciones por la presencia del embalse de Yacyretá.

Luego de unirse al Paraguay, el río descende con muy leve pendiente, 0,036 m/km, hasta su desembocadura. Su ancho va disminuyendo desde los 4.200 m frente a Corrientes a 2.000 m en Rosario. El lecho de inundación es, sin embargo, bastante mayor y extendido casi totalmente sobre la margen derecha, mucho más baja. Los anchos de esta planicie de inundación, que varían entre 13 km frente a Corrientes y

56 km en la sección Rosario-Victoria, señalan la enorme extensión que puede abarcar el Paraná en sus grandes crecidas.

En este tramo medio e inferior, el cauce principal presenta numerosas islas, diseminadas a lo largo de su curso, las cuales son cubiertas totalmente por las aguas de crecida.

Su delta terminal, con numerosos brazos, se inicia a 320 km de la desembocadura y con un ancho que varía entre los 18 y 61 km, cubre un área de 14.100 km². El notable avance frontal de este delta, puede explicarse por la extraordinaria cantidad de sedimentos que transporta el río.

El río Uruguay es el segundo sistema fluvial en importancia, con un desarrollo de cerca de 1.600 km. Nace también en territorio brasileño, aproximadamente a 1.800 m de altura.

Algunos kilómetros aguas abajo de la confluencia con el Pepiri-Guazú, donde el río Uruguay pasa a ser límite entre la Argentina y el Brasil, se estrecha entre paredes rocosas, formando cataratas donde el río pasa de 450 a cerca de 20 m de ancho.

La cuenca superior se desenvuelve sobre rocas de origen volcánico. En la parte centro-oeste de la región aparecen otros tipos litológicos entre los que se destaca el aluvión a lo largo de los ríos Santa María e Ibicuí.

Sus afluentes más importantes provienen del este. Son ríos con cuencas relativamente pequeñas, pero de considerable caudal. El Quaraí sirve de límite entre el Brasil y el Uruguay. El mayor tributario del Uruguay es el río Negro, que desemboca a menos de 100 km del estuario del Plata. Luego de esa confluencia, el Uruguay se ensancha convirtiéndose, virtualmente, en una extensión del Río de la Plata, cuya cuenca propia abarca otros 130.000 km².

Dada su gran extensión, la cuenca del Plata presenta una gran variedad de condiciones climáticas: tropical en la cabecera del río Paraguay; subtropical en las llanuras del Chaco argentino-paraguayo, en el nordeste argentino y en los estados del sudeste brasileño; templado en el sur de la Mesopotamia Argentina - entre los ríos Paraná y Uruguay - en el sur de Brasil y en el Uruguay; seco en las nacientes de los tributarios en Bolivia y en el noroeste de Argentina.

Esta variedad climática, a la cual se agrega la fertilidad de sus suelos, sus reservas minerales, el potencial hidroeléctrico de sus grandes ríos y la disponibilidad de vías navegables, ha congregado una vasta porción de la población y de la actividad económica de los países que integran el territorio de la Cuenca. (Ref. 3)

Figura 2 - Marcha anual de los caudales medios mensuales en porcentaje del caudal medio anual

[Río Paraná en posada 1901-1992](#)

[Río Paraguay en puerto Bermejo 1910-1993](#)

[Río Paraná en Corrientes 1904-1993](#)

[Río Uruguay en concordia 1898-1993](#)

2. Características Hidrológicas

La principal fuente de alimentación de los ríos de la Cuenca es pluvial; sólo nieve en las cabeceras de algunos de ellos, representando un porcentaje muy bajo del total. La precipitación media anual disminuye

desde el rango de 2.400-1.400 mm en el este hasta el de 1.000-400 mm en el oeste (Ref. 7). En las cuencas del Iguazú y del Alto Uruguay, las lluvias anuales medias son las más altas de la Cuenca del Plata.

En el norte, el 80% del total anual se concentra en los cinco meses que van desde noviembre hasta marzo, pero este grado de estacionalidad se reduce hacia el sur. En la cuenca del Uruguay casi no hay estacionalidad, siendo la precipitación promedio relativamente uniforme a lo largo del año (Ref.5).

En cuanto a los caudales, se dispone de registros sistemáticos a partir de principios de este siglo. El Cuadro 1 presenta los caudales medios anuales en ciudades de Argentina.

Cuadro 1 CAUDAL MEDIO ANUAL EN DETERMINADAS CIUDADES DE LA CUENCA DE LOS RÍOS PARANÁ, PARAGUAY Y URUGUAY

| Río | Sitio | Area de la Cuenca (km²) | Caudal Medio Anual (m³/s) |
|------------|----------------|---|---|
| Paraná | Posadas | 933.600 | 12.480 |
| Paraguay | Puerto Bermejo | 1.095.000 | 3.840 |
| Paraná | Corrientes | 2.067.000 | 16.320 |
| Uruguay | Concordia | 249.312 | 4.640 |

Fuente: Elaboración propia en base a Ref.5

La complejidad hidrológica de la Cuenca del Plata comienza a surgir cuando se examina la distribución estacional de los caudales anuales (Fig.2). En Posadas, sobre el río Paraná, esa distribución es la esperada en base al patrón estacional de precipitaciones, teniendo en cuenta los efectos de retardo en una cuenca tan grande; los caudales promedio más altos ocurren entre diciembre y abril.

En Puerto Bermejo, sobre el río Paraguay, el esquema se revierte completamente. Los flujos de entrada al Pantanal siguen la distribución estacional esperada, pero su almacenamiento natural modifica el flujo de salida, ocasionando se demore hasta seis meses. Aguas abajo, los caudales promedio más altos ocurren entre agosto y noviembre.

En Corrientes, sobre el río Paraná, la integración de esos dos regímenes de caudal tiene como consecuencia una distribución más pareja del caudal promedio a lo largo del año. Podría suponerse que la compensación de las estaciones de caudales pico en el Paraná y el Paraguay reduce la intensidad del riesgo de inundación aguas abajo de la confluencia. Sin embargo, esto no es enteramente así, ya que la distribución estacional del riesgo de inundación es más compleja que lo que sugiere la marcha anual de los caudales medios mensuales (Ref.5).

En Concordia, sobre el río Uruguay, dicha marcha no parece reflejar, a primera vista, la distribución estacional de precipitaciones para la cuenca superior, que es relativamente uniforme mes a mes, mientras que los caudales se presentan con un período intenso de caudales bajos entre enero y marzo. Esta discrepancia parecería sugerir que en dichos meses el escurrimiento es bajo. Sin embargo, ésta es una conjetura que revela lo poco que se comprende el funcionamiento espacial y temporal de lluvias y su relación con la intensidad y duración de las crecidas.

3. Crecidas Más Importantes

Desde fines del siglo pasado ocurrieron una cantidad de eventos importantes. En el Cuadro 2 se muestran los diez episodios más extremos, en cuanto a caudal pico, en cuatro sitios. De esta información, surge que

sobre el río Paraná y el río Paraguay, la mayor parte de los eventos más importantes ocurrieron a partir de 1965 y en cuanto al río Uruguay, cuatro de los eventos más importantes desde 1898 ocurrieron a partir de 1972.

Cuadro 2 - ORDENAMIENTO DE LOS CAUDALES PICO EN CUATRO SITIOS EN LA CUENCA DEL PLATA

Río Paraná en Posadas 1901/2-1991/2

| Año(1) | Mes | m³/s |
|---------------|------------|------------------------|
| 1904/5 | Mayo | 53.200 |
| 1982/3 | Julio | 50.900 |
| 1991/2 | Junio | 48.800 |
| 1989/90 | Enero | 42.800 |
| 1986/7 | Mayo | 38.800 |
| 1935/6 | Junio | 38.800 |
| 1965/6 | Febrero | 37.900 |
| 1922/3 | Junio | 37.700 |
| 1928/9 | Marzo | 36.000 |
| 1983/4 | Setiembre | 32.700 |

Río Paraguay en Puerto Bermejo 1910/11 - 1992/3

| Año(1) | Mes | m³/s |
|---------------|------------|------------------------|
| 1982/3 | Junio | 10.600 |
| 1991/2 | Junio | 9.200 |
| 1987/8 | Agosto | 8.600 |
| 1965/6 | Marzo | 8.400 |
| 1992/3 | Noviembre | 8.400 |
| 1981/2 | Agosto | 8.200 |
| 1988/9 | Setiembre | 8.100 |
| 1939/40 | Junio | 8.000 |
| 1911/12 | Enero | 8.000 |
| 1978/79 | Junio | 8.000 |

Cuadro 2 - ORDENAMIENTO DE LOS CAUDALES PICO EN CUATRO SITIOS EN LA CUENCA DEL PLATA (Continuación)

Río Paraná en Corrientes 1904/5 - 1992/3

| Año(1) | Mes | m³/s |
|---------------|------------|------------------------|
| 1982/3 | Julio | 60.200 |

| | | |
|---------|---------|--------|
| 1991/2 | Junio | 54.000 |
| 1904/5 | Junio | 50.000 |
| 1989/90 | Febrero | 43.800 |
| 1965/6 | Marzo | 43.800 |
| 1928/9 | Marzo | 39.100 |
| 1911/12 | Enero | 39.000 |
| 1986/7 | Mayo | 38.000 |
| 1981/2 | Julio | 38.000 |
| 1922/3 | Junio | 38.100 |

(1) Año hidrológico (setiembre a agosto) Fuente: Ref.5

Río Uruguay en Concordia 1898 - 1993

| Año (2) | Mes | m ³ /s |
|---------|-----------|-------------------|
| 1959 | Abril | 35.500 |
| 1941 | Mayo | 29.300 |
| 1983 | Julio | 28.300 |
| 1986 | Abril | 28.100 |
| 1929 | Octubre | 27.800 |
| 1992 | Junio | 27.700 |
| 1972 | Junio | 26.600 |
| 1899 | Setiembre | 25.200 |
| 1923 | Junio | 24.900 |
| 1907 | Setiembre | 24.800 |

(2) Año Calendario

Si el mecanismo de generación de excedentes hubiera sido homogéneo a lo largo del tiempo, estos datos serían estadísticamente improbables. Al no haber sido así, significa que la incidencia de las crecientes en la Cuenca del Plata aumentó en las últimas dos o tres décadas (Ref.5).

Existen referencias sobre crecidas extraordinarias ocurridas en Corrientes en 1612 y 1748, mientras que la disponibilidad de datos en cuanto a niveles fluviales del siglo XIX permite realizar estimaciones del caudal asociado a las crecidas notables del 1812, 1858 y 1878. (Cuadro 3).

Cuadro 3 RIO PARANÁ EN CORRIENTES: ORDENAMIENTO DE LOS SEIS CAUDALES EXTREMOS MÁS IMPORTANTES (1800-1993)

| Año | Caudal m ³ /s |
|------|--------------------------|
| 1983 | 60.200 |
| 1812 | 58.000 |

| | |
|------|--------|
| 1992 | 54.000 |
| 1858 | 52.000 |
| 1878 | 51.000 |
| 1905 | 50.000 |

Fuente: Ref.5

Figura 3 - Ríos Paraná y Paraguay, hidrogramas de los cuatro mayores eventos (en términos de pico) registrados en Corrientes, posadas y pto.bermejo (A)

Figura 3 - Ríos Paraná y Paraguay, hidrogramas de los cuatro mayores eventos (en términos de pico) registrados en Corrientes, posadas y pto.bermejo (B)

Figura 3 - Ríos Paraná y Paraguay, hidrogramas de los cuatro mayores eventos (en términos de pico) registrados en Corrientes, posadas y pto.bermejo (C)

Figura 3 - Ríos Paraná y Paraguay, hidrogramas de los cuatro mayores eventos (en términos de pico) registrados en Corrientes, posadas y pto.bermejo (D)

Los valores estimados podrían sugerir que la *magnitud* de los picos de crecidas recientes no es excepcional, sino que el aumento de la *frecuencia* de los eventos extremos a partir de 1960 representa un cambio significativo en la incidencia de los sistemas climáticos de gran escala que provocan inundaciones.

En cuanto a la duración de los mayores episodios de inundación de este siglo en la cuenca del río Paraná/Paraguay, es notable la permanencia del suceso de 1982/3 (Figura 3 y Cuadro 4).

Cuadro 4 RÍO PARANÁ EN CORRIENTES: DURACIÓN DE DIVERSAS CRECIDAS REGISTRADAS

| Caudales del río Paraná en | Duración en Corrientes (días) | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|------|-------|-------|
| | 82/3 | 91/2 | 05/06 | 89/90 |
| Corrientes (m ³ /s) | | | | |
| Caudal > 30.000 | 273 | 65 | 65 | 40 |
| Caudal > 40.000 | 165 | 18 | 20 | 9 |
| Caudal > 50.000 | 62 | 6 | 1 | 0 |

Fuente: Ref.5

La explicación para la duración del episodio de 1982/3 es la secuencia de lluvias mensuales registradas en un solo período de doce meses. Entre junio de 1982 y mayo de 1983, las precipitaciones de la cuenca en junio, noviembre, enero y mayo fueron las mayores jamás registradas en esos meses desde comienzos del siglo. Por lo tanto, el evento resultante debe considerarse sumamente raro teniendo en cuenta la distribución probabilística conjunta de la magnitud de la lluvia, su duración, y por la poca probabilidad de que cuatro lluvias máximas mensuales ocurran en un mismo año.

Los eventos 1905/06, 1989/90 y 1991/2 representan episodios de inundación más típicos sobre el río Paraná y tienen mucho en común; en especial las inundaciones de 1905/6 y 1991/2. Una característica particular - y llamativa para una cuenca tan grande - es la rapidez con que el hidrograma crece en cada uno

de estos eventos. En las dos semanas anteriores al arribo del pico a Comentes, la tasa de crecimiento de los tres eventos es casi idéntica ($1.400 \text{ m}^3/\text{s}$ por día). Los hidrogramas son notablemente simples en cuanto a la forma; sólo el correspondiente al episodio de 1992 presenta aportes diferenciados de distintas subcuencas de aguas arriba. En Corrientes, las tasas de recesión también son rápidas, y por lo general constituyen alrededor del 50% de la tasa creciente ($700 \text{ m}^3/\text{s}$ por día) (Fig. 3).

Estos datos indican que la respuesta de la cuenca del Paraná aguas arriba de Corrientes, ante lluvias breves (semanas más que meses), es relativamente uniforme. En cambio, las crecidas muy severas se producen por eventos de lluvia en escala sinóptica, por lo que grandes áreas se ven afectadas por precipitaciones inusualmente prolongadas y extensas.

[Figura 4 - Río Uruguay, hidrogramas de los cuatro mayores eventos \(en términos de pico\) registrados en concordia \(A\)](#)

[Figura 4 - Río Uruguay, hidrogramas de los cuatro mayores eventos \(en términos de pico\) registrados en concordia \(B\)](#)

[Figura 4 - Río Uruguay, hidrogramas de los cuatro mayores eventos \(en términos de pico\) registrados en concordia \(C\)](#)

[Figura 4 - Río Uruguay, hidrogramas de los cuatro mayores eventos \(en términos de pico\) registrados en concordia \(D\)](#)

Las condiciones más críticas para producir crecidas en Posadas y Corrientes se asocian con lluvias en toda la cuenca del Paraná, provocando caudales de base altos y caudales pico de la parte superior de la cuenca, con posteriores tormentas concentradas en la parte inferior de la cuenca superior, como ocurrió en 1982/3 y 1992 (Ref. 2).

Tal como se ve en la Figura 3, el aporte de los caudales del río Paraguay al pico de caudal en Comentes no es relevante frente a las descargas que llegan desde Posadas. Las inundaciones en la parte inferior de la cuenca del Paraguay, aguas abajo de Asunción, no se relacionan tanto con el caudal en el propio río, sino con el efecto de remanso aguas arriba de la confluencia con el Paraná.

En la Figura 4, se presentan los hidrogramas de los cuatro eventos de crecida del río Uruguay en Concordia, más grandes por su pico, desde 1898. El caudal es mucho más variable que sobre el Paraná, como es de esperarse en una vertiente mucho menor, cuyo almacenamiento natural es tan distinto. La distribución temporal de las lluvias se ve más claramente en la variación de caudales a lo largo del año, y resulta evidente el aporte de los distintos afluentes y subcuencas. La falta de almacenamiento queda manifiesta con los tres episodios de 1983, separados por períodos de caudales mucho menores. Este hidrograma puede compararse con el de Corrientes del mismo año, donde el impacto del almacenamiento aseguró la continuidad de caudales elevados por más tiempo. Aun así, el evento de 1983 sobre el Uruguay, al igual que sobre el Paraná, sigue siendo el de más larga duración de caudales extremos, según indica el Cuadro 5.

Cuadro 5 Río Uruguay en Concordia: Duración de diversas crecidas registradas

| Caudales del río Uruguay en Concordia (m^3/s) | Duración en Concordia (días) | | | |
|---|-------------------------------------|------|------|------|
| | 1959 | 1941 | 1983 | 1986 |

| | | | | |
|-----------------|----|----|-----|----|
| Caudal > 10.000 | 74 | 98 | 147 | 92 |
| Caudal > 20.000 | 10 | 29 | 47 | 11 |

Fuente: Ref.5

En el Cuadro 6 se muestra el tiempo y la velocidad de traslado de los caudales pico en el río Paraná.

Cuadro 6 Río Paraná: Tiempos medios de tránsito de los caudales y velocidades en determinados tramos

| Zona | Distancia (km) | Tiempo (días) | Velocidad (m/s) |
|----------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|
| Jupia - Guaira | 499 | 4 | 1,4 |
| Guaira - Posadas | 664 | 2 | 3,8 |
| Posadas - Corrientes | 376 | 5-6 | 0,75-0,9 |
| Corrientes - Rosario | 788 | 30 | 0,3 |

Fuente: Ref. 5

Para el río Paraguay, la incidencia estacional de las inundaciones concuerda con la distribución de los caudales medios mensuales, aunque podría haberse esperado que la frecuencia de los picos de caudal en Puerto Bermejo fuera mayor más avanzado el año. El hecho de que estos picos se limiten al período entre mayo y julio refleja el impacto del almacenamiento en el Pantanal y la atenuación relativamente constante de los caudales de crecida.

En cuanto a la estacionalidad, el régimen de crecida más complejo es el del Uruguay, donde se dan dos estaciones de crecida bien diferenciadas, y donde la mayor probabilidad de que el pico de caudal máximo anual ocurra es en octubre (Ref. 5). El Uruguay y el Paraná están, por lo general, desfasados en cuanto a la ocurrencia de crecidas en un año determinado, hecho que se relaciona, sin duda, con el tamaño de la cuenca, la diferencia de almacenamiento natural y el régimen pluvial.

Sin embargo, este panorama de la distribución estacional de los caudales pico anuales resulta inconsistente con la ocurrencia de los mayores eventos registrados. De las diez mayores crecidas registradas en Posadas desde 1900, seis ocurrieron entre mayo y julio (ver Cuadro 2), cuando la probabilidad promedio de que haya aguas altas es relativamente baja. Esto se entiende por el hecho de que los eventos más extremos son la consecuencia de estados de caudal iniciales muy altos que deberían ocurrir en febrero y marzo. Además, se agregan los volúmenes provenientes de tormentas tardías, que tienden a generar los estados más críticos, tal como ocurrió en 1904/5, 1982/3, 1991/2, 1986/7, 1922/3 y 1928/9.

Sobre el Uruguay, existe una discrepancia similar entre la ocurrencia, en un año, de los estados de crecida "promedio" y extremas. Sólo uno de los diez eventos más importantes ocurrió en octubre, y siete tuvieron el pico entre abril y julio, aparentemente la menor de las dos estaciones de caudales altos.

Cualquier evento de crecida mayor en una cuenca significa apartarse del estado promedio, pero la ocurrencia y la duración de dicho apartamiento, por lo general, sigue un modelo, que a pesar de ser variable, es razonablemente bien definible. En base a este análisis de la historia y las características de la incidencia y la severidad - dada por la magnitud de los picos - de las crecidas, es evidente que éste no es el caso de la Cuenca del Plata, ya que su hidrología de las crecidas es muy compleja, tanto en el espacio como en el tiempo.

El cambio en el régimen hidrológico regional se puede ver claramente graneando los caudales medios mensuales de las cuencas principales antes y después de 1960 (Figura 5). Los resultados son altamente significativos, tanto en el contexto estadístico como hidrológico. Hay una gran consistencia en distintos puntos dentro de la extensa cuenca, lo cual sólo puede justificarse por un cambio sistemático del régimen pluvial regional, tanto en cantidad total como en el patrón de estacionalidad.

Desde el punto de vista de las crecidas y de su ocurrencia, una consecuencia fundamental es que, en promedio, los caudales extremos partirán de caudales iniciales más altos que antes. Por lo tanto, se espera que aumenten los picos de caudal y la duración de los eventos (Ref. 5).

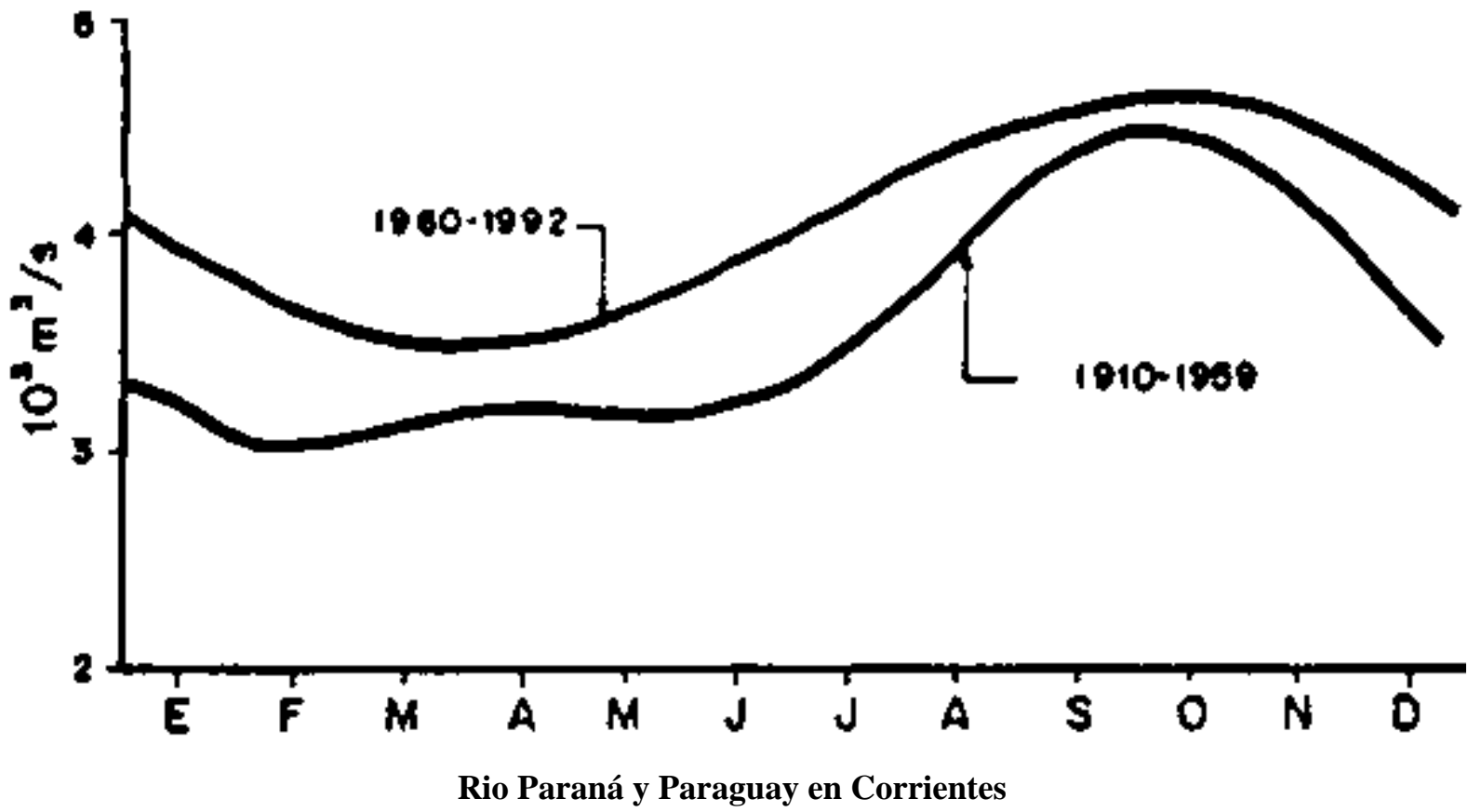
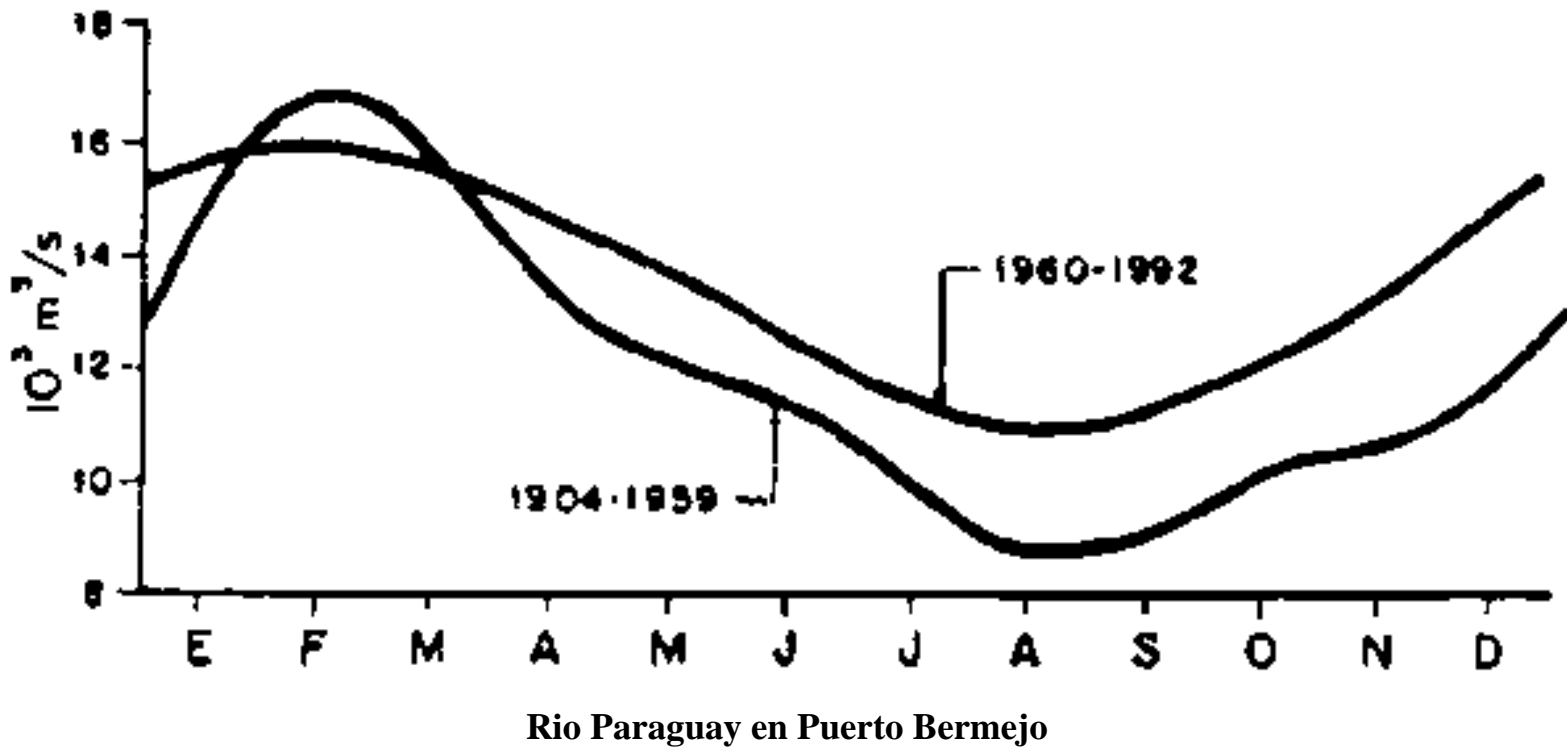
En un estudio del Banco Mundial (Ref. 2) se analizan tres cambios importantes que ocurrieron a partir de la década del '60, los que podrían haber afectado la hidrometeorología de la cuenca: cambios en el uso de la tierra, en especial la desforestación, que pudieron haber aumentado el escurrimiento; el desarrollo hidroeléctrico, principalmente en el Alto Paraná en Brasil, que provocó una mayor regulación y un régimen de caudales bajos más alto, y las precipitaciones durante la estación húmeda, que han sido más altas por lo menos desde 1960, y hacen suponer cambios climáticos, que pueden estar inducidos por el hombre.

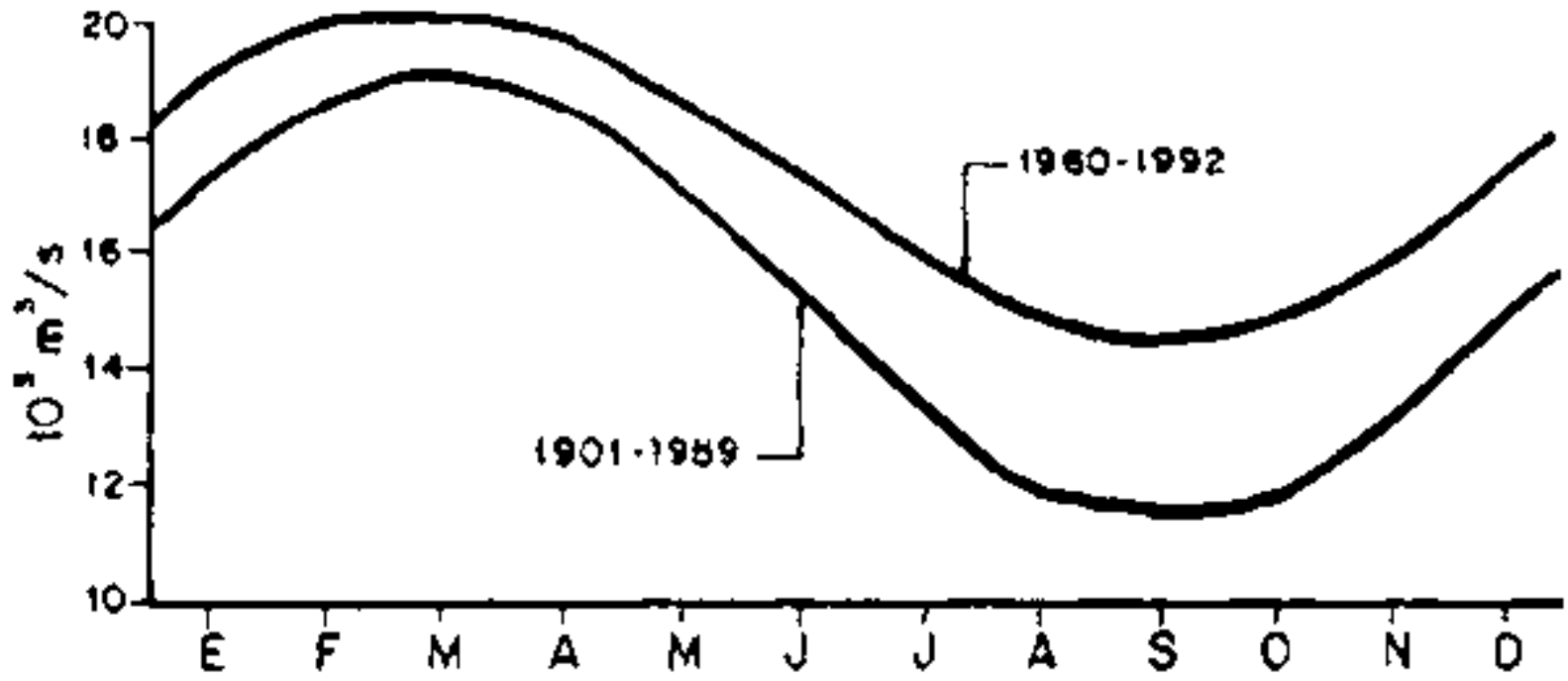
Luego de un análisis sistemático de los datos sobre caudal (principalmente en Posadas y Corrientes), sus autores han concluido que las inundaciones fueron más frecuentes y más severas en la segunda mitad de este siglo; que, en el mismo período, los caudales bajos extremos han sido menos frecuentes y menos agudos; que el derrame anual total aumentó y la distribución estacional cambió; que las variaciones pluviales son las mayores responsables de los cambios en los caudales y en las inundaciones; que los cambios en la distribución estacional de los caudales también parecen estar relacionados con los cambios en el régimen pluvial, además del impacto de la operación de los embalses de aguas arriba y, finalmente, que no se encontró ninguna evidencia consistente, ni estadística ni de otro tipo, de que los cambios en el uso de la tierra hayan influido significativamente en el aumento de la incidencia y la severidad de las crecidas recientes.

También se suele considerar que el fenómeno de El Niño de 1982/3 fue el más importante del siglo. En el estudio citado (Ref. 2) se indica que cuando la corriente de El Niño es anómala, las aguas cálidas ecuatoriales del Pacífico se encuentran mucho más hacia el este de lo usual, provocando el típico modelo de intensas lluvias sobre la Cuenca del Plata y a lo largo de la costa norte de Perú, haciendo que el clima se torne más seco en la región noreste de Brasil. En la última década ha habido eventos de El Niño moderados e importantes en 1982/3, 1986/7 y 1991/2, correspondientes a la mayoría de los episodios de crecida en los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay. Se puede concluir que es conveniente conocer las cuestiones climáticas asociadas a dichos episodios, a fin de poder predecir crecidas, si bien se debe anotar que las características espaciales y temporales de las anomalías climáticas no son del todo coherentes ni se han explicado suficientemente.

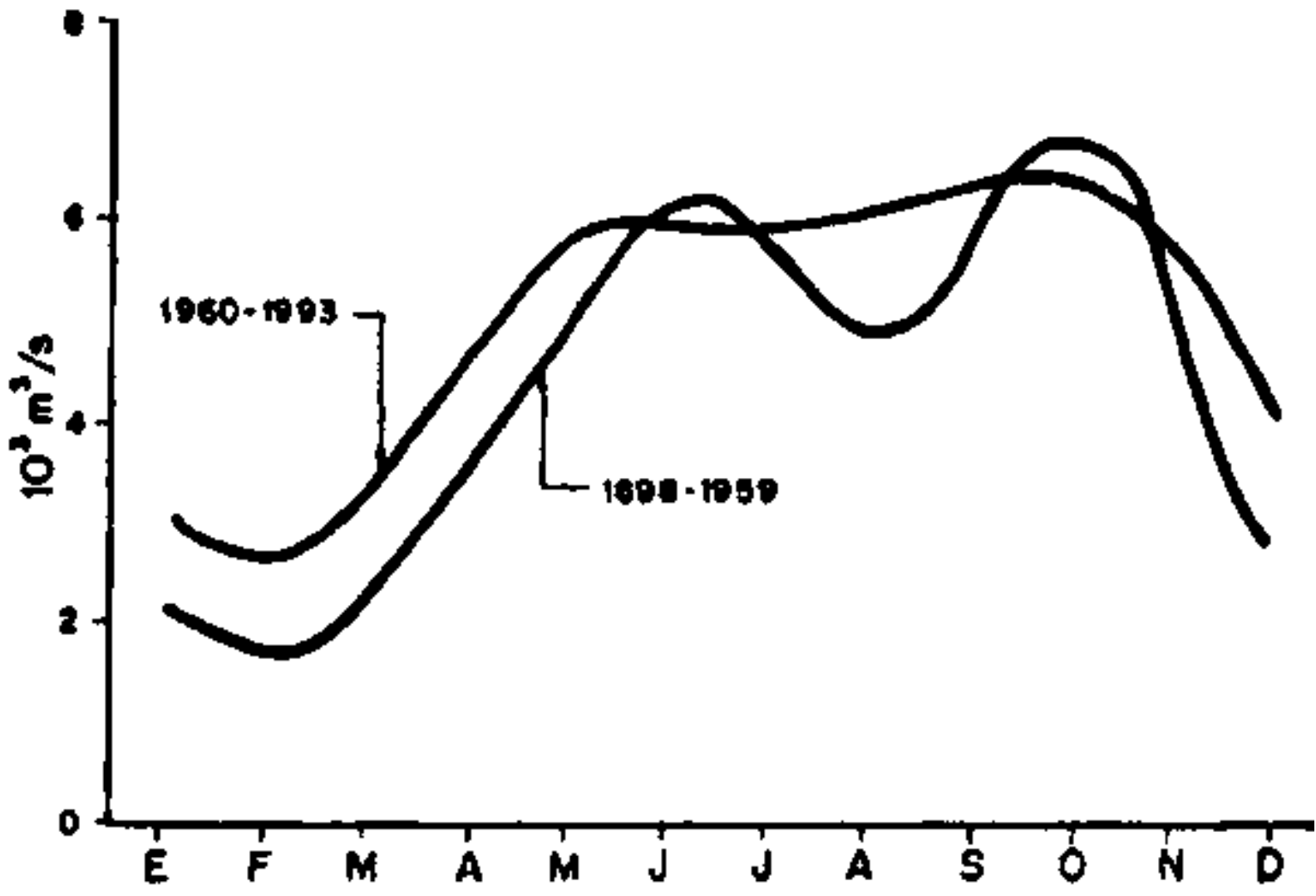
Figura 5 - Caudales medios mensuales, serie completa y serie 1960-1992

Rio Paraná en posadas





Rio Uruguay en concordia



Ya se ha visto que, en general, ha aumentado la incidencia de las crecidas; el paso siguiente será establecer

si la severidad cambi6 a trav6s del tiempo. Existen evidencias de cambios en la severidad de los picos de crecida sobre el Paran6, pero se limitan a las cuencas media e inferior. En Jupi6 y Guaira, las cantidades posteriores a 1960 caen dentro del intervalo de confianza del 90% de las cantidades estimadas de la muestra total. Esto no sucede ni en Posadas ni en Comentes, ni sobre el r6o Uruguay (Ref. 5).

Por lo expuesto, se concluye que el r6gimen de crecidas de la Cuenca del Plata ha cambiado en forma significativa por lo menos a partir de 1960, tanto en cuanto a la incidencia como a la severidad de las inundaciones. La magnitud de dichos cambios es tal que s6lo pueden explicarse por un cambio sistem6tico a nivel de la circulaci6n atmosf6rica, lo que influye en el r6gimen pluvial.

El hecho de que existan evidencias estadísticas e hidrol6gicas fuertes sobre la discontinuidad del r6gimen de crecidas en la Cuenca del Plata tiene consecuencias fundamentales en la estimaci6n del riesgo de inundaci6n.

Los estudios estadísticos recientes (Ref. 5) se basan solamente en las muestras posteriores a 1960, considerando que estos datos representan el r6gimen hidrol6gico contempor6neo de las cuencas en estudio. No puede determinarse si los cambios posteriores a 1960 son permanentes o no, pero es conveniente sealar que podrían deberse a cambios inducidos por el hombre. Teniendo en cuenta esta posibilidad, no es aconsejable estimar el riesgo de caudales extremos usando todos los datos de los registros, ya que se subestimaría la magnitud del riesgo de crecida. Tal como se indica en el Cuadro 7, si se asocia un per6odo de retorno al pico del evento de 1982/3 con el registro completo, los errores no serían menores.

Cuadro 7 R6OS PARAN6 Y URUGUAY. PICOS DE CRECIDA E INTERVALOS DE RETORNO ASOCIADOS, CONSIDERANDO LA POBLACION MUESTRAL COMPLETA Y EL REGISTRO POSTERIOR A 1960

| R6o | Ciudad | Pico de crecida de 1982/3 (m ³ /s) | Intervalo de Retorno Estimado (años) | |
|-----------------|--------------------|--|--------------------------------------|--------------------------|
| | | | Todos los datos | Datos Posteriores a 1960 |
| Paraná | Jupi6 | 28.160 | 98 | 93 |
| Paraná | Guaira | 39.850 | 184 | 84 |
| Paraná | Posadas | 50.882 | 123 | 94 |
| Paraná | Corrientes | 60.216 | 164 | 56 |
| PROMEDIO | | | 140 aros | 82 aros |
| Uruguay | Concordia | 28.310 | 30 | 23 |
| Uruguay | Paso de los Libres | 35.990 | 92 | 54 |
| Uruguay | San Javier | 46.010 | 90 | 42 |
| Uruguay | Santo Tom6 | 27.970 | 210 | 38 |
| PROMEDIO | | | 105 aros | 40 aros |

Fuente: Ref. 5

Por otra parte, no es suficiente usar solamente los caudales pico de las crecidas para describir el riesgo de inundaci6n en cuencas muy extensas. La duraci6n del suceso puede ser tan importante como el caudal, en especial en cuanto al daa6o econ6mico. En el an6lisis multivariado de la incidencia y de la severidad de la inundaci6n, resulta fundamental distinguir entre el pico de crecida, definido s6lo por la crecida m6xima, y

el evento completo, definido por el hidrograma total, que incluye el pico de crecida *más* su duración *más* su volumen.

Al considerar la crecida como un evento, el intervalo de retorno de ese evento puede ser muy diferente al del pico. Dos eventos con los mismos picos de crecida pueden tener distintos intervalos de retomo, si uno de ellos tuvo más duración y por lo tanto más volumen.

El tema clave para encontrar una solución estadística operativa para el análisis de las crecidas como eventos, es que el volumen y la duración están íntimamente relacionados. Esto reduce el problema analítico a la identificación y estimación de un modelo de valores extremos bivariado del caudal pico y el volumen.

El Cuadro 8 compara el intervalo de retomo estimado del pico con el del evento de crecida total para los tres mayores eventos. Estas estimaciones sobre el riesgo integral resultan intuitivamente más interesantes que aquéllas basadas sólo en los picos; en especial, demuestran la combinación de pico y volumen de lo sucedido en 1982/3, que lo hacen tan excepcional en la historia de las crecidas.

Cuadro 8 COMPARACIÓN ENTRE LOS INTERVALOS DE RETORNO DE EVENTOS COMPLETOS Y DE CAUDAL PICO

| Sitio | Año del Evento | Intervalo de Retomo (años) | |
|-----------|----------------|----------------------------|----------|
| | | del evento | del pico |
| Posadas | 82/3 | > 200 | 40 |
| | 04/5 | 160 | 50 |
| | 91/2 | 70 | 33 |
| Comentes | 82/3 | >200 | 56 |
| | 04/5 | 110 | 20 |
| | 91/2 | 50 | 35 |
| Concordia | 1983 | 140 | 10 |
| | 1941 | 80 | 11 |
| | 1972 | 50 | - |

Fuente: Ref. 5

4. Estimación de los Daños por Crecidas

La información histórica disponible permite estimar los daños directos de las inundaciones de 1982-83 y 1992, aunque con importantes salvedades respecto al grado de error y de comparabilidad entre los valores obtenidos (Ref. 5).

Estas salvedades se refieren a superposiciones en la contabilidad de algunos daños, o bien a daños que habrían sido omitidos por información incompleta; al empleo de metodologías que arrojan errores de cálculo significativos; a cambios importantes en la década del 80 respecto al grado de desarrollo de recintos y defensas para los núcleos urbanos más afectados; a falta de coincidencia, en varios casos, entre los valores aportados, por diversas fuentes, y a ausencia de cierta información.

Organismos oficiales y privados, investigadores, periódicos, etc., provinciales y nacionales, han realizado

estudios y evaluaciones valiosas y aportado datos muy importantes.

Esta información y estudios, si bien dispersos y no siempre coincidentes en sus conclusiones, merecerían ser compilados y analizados, a fin de compensar el volumen de información directa sobre daños, que se perdió y que es irrecuperable como tal.

En las ciudades es donde hay que concentrar los esfuerzos, para mayor precisión en las evaluaciones de daños, por ser las áreas donde se concentra la mayor riqueza regional y la mayor parte de la población afectada.

Los valores básicos de los daños por las crecidas de 1982/83 y 1992 son los que figuran en los Cuadros 9 y 10.

Cuadro 9 DAÑOS POR LAS CRECIDAS 1982-83 DE LOS RÍOS PARANÁ, PARAGUAY Y URUGUAY (MILLONES DE DÓLARES DE AGOSTO 1983)

| Tipo de Daño | Misiones | Formosa | Chaco | Provincia Corrientes | Santa Fe | Entre Ríos | Totales |
|-------------------------------------|-----------------|----------------|--------------|-----------------------------|-----------------|-------------------|----------------|
| * Evacuación y emergencia | 0,2 | 24,5 | 16,2 | 4,6 | 7,8 | 2,3 | 55,6 |
| * Viviendas y ed. Públicos | 25,0 | 80,8 | 93,8 | 37,4 | 20,6 | 33,3 | 290,9 |
| * Agricultura | 17,8 | 29,3 | 27,2 | 34,6 | 11,7 | 33,4 | 154,0 |
| * Ganadería | - | 21,9 | 8,8 | 22,6 | 8,4 | 34,4 | 96,1 |
| * Ind., Com. y Servicios | 35,6 | 102,4 | 107,7 | 114,4 | 16,8 | 43,1 | 420,0 |
| * Infraestructura | | | | | | | |
| - Vial | 4,9 | 62,9 | 8,2 | 20,8 | 83,8 | 70,3 | 250,9 |
| - Ferroviaria | - | - | 1,4* | - | - | 36,8* | 38,2 |
| - Navegación | - | - | - | - | - | - | 179,2 |
| - Agua Potable y cloacas | 0,6 | 1,8 | 2,6 | 0,4 | 4,1 | 0,8 | 10,3 |
| - Infraestructura urbana | 0,3 | 2,3 | 1,3 | 3,4 | 4,4 | 2,8 | 14,5** |
| * Mayores costos por corte de rutas | - | - | - | 0,2* | - | 4,2* | 4,4 |
| | | | | | | Total | 1514,3 |

* Estimación

** Incluye 0,2 x 10⁶ U\$S en Buenos Aires Fuente:

Elaboración propia en base a Ref. 6

Cuadro 10 - DAÑOS POR LA CRECIDA 1992 DE LOS RÍOS PARANÁ, PARAGUAY Y URUGUAY (En millones de US dólares de diciembre 1992)

| Sector | Misiones | Formosa | Chaco | Provincia Corrientes | Santa Fe | Entre Ríos | Buenos Aires | Totales | Porcentajes sobre |
|---------------|-----------------|----------------|--------------|-----------------------------|-----------------|-------------------|---------------------|----------------|--------------------------|
| | | | | | | | | | |

| | V. Abs. (%) | V. Abs. (%) | V. Abs. (%) | V: Abs. (%) | V: Abs. (%) | V. Abs. (%) | V. Abs. (%) | V. Abs. (%) | 512,96 x 10 ⁶ |
|---|-----------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|--------------------------|
| Evacuación y emergencia | 1,35 (8,9) | 4,04 (2,67) | 1,85 (12,21) | 2,70 (17,83) | 1,35 (8,92) | 1,35 (8,91) | 2,50 (1,65) | 15,14 (100) | 2,94% |
| Agricultura y ganadería | 0,00 (0,00) | 62,00 (33,58) | 35,60 (19,28) | 41,70 (22,57) | 32,00 (17,32) | 13,40 (7,25) | 0,00 (0,00) | 184,60 (100) | 35,97 % |
| Industria, comercio y servicios | 26,20 (9,32) | 75,10 (26,71) | 53,00 (18,85) | 81,00 (28,81) | 13,50 (4,80) | 32,40 (11,52) | 0,00 (0,00) | 281,20 (100) | 54,86 % |
| Gastos para ejecución de obras de defensa | 2,50 (7,83) | 16,00 (50,13) | 3,00 (9,40) | 2,00 (6,27) | 5,12 (16,04) | 2,50 (7,83) | 0,80 (2,51) | 31,92 (100) | 6,23 % |
| Totales (%sobre total) | 30,05 (5,85) | 157,14 (30,54) | 93,45 (18,25) | 127,40 (24,84) | 51,97 (10,13) | 49,65 (9,67) | 3,30 (0,60) | 51296 | 100,0 % |

Fuente: Ref. 5

La información disponible global sobre la crecida de 1992 es menos completa que en el caso de la crecida 1982/83 y, por lo tanto, los datos sobre daños directos pueden tener un grado de error mayor.

Sena útil contabilizar los daños para las diferentes crecidas a un mismo nivel de la actividad económica (Cuadro 11). Sin embargo cabe aclarar que se trata de una estimación, ya que no se cuenta con información económica suficientemente desagregada, que muestre la evolución de la economía en las áreas realmente afectadas. Sólo es posible disponer de esa información por provincias, a nivel departamental y en algunos casos y períodos.

Cuadro 11 - DAÑOS DIRECTOS PARA DIFERENTES CRECIDAS, PARA EL NIVEL DE ACTIVIDAD ECONÓMICA DEL AÑO DE CADA CRECIDA (en millones de dólares, de diciembre de 1992)

| | Crecida | |
|--------------------------------------|---------|------|
| | 1982/83 | 1992 |
| Daño (10 ⁶ US\$, de 1992) | 2614 | 513 |

Fuente: Ref. 5

El único ajuste que se puede realizar, con relativa confiabilidad, a los daños históricos, es el referido a la moneda, calculando los daños en moneda constante a una fecha dada (Ref. 5).

El valor de los daños por la crecida de 1992 resulta significativamente bajo, para la segunda crecida en importancia en cuanto a pico, siendo sensiblemente inferior, incluso, al de la crecida de 1966 (856 x 10⁶ US\$ de 1992) para un pico menor (Ref. 5).

Se podría explicar en parte este resultado teniendo en cuenta la corta duración de la crecida y la existencia

de recintos en la mayoría de los principales centros urbanos más amenazados por crecidas anteriores (Clorinda, Formosa, Goya, Resistencia, Santa Fe, Ibicuy y Paranacito) sobre el río Paraná.

Este segundo factor ha sido sustantivo para reducir los daños en que esos núcleos urbanos, salvo en los casos de Clorinda e Ibicuy, donde las aguas atravesaron o sobrepasaron las defensas urbanas, que no eran consideradas definitivas.

No se ha podido esclarecer si esta cifra baja de daños directos se debe exclusivamente a la presencia de tales recintos, o habría también errores de sub-evaluación de los daños.

Existe también información referida a daños intangibles, en particular respecto a áreas inundadas (Cuadro 12) y población evacuada (Cuadro 13).

Cuadro 12 - AREAS INUNDADAS SEGUN DISTINTAS CRECIDAS

| Provincia | Crecidas (Áreas inundadas, en ha) 1982/83 | 1992 |
|------------------|--|------------------|
| Formosa | s/d | 177.000 |
| Comentes | 310.000 | 227.000 |
| Chaco | 400.000 | 220.000 |
| Santa Fe | 1.600.000 | 1.232.000 |
| Entre Ríos | 40.000 | 1.270.000 |
| Misiones | s/d | s/d |
| Buenos Aires | s/d | s/d |
| Total | 2.350.000 | 3.126.000 |

Fuente: Ref. 5

Cuadro 13 POBLACION EVACUADA SEGUN DISTINTAS CRECIDAS

| Provincia | Crecidas (Población Evacuada) 1982/83 | 1992 |
|------------------|--|----------------|
| Misiones | 13.900 | 1.556 |
| Corrientes | 20.170 | 16.359 |
| Chaco | 90.352 | 5.249 |
| Santa Fe | 24.900 | 37.100 |
| Entre Ríos | 18.500 | 13.700 |
| Formosa | 67.043 | 47.423 |
| Buenos Aires | s/d | 1.296 |
| Totales | 234.865 | 122.503 |

Fuente: Ref. 5

Estas cifras reflejan, aunque de un modo limitado, el verdadero significado de los daños no medibles económicamente, pero que afectan las estructuras sociales y la calidad de vida de los sectores poblacionales más directamente afectados, al incidir en los parámetros de salud, de alimentación, de ocupación, etc.

Cabría agregar consideraciones en relación a daños indirectos como, por ejemplo, los impactos de las pérdidas agrícolas sobre la industria procesadora de alimentos y luego sobre otros sectores, que pueden ser significativos. Se han ideado algunas metodologías para estimarlos, basadas en el cálculo de pérdidas de valores agregados para las distintas actividades económicas (Ref. 5).

5. Programas de Mitigación

Ante la grave situación producida por la crecida de 1992, el Gobierno de la República Argentina solicitó ayuda al Banco Mundial, aprobándose el Programa de Rehabilitación para la Emergencia de las Inundaciones por un monto de u\$s 318 millones, con financiamiento parcial del Banco mencionado y aportes del Estado Nacional y de las provincias afectadas (Ref. 4).

El Programa se ejecuta en el ámbito de la Secretaría de Asistencia para la Reforma Económica Provincial del Ministerio del Interior, estando a cargo de la Subunidad Central de Coordinación para la Emergencia (SUCCE) la supervisión y coordinación del accionar de Subunidades Provinciales, organismos encargados de su ejecución.

Su objetivo principal es restaurar la normal actividad económica y social de aproximadamente 4 millones de personas, en la región afectada por las inundaciones y suministrar un marco institucional sólido para la coordinación e implementación del programa global, con la finalidad de rehabilitar la infraestructura dañada por esas inundaciones.

Entre las acciones que abarca, cabe señalar la rehabilitación de obras de infraestructura (esencialmente de transporte, salud, educación y saneamiento) y de obras provisorias de atenuación ante crecidas; la reparación y construcción de viviendas para los pobladores ribereños de bajos recursos; el mejoramiento del sistema de pronóstico y de alerta hidrológico y la definición de los términos de referencia de los estudios básicos para el diseño de una solución integral al problema de las inundaciones en la región.

Como complemento indispensable del Programa de Rehabilitación, se encuentra en preparación un Proyecto de Protección contra las Inundaciones, a ser llevado a cabo entre 1996 y 2001, por un monto de US\$ 760 millones, con un financiamiento donde también interviene el Eximbank de Japón.

Tiene como objetivos proteger la vida y propiedad de 5,5 millones de habitantes y mejorar su calidad de vida, y garantizar el normal y pleno desarrollo de las actividades productivas y la integridad, seguridad y funcionamiento ininterrumpido de las vías de comunicación y transporte en el área de influencia de los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay.

Como acciones a desarrollar, se prevén, entre otras, reforzar o complementar defensas y obras hidráulicas complementarias en lugares seleccionados; mejorar y ampliar los cauces naturales, para drenajes superficiales de las áreas urbanas protegidas y a proteger; definir pautas de planificación e implementación de las medidas de mitigación y el perfeccionamiento en la recolección y uso de la información, para el proceso de análisis y planificación; regular el uso del suelo para la planificación regional y local; establecer los aspectos institucionales y legales que garanticen el manejo integrado de la llanura de inundación; mejorar las medidas de alerta de crecidas, para hacer frente a futuras inundaciones, en particular, en zonas de menor prioridad económica.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido elaborado en base a valiosos estudios sobre la Cuenca del Plata, entre los cuales se destaca el preparado por un equipo integrado por la consultora Sir William Halcrow & Partners Ltd. y

profesionales independientes, para la Subunidad Central de Coordinación para la Emergencia de la Secretaría de Asistencia para la Reforma Económica Provincial del Ministerio del Interior de la República Argentina (Ref. 5).

Referencias bibliográficas

1. Aisiks, E.G., La gran crecida del río Paraná de 1983, Revista de la Organización Techint, Buenos Aires, 1984.
2. Anderson, R.J., N. da Franca Ribeiro dos Anjos y H.F. Díaz, An Analysis of Flooding in the Paraná/Paraguay River Basin, The World Bank, Latin America & the Caribbean Technical Department, LATEN Dissemination Note 5, Washington, D.C., 1993.
3. Barberis, J., La Plata River Basin, United Nations Interregional Meeting on River and Lake Basin Development with Emphasis on the Africa Region, Addis Abeba, 1988.
4. Ministerio del Interior, Subunidad Central de Coordinación para la Emergencia, Programa de rehabilitación para la emergencia de las inundaciones. Informe descriptivo, estado de avance y estadísticas al 31/8/95, Buenos Aires, 1995.
5. Ministerio del Interior, Subunidad Central de Coordinación para la Emergencia, Estudio de regulación del valle aluvial de los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay para el control de las inundaciones, Buenos Aires, 1994.
6. Ministerio de Obras y Servicios Públicos, Secretaría de Recursos Hídricos, Informe de daños. Crecida 1982-83 de los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay, Buenos Aires, 1984.
7. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Cuenca del Río de la Plata. Estudio para su planificación y desarrollo. Inventario de datos hidrológicos y climatológicos, Washington, D.C., 1969.

Anexo 4.2/Appendix 4.2 - Controle de cheias nos reservatório do setor elétrico brasileiro na bacia do alto paraná

Por Alcides Lyra Lopes e Vinicius Forain Rocha

RESUMO

O objetivo deste trabalho é relatar a experiência do Setor Elétrico Brasileiro na área de controle de cheias na bacia do Alto Paraná. São apresentadas as causas mais relevantes que sensibilizaram esse setor a incluir, no planejamento da Operação energética, medidas para a redução dos impactos das inundações nas áreas de influência dos seus reservatórios. É feita uma descrição sucinta das principais características físicas dos aproveitamentos hidroelétricos e dos problemas inerentes ao conflito entre a geração de energia e o controle de cheias.

O trabalho dá ênfase às metodologias de cálculo dos volumes de espera e às regras de operação

estabelecidas pelo GCOI, assim como relata outras medidas para aumentar a eficiencia do controle de cheias. Sao apresentados alguns resultados práticos positivos, obtidos em eventos de cheias ocorridos em 1992, bem como as perspectivas de aprimoramento e desenvolvimento nesta área.

ABSTRACT

This paper describes the experience of the Brazilian Electric System in flood control at Parana river basin, and present the factors that caused the inclusion of the consideration of flood impacts in the energy operation planning studies, there is a brief description of the main characteristics of hydraulic plants and the problems caused by the conflict between energy generation and flood control.

This paper emphasizes the adopted methodologies to calculate the flood control volumes and operation rules stabilished by GCOI, and states additional ways to increase flood control efficiency. We also present practical results obtained in 1992 and possible improvements in this area.

SUMARIO

- 1) Introdução
- 2) O Problema do Controle de Cheias para o Setor Elétrico
- 3) Planejamento para Operação de Controle de Cheias
- 4) Aplicação á Bacia do Alto Paraná
- 5) Análise da Experiencia Operativa

1. Eletrobras Introdução

O sistema brasileiro de geração de energia elétrica é um sistema hidrotérmico com forte predominância de geração hidráulica. Em 1994, a geração hidráulica foi responsável por mais de 98% da energia produzida de 271.300 GWh. Neste ano, a capacidade total instalada no país, considerando 50% de Itaipu, era de 55.400 MW e as usinas hidroelétricas representavam 93% deste total. As instalações de geração e transmissão pertencem a diversas empresas e estão interconectadas segundo dois grandes Sistemas Interligados: Norte/Nordeste e Sul/Sudeste.

Esse parque hidroelétrico é hoje constituído por um conjunto de mais de setenta usinas e reservatórios, localizados em varias bacias hidrográficas. A interdependência operativa entre as usinas e a interligação dos sistemas de transmissão das empresas trouxeram a necessidade da coordenação da operação do sistema. Nos sistemas interligados Norte/Nordeste e Sul/Sudeste esta tarefa cabe ao Grupo Coordenador para Operação Interligada - GCOI, criado pela Lei 5899 de 05 de julho de 1973 e regulamentado pelo Decreto 73102 de 07 de novembro de 1973, sendo formado pelas empresas estaduais e federais de energia elétrica sob a coordenação da ELETROBRAS, através da sua Diretoria de Operação de Sistemas.

Os aproveitamentos hidráulicos do setor elétrico brasileiro, embora planejados e construídos visando a produção de energia elétrica, vêm também sendo utilizados para múltiplas finalidades, dentre as quais destaca-se o amortecimento de cheias.

2. O Problema do Controle de Cheias para o Setor Elétrico

O efeito de regularização propiciado pela criação dos reservatórios dos aproveitamentos hidroelétricos faz com que ajusante dos mesmos as cheias de menor porte, ou de menor tempo de recorrência, ocorram menos freqüentemente. Em consequência deste fato, áreas ribeirinhas a jusante desse aproveitamentos, que eram periódicamente inundadas, passaram a ser mais seguras e, portanto, atrativas para utilização e ocupação. O aproveitamento econômico e social dessas áreas pelas populações e instituições locais traz

para o Setor Elétrico novas variáveis a serem consideradas na operação dos sistemas.

Essas novas variáveis, constituídas pelas descargas de restrição dos aproveitamentos, criam impactos na forma de operar os reservatórios do Setor Elétrico, pois ao objetivo primário de geração de energia soma-se o de controle de cheias.

Sob o ponto de vista da produção de energia, a ocorrência de precipitações intensas na estação chuvosa é sempre desejável, pois permite recuperar os volumes armazenados nos reservatórios e aumentar a capacidade de atendimento ao mercado. Por outro lado, sob o ponto de vista de segurança do aproveitamento e dos agentes econômicos instalados em regiões a jusante dos reservatórios, as chuvas intensas e as elevadas afluições decorrentes podem significar riscos de rompimento das restrições e prejuízos ambientais, sociais e econômicos de vulto.

Para efetuar o controle de cheias, o Setor Elétrico prevê a alocação de volumes vazios nos reservatórios, durante os períodos chuvosos das regiões onde estes se localizam, capazes de absorver parcelas determinadas das afluições, evitando ou reduzindo o impacto de danos causados por inundações a jusante. É fácil entender que estas medidas geram um conflito, pois contrariam frontalmente o objetivo da produção de energia elétrica, cujo interesse é utilizar os reservatórios sempre que possível, em sua capacidade máxima de armazenamento.

A manutenção de volumes vazios nos reservatórios do Sistema Interligado conduz a um aumento do risco de que os mesmos não sejam totalmente recuperados até o final da estação chuvosa. Isto traz como implicação uma redução nas disponibilidades energéticas e, por se tratar de um sistema hidrotérmico, um aumento do risco de geração térmica futura e de déficit de energia.

O estabelecimento dos valores ótimos dos volumes vazios a serem alocados nos reservatórios deveria levar em consideração, além dos aspectos hidrológicos, a minimização da relação entre o custo operativo adicional do Setor Elétrico e o benefício econômico promovido pelo controle de possíveis cheias. Como o levantamento de tais benefícios é de difícil consecução, optou-se por uma decisão baseada numa alternativa de alocação de volume para controle de enchente que propicie a proteção contra cheias de uma determinada garantia, e que não acarrete apreciável aumento do risco de déficit e de geração térmica no Sistema Interligado.

3. Planejamento para Operação de Controle de Cheias

No planejamento da operação hidráulica dos reservatórios dos sistemas interligados brasileiros, objetivando o controle de cheias, são consideradas duas etapas. Na primeira, chamada de prevenção, os órgãos responsáveis pela operação dos sistemas dotam-se de recursos físicos e materiais para o controle de enchentes.

Os recursos físicos são os volumes vazios deixados nos reservatórios para proteção de restrições de jusante, chamados de volumes de espera, para amortecimento de cheias de magnitudes até o correspondente tempo de recorrência adotado, bem como os rebaixamentos para proteção de restrições a montante.

Os recursos materiais para o controle de cheias correspondem às redes de medição e previsão hidrometeorológicas e sistemas de transmissão de dados, de forma que a manipulação dessas informações forneça elementos para decisões operativas mais adequadas dentro cada situação.

Em uma segunda etapa, caracterizada pela definição de regras de operação para o controle de cheias, são

elaboradas todas as medidas que devem ser tomadas durante a ocorrência de cheias, tanto de caráter administrativo como técnico. As medidas administrativas compreendem o estabelecimento de responsabilidades nas decisões operativas entre as diversas pessoas e órgãos envolvidos na operação e o acionamento de equipes para execução de tarefas de emergência, tais como, o aviso ou a remoção de moradores ribeirinhos etc.

As medidas técnicas tratam principalmente da coleta, processamento e análise dos dados operativos observados no sistema, visando a sua utilização para quantificação e previsão das afluições, e das decisões operativas indicadas pelas regras de operação para controle de cheias estabelecidas. Estas regras são um conjunto de instruções através das quais são definidas operações hidráulicas que promovam a contenção de cheias, mas que, prioritariamente, garantam a segurança do sistema hidráulico e/ou reservatório, tendo em vista as condições operativas caracterizadas pelos níveis d'água nos reservatórios, afluições, e restrições operativas tais como: taxas de variação dos armazenamentos e das defluências. As regras de operação são elaboradas considerando duas condições: operação normal e operação em emergência.

3.1 Prevenção de Cheias

Dentro da primeira etapa, denominada prevenção, serão aqui abordados métodos utilizados para o cálculo dos volumes de espera para controle de cheias. O primeiro método adotado é o chamado Método da Curva Volume x Duração, conforme Beard (1963), adaptado ao Sistema Brasileiro.

3.1.1 Método da Curva Volume x Duração

Este método relaciona, para cada intervalo de tempo com duração de d dias consecutivos, o máximo volume afluente, definido por:

$$va(d) = \max_{0 \leq t \leq h-d+1} \left[\sum_{j=0}^{d-1} (q(t+j) \times \Delta t) \right]$$

onde:

$va(d)$ - máximo volume afluente para a duração de d dias;

d - duração em dias;

$q(t+j)$ - vazão média no dia $t+j$;

Δt - intervalo de discretização do tempo (1 dia = 86400 s);

h - número de dias da estação chuvosa;

t - dia.

Para cada local de interesse, a partir da série histórica de vazões naturais médias diárias e admitindo uma vazão defluente máxima que não cause danos a jusante (descarga de restrição), pode-se definir, para cada ano hidrológico, o volume vazio necessário para absorver cheias com qualquer duração. Este volume, denominado volume de espera para o ano i , pode ser representado pela seguinte expressão:

$$ve(i) = \max[va(d) - d \cdot qr \Delta t, d = 1, 2, 3, \dots, h]$$

onde:

$ve(i)$ - volume de espera para o período chuvoso do ano hidrológico i ;

qr - descarga de restrição;

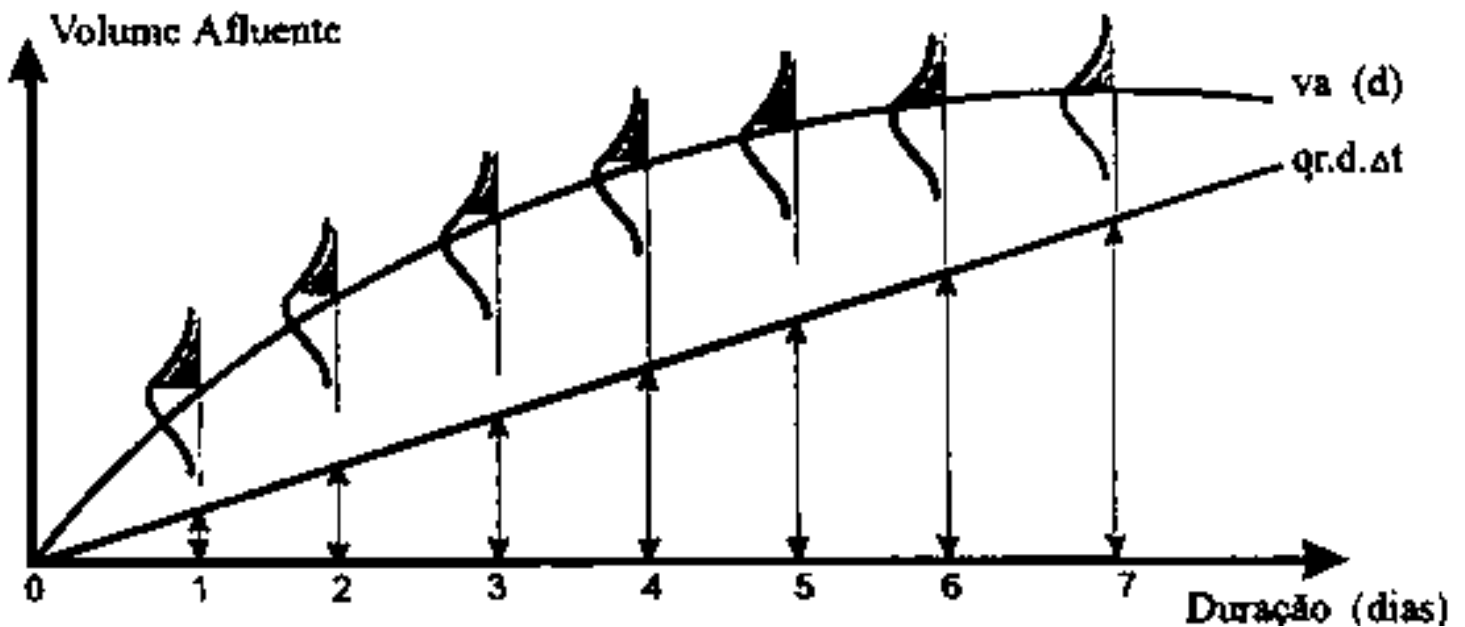
A duração associada a este volume é chamada duração crítica.

A questão que se pretende resolver é a determinação de alternativas de volumes de espera a serem consideradas nos estudos de prevenção de cheias. Como não se sabe qual será a sequência de vazões futuras, o que permitiria uma solução determinística para o cálculo dos volumes de espera adota-se uma solução probabilística.

A partir de um estudo de frequência dos eventos máximos com várias durações da s histórica de vazões, procura-se fazer ajustes de distribuições teóricas de probabilidades para c duração , através das quais pode-se determinar os volumes afluentes a cada duração associados a i probabilidade p' de ocorrência.

A Figura 1 mostra a obtenção da Curva Volume x Duração para a probabilidade p' .

Figura 1. - Obtenção da Curva Volume x Duração associada a probabilidade fixa p' de ocorrência



Neste caso, $va (d)$ é tal que:

$$P [VA (d) \leq va (d)] = p'$$

A questão fundamental que se coloca para a utilização do método é relativa a qual distribuição teórica de probabilidade deve ser ajustada. Este assunto tem sido discutido em vários trabalhos conforme relatado em NERC (1975), USWRC (1977), Kite (1977) e ELETROBRAS (1987). Contudo, uma conclusão bastante difundida é que não se dispõe de uma distribuição "ótima" para o ajuste a séries de vazões extremas. Portanto, desejando-se uma maior segurança para o estudo, é necessário uma análise do ajustamento de diversas distribuições. Em geral, a proteção considerada no controle de cheias, para situações normais, não vai além de uma recorrência de 50 anos. Portanto, o bom ajustamento da distribuição teórica à faixa amostral tem grande relevância nesta situação.

Uma outra dificuldade da aplicação do Método da Curva Volume x Duração é que o mesmo informa somente um único volume de espera para toda a estação chuvosa. Este método não considera a variação do potencial de cheia com o decorrer da estação chuvosa. Tal solução, na medida em que existem interesses conflitantes no uso do aproveitamento, não é eficiente. Realmente, em regiões com sazonalidade bem definida, o risco para o qual o volume de espera é dimensionado só se verifica no período inicial da estação chuvosa, decaindo conforme se aproxima o final da estação. Logo, a alocação constante do volume

de espera superdimensiona a proteção desejada. Ha que se ressaltar, ainda, que, dependendo das vazoes futuras, pode-se nao conseguir o reenchimento total do reservatório ao final da estação chuvosa, implicando numa redução das disponibilidades energéticas durante a estação seca que se segué.

A estrategia que vem sendo adotada para compatibilizar a manutenção do risco com a evolução temporal do período chuvoso, consiste na determinação de volumes de espera a partir da censura da serie de vazoes naturais medias diarias, conforme o avanço da estação chuvosa.

Em um sistema de resérvatenos, ha ainda a necessidade de se determinar a alocação espacial dos volumes de espera. A existência de varios locais sujeitos á descargas de restrição assim como a dependencia temporal de um sistema em cascata, exigem o cálculo dos volumes de espera para cada um destes locais.

Entretanto, como nem sempre estes locais estao imediatamente a jusante de resérvatenos capazes de alocar estes volumes, é necessário se dispor destes em resérvatenos mais a montante, conforme será visto na aplicação á bacia do Alto Paraná. Este procedimento pode tornar a operação de controle de cheias vulnerável á distribuição de cheia na bacia.

Visando superar as dificuldades apontadas para a alocação temporal e espacial de volumes de espera, o setor elétrico brasileiro, através do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, CEPEL, vem realizando estudos de novas alternativas metodológicas de cálculo e alocação de volume de espera. Ja existe hoje desenvolvido o Método das Trajetórias Críticas que, associado á Teoría das Condições de Controlabilidade, permite a determinação, para um sistema de reservatórios, dos volumes de espera necessários e suficientes para o controle de cheias em todo o sistema.

3.1.2 Metodología Alternativa

• Método das Trajetórias Críticas

Este método foi desenvolvido no CEPEL por Kelman (1987) e permite determinar para cada dia da estação chuvosa, o volume de espera associado a urna probabilidade de ocorrência p' , previamente estabelecida.

O método emprega um algoritmo recursivo sobre as vazoes naturais medias diarias do local a ser estudado. Partindo-se de um volume de espera nulo no final do último dia do período chuvoso, no dia h de um ano i , da vazao media diaria neste dia e da descarga de restrição, determina-se o volume no inicio deste dia da seguinte forma:

$$ve(h, i) = \max[0, (q(h, i) - qr) \times \Delta t] \quad (4)$$

onde:

ve - volume de espera;

h - índice do último dia do período chuvoso;

i - Índice do ano;

$q(h, i)$ - vazao media diaria no dia h do ano i ;

qr - descarga de restrição

Δt - intervalo de discretização (1 dia = 86400 s).

Ao inicio do penúltimo dia, o volume de espera deverá ser igual a:

$$ve(h-1) = \max[0, (q(h-1, i) - qr) \Delta t + ve(h, i)] \quad (5)$$

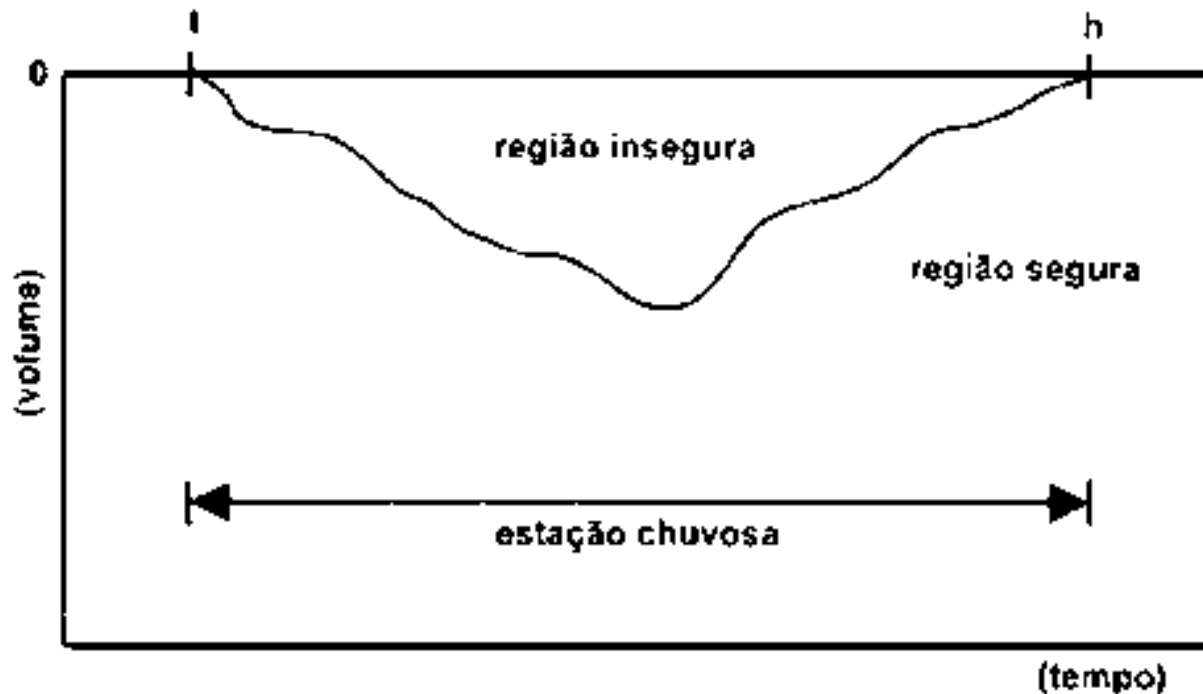
De uma forma geral, então, dispondo-se sempre do volume necessário no início do dia posterior, pode-se, recursivamente, determinar-se os volumes necessários nos dias anteriores:

$$ve(h-1) = \max[0, (q(h-1, i) - qr) \Delta t + ve(h, i)] \quad (6)$$

$$t = 1, 2, 3, \dots, h$$

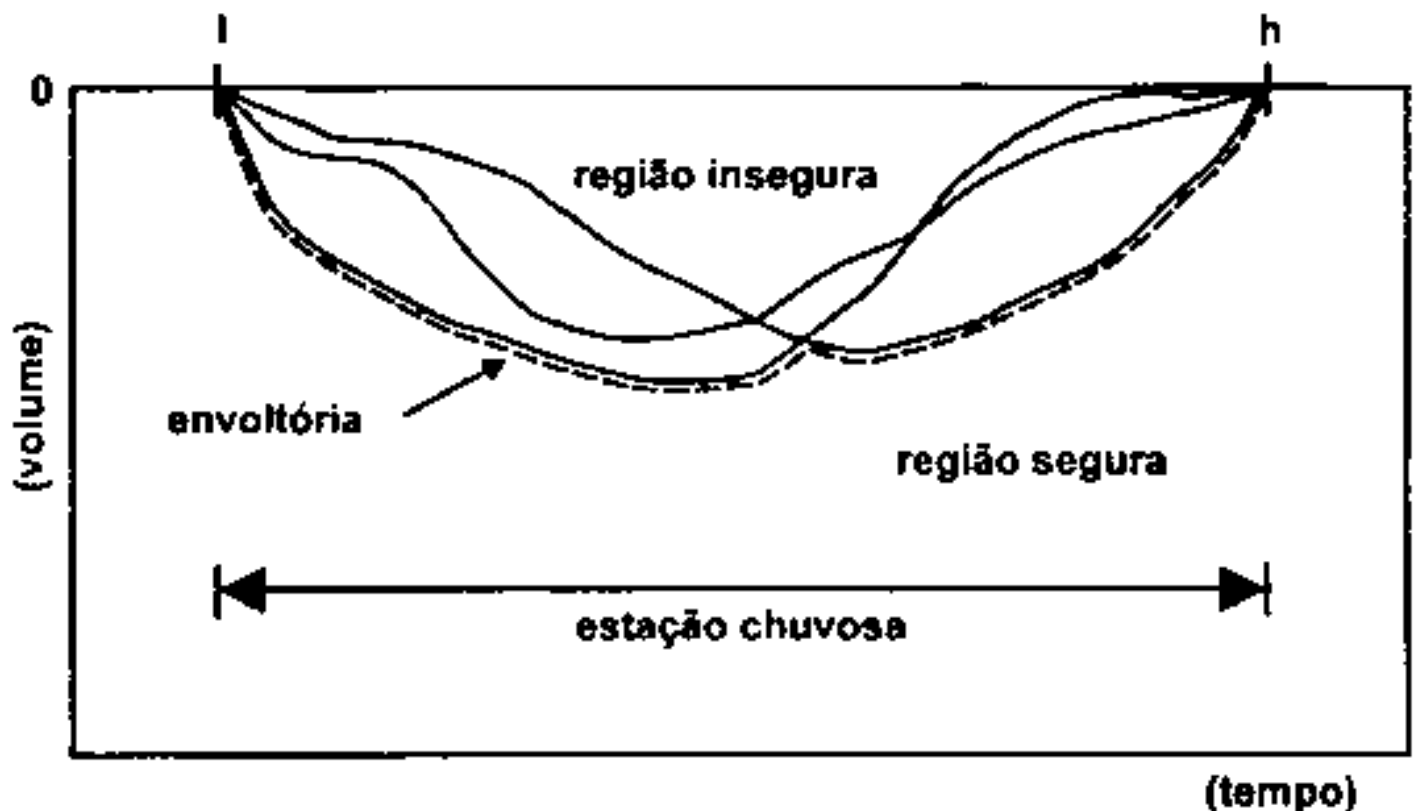
A evolução do volume de espera ao longo do tempo para o i -ésimo ano denomina-se trajetória crítica. A figura 2 a seguir, apresenta a trajetória crítica para o ano i , mostrando as regiões segura e insegura para a operação de controle de cheias do reservatório.

Figura 2. - Evolução do Volume de Espera para o i -ésimo ano.



Suponha, agora, 3 anos distintos, cujas trajetórias estão na figura 3. A envoltória das mesmas, representada em linha tracejada, garantirá que em nenhum instante, não importando o ano ocorrido, a vazão defluente será superior a descarga de restrição.

Figura 3. - Definição da envoltória das trajetórias críticas.



Em uma série de n anos, conseqüentemente n trajetórias, a envoltória garantirá a não ocorrência de violação da descarga de restrição.

A envoltória é definida por:

$$v^I(t) = \max[v_e(t, i); I = 1, 2, \dots, n]; t = 1, 2, \dots, h$$

Como a seqüência de vazoes futuras não é conhecida, adota-se, assim como no caso da Curva Volume x Duração, uma abordagem probabilística, sendo que neste caso o universo de possíveis seqüências de vazoes futuras é obtido através de séries sintéticas de vazoes. A utilização de séries sintéticas é imperiosa pois as séries históricas de vazoes diárias disponíveis nos locais de interesse para os estudos de prevenção de cheias geralmente não ultrapassam 60 anos, período este, ainda pequeno para a determinação de trajetórias associadas aos tempos de retomo comumente adotados pelo setor elétrico brasileiro.

Como, provavelmente, a alocação da envoltória obtida das séries sintéticas de vazoes seria inviável, é necessário a aceitação de alguma probabilidade p' de insucesso no controle de cheias. Define-se, então, um conjunto de k trajetórias críticas que não serão consideradas na determinação da envoltória de volumes de espera.

Durante os estudos e testes realizados até então com o método das Trajetórias Críticas, o modelo de geração de séries sintéticas utilizado tem sido o modelo DIANA, desenvolvido por Kelman (1986).

• Teoria das Condições de Controlabilidade

O Método das Trajetórias Críticas resolve a questão da alocação temporal dos volumes de espera, entretanto, para um sistema de reservatórios é necessário, ainda, a determinação de como este volume deve estar disponível espacialmente.

Os problemas de sistemas multireservatórios para controle de cheias foram analisados teoricamente pela

primeira vez por Manen (1984), levando a formulação da teoria das condições de controlabilidade para a análise determinística de sistemas de reservatórios com apenas um local sujeito á restrição. Damázio (1989) estendeu estes resultados de forma a considerar também sistemas com múltiplos locais sujeitos á restrição, agregando ainda á esta teoria a nação de envoltórias, permitindo um tratamento estocástico do problema.

Tomando como exemplo um sistema de dois reservatórios, R_2 e R_1 em série, sendo R_2 o reservatório de montante, no qual existem restrições de vazão máxima imediatamente a jusante de cada reservatório. O cálculo do volume de espera a ser alocado em cada reservatório e em cada dia deve considerar que existe um mínimo espaço vazio a ser alocado em R_2 , função exclusiva de sua restrição e das afluências a R_2 . Por outro lado, o mínimo espaço vazio a ser alocado á jusante depende do total afluente á R_1 (soma da afluência á R_1 com a afluência incremental entre R_2 e R_1) e também do espaço vazio que tiver sido alocado em R_2 .

Para um dia qualquer t , o domínio das soluções possíveis é caracterizado pelas seguintes equações, chamadas de condições de controlabilidade:

$$E_1(t) \geq ve_1(t) \quad (1)$$

$$E_2(t) \geq ve_2(t) \quad (2)$$

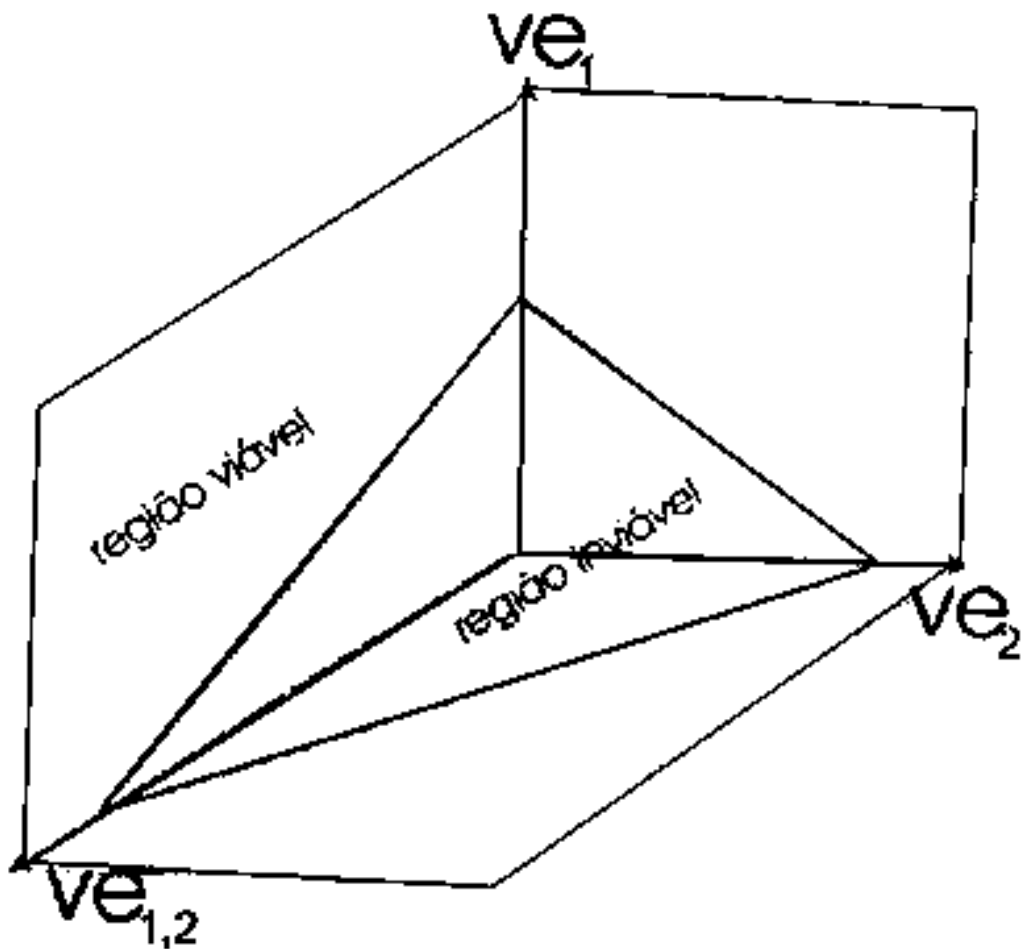
$$E_1(t) + E_2(t) \geq ve_{1,2}(t) \quad (3)$$

onde: $E(t)$ é o espaço vazio e $ve(t)$ é o limite inferior que se deseja calcular.

Os valores de $ve(t)$ servem para definir a região viável para os espaços vazios no dia t . Em geral, para qualquer sistema multireservatório a região viável será sempre caracterizada por limites inferiores $ve(t)$ para somas de espaços vazios de reservatórios pertencentes aos vários subsistemas existentes neste sistema.. Os subsistemas do sistema de dois reservatórios descritos acima são $\{R_1\}$, $\{R_2\}$ e $\{R_1, R_2\}$. A figura 4 ilustra a fronteira entre as regiões viável e inviável para o controle de cheias neste sistema como um todo para um determinado dia.

Damázio (1989), mostra como os limites inferiores de espaços vazios, $ve(t)$ podem ser obtidos para cada subsistema.

Figura 4. - Regiões viáveis e inviáveis para os espaços vazios num determinado dia



3.2 Regras de Operação para Controle de Cheias

Uma vez escolhida a alternativa de alocação de volume de espera, passa-se á segunda etapa do planejamento da operação hidráulica onde podem ser visualizadas duas condições, a saber: operação normal e operação em emergencia.

• Operação Normal

Esta operação pode ser caracterizada pela ocorrência de urna cheia que permanece, ao longo de sua duração , sob o controle do Centro de operação, nao havendo perspectivas de esgotamento dos volumes de espera dos resérvatenos nem da liberação de descargas defluentes que ultrapassem restrições ajustante dos aproveitamentos.

Durante a operação normal para controle de cheias, sao recebidas e processadas as informações de dados provenientes de postos hidrometeorológicos da rede de medição, oferecendo um quadro aproximado da situação real do sistema e permitindo urna boa confiabilidade das decisoes.

É indispensável ainda a disponibilidade de regras de operação que recomendem os valores das descargas totais em função de varios parâmetros, tais como níveis em pontos críticos dos rios, vazoes afluentes em pontos situados a montante ou a jusante dos reservatórios, vazoes dos principais afluentes, alturas de chuva etc. Estas regras sao frutos de urna longa experiencia operativa ou podem ser obtidas de simulações.

As regras básicas adotadas em urna operação normal sao:

1. enquanto a vazao afluente for inferior ao limite da restrição de defluência, a descarga defluente total (vertida + turbinada) deve ser igual á vazao afluente. Em conseqüência , o

nível do reservatório deve se manter no valor recomendado do volume de espera;

2. quando a vazão afluente for superior ao limite da restrição de defluência, a descarga defluente total deve ser igual ao limite da restrição de defluência. Em consequência, o nível do reservatório começa a subir, iniciando-se a utilização do volume de espera e o amortecimento da cheia;

3. tendo sido o volume de espera ocupado parcial ou totalmente e iniciando-se o seu esvaziamento, a descarga defluente total deve ser mantida igual ao valor limite da restrição de defluência, de forma a restabelecer o mais prontamente possível o volume de espera, sem provocar danos a jusante;

4. próximo ao restabelecimento do volume de espera, a descarga defluente total deve ser reduzida do limite da restrição de defluência para o valor da afluência, através de uma taxa de redução de defluência que não provoque danos a jusante.

• Operação em Emergência

Esta operação pode ser caracterizada pela ocorrência de uma cheia com perspectivas de esgotamento dos volumes de espera dos reservatórios, sendo necessário providenciar descargas defluentes totais que superam as limitações impostas por eventuais restrições, ocasionando situações críticas e provocando danos.

Outra situação possível que caracteriza a condição de emergência é a perda de comunicação da usina com o Centro de operação. Neste caso, o elemento encarregado da operação da usina deve estar autorizado para tomar as providências cabíveis, para as quais deve estar disponível uma sistemática de procedimentos bem definidos, que garantam a segurança da barragem.

Em ambas as situações, é indispensável a existência de regras de operação que indiquem, a cada instante, qual defluência deve ser programada de forma a garantir a segurança da estrutura das barragens, sem provocar enchentes mais críticas do que as que ocorreriam sob condições naturais de escoamento. Um exemplo desta regra é o diagrama de operação em emergência apresentado no Anexo 1.

• Diagrama de Operação em Emergência

Uma ferramenta bastante utilizada, durante a ocorrência de uma cheia, para obtenção do valor da defluência mínima necessária em cada aproveitamento, é o denominado diagrama de operação em emergência apresentado por U.S. Army - Corps of Engineers (1959), Beard (1963), CECCA (1977). Este diagrama define a descarga que deve ser defluída, quando são conhecidos os níveis do reservatório e a taxa de variação dos níveis ou a afluência, tendo em vista uma previsão do mínimo volume afluente que pode ser esperado em uma particular cheia. A hipótese admitida é de que o hidrograma tenha atingido o seu pico para o valor atual e de que os valores futuros ocorrerão segundo uma lei exponencial que define a recessão das vazões de um rio. O volume mínimo afluente a ser esperado pode ser calculado pela área sob o trecho de descida do hidrograma. A partir deste volume afluente mínimo esperado, com uma dada afluência presente e o nível atual do reservatório, pode ser calculada a descarga defluente, de modo que seja utilizado o volume do reservatório até a sua capacidade disponível, limitada no seu nível máximo normal ou, quando possível, pela sua curva de sobrecarga induzida. Uma família de curvas características de afluências, como a mostrada no Anexo 1, pode ser traçada a partir destes cálculos.

• Curva de Sobrecarga Induzida

No esquema a ser desenvolvido para operação em emergência, salienta-se o conceito de curva de sobrecarga induzida. A sobrecarga induzida é obtida quando as comportas do vertedor são operadas todas ao mesmo tempo, através de aberturas parciais, de modo a possibilitar o armazenamento do excesso de afluência em relação à descarga defluente total. A sobrecarga induzida, para cada abertura parcial das comportas, está limitada pela cota do topo das comportas do vertedor para esta mesma abertura, de modo a evitar o galgamento das mesmas.

4. Aplicação à Bacia do Alto Paraná

A bacia do Alto Parana drena parte das regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul do Brasil, conforme mostra o Anexo 2. Está localizada no eixo de maior desenvolvimento do país, envolvendo além do Distrito Federal, áreas dos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Santa Catarina.

Tendo em vista as diversidades hidrológicas, bem como a topologia dos aproveitamentos, pode-se considerar, do ponto de vista do controle de cheias, três sistemas distintos:

1. Bacia do Alto Paraná até Jupia;
2. Bacia do rio Paranapanema;
3. Bacia do rio Iguaçu;

A bacia do Alto Paraná até Jupia, com 470.000 km² de área de drenagem, abrange além do trecho do rio Parana, os rios Paranaíba, Araguari, Grande, Pardo e Tietê. Nestes rios estão implantados 27 aproveitamentos hidroelétricos pertencentes às empresas FUMAS, CESP, CEMIG e CELG, sendo que 14 possuem reservatórios, nos quais são alocados volumes de espera.

A bacia do rio Paranapanema possui uma área de drenagem de cerca de 100.000 km². Todos os 6 aproveitamentos hidroelétricos existentes pertencem à CESP, sendo que 3 deles possuem reservatórios, utilizados no controle de cheias.

A bacia do rio Iguaçu, com uma área de drenagem de 68.000 km², possui, até o momento, 5 aproveitamentos, sendo 4 dispostos em cascata no rio Iguaçu, e um de menor dimensão no rio Chopim. Estes aproveitamentos pertencem às empresas COPEL e ELETROSUL, sendo que 2 deles possuem reservatórios os quais são utilizados também para controle de cheias.

No rio Paraná, a montante da confluência com o rio Iguaçu, localiza-se o aproveitamento binacional de Itaipu, com uma área de drenagem da ordem de 820.000 km².

O Anexo 3 apresenta um diagrama esquemático dos aproveitamentos existentes na bacia do rio Paraná.

O conjunto de aproveitamentos a montante de Jupia se constitui no principal sistema, tendo em vista a sua dimensão e complexidade da sua operação.

4.1 Restrições Hidráulicas Existentes na Bacia

A bacia do rio Paraná possui diferentes tipos de restrições hidráulicas a serem protegidas com medidas preventivas de controle de cheias, descritas de forma resumida a seguir.

Iniciando pelo rio Grande, tem-se uma restrição de defluência de 400 m³/s no conjunto Camargos/Itutinga, condicionada às enchentes na cidade de Ribeirão Vermelho, 190 km a jusante. Em particular, ocorrem inundações nesta cidade com vazões superiores a 1.000 m³/s, compostas pela soma das defluências das

usinas às contribuições da bacia incremental, representadas principalmente pelas vazoes dos rios Capivari e das Mortes.

A jusante de Fumas tem-se urna vazao de restrição de 4.000 m³/s devido a um porto de balsas em Sao Joao Batista do Gloria, ranchos ribeirinhos e portos de areia.

A usina de Mascarenhas de Moraes, pelo posicionamento de seus vertedouros, nao pode defluir vazoes superiores a 4.400 m³/s sem correr o risco de inundação da sua casa de força. Operando de forma conjugada com a usina de Estreito, ja que seu canal de fuga sofre influencia do remanso desse reservatório, a sua restrição pode ser aumentada até 6.000 m³/s. Possui, também, restrição de nível mínimo no seu reservatório (665,00 m = 89,2% V.U.) em função das tomadas para captação de agua de usinas açucareiras na área do lago.

As usinas de Estreito e Jaguará possuem urna restrição de 4500 m³/s em função de inundação em trecho da rodovia BR-050, entre as cidades de Uberaba (MG) e Ribeirão Preto (SP). Por outro lado, Volta Grande deve respeitar 5.000 m³/s para evitar a inundação de casas de campo ao longo do rio, enquanto Porto Colombia tem como limite 7.000 m³/s para nao causar problemas para a estrutura da ponte Gumercindo Penteado, da BR-364.

O último aproveitamento do rio Grande com restrições operativas é Marimondo, de FUMAS. Possui urna restrição de nível máximo (445,73 m = 95% V.U.) que visa manter o nível na ponte Gumercindo Penteado, da BR-364, na cota 446,40 m, ou seja, 50 cm abaixo do seu tabuleiro, evitando o acumulo de plantas aquáticas, o represamento de ilhas flutuantes, obstruções ao fluxo de agua entre seus pilares e á montante da viga lateral, e as sucessivas submersões e emersões da viga da ponte. Para jusante, Marimondo possui urna descarga de restrição de 8.000 m³/s, que atinge áreas urbanizadas da própria usina, ranchos de pescadores e causa a erosão do acesso a ponte rodoviária da BR-153.

No rio Paranaíba, o aproveitamento de Emborcação possui urna vazao de restrição de 5.000 m³/s, a partir da qual existe a inundação da estrada de acesso á própria usina.

A usina de Nova Ponte, no rio Araguari, afluente do rio Paranaíba, tem sua restrição variável, da ordem de 2.000 m³/s, em função da afluência máxima de 2.500 m³/s de adução dos dois túneis de desvio da obra da usina de Miranda, 80 km a jusante de Nova Ponte.

A usina de Itumbiara passou, a partir da cheia de 1983, a operar para controlar a vazao de 7.000 m³/s, visando evitar a inundação de áreas de benfeitorias da cidade de Itumbiara, localizada 13 km a jusante da barragem.

Finalmente, o aproveitamento de Sao Simao, nesse mesmo rio, possui urna restrição de 16.000 m³/s referente a ponte da rodovia BR-365 na fronteira dos estados de Minas Gerais e Goiás. Vale ressaltar que tal restrição corresponde a urna vazao de recorrência bastante elevada.

No rio Tietê, tem-se o aproveitamento de Barra Bonita com urna restrição, bastante severa, de 1.800 m³/s, a qual interrompe a navegação fluvial por impedimento do funcionamento da eclusa.

No rio Paraná, a restrição de Jupia, cujo valor é 16.000 m³/s, é a mais severa de toda a bacia, haja visto o grande impacto causado pelo seu rompimento, provocando inundações nas cidades de Tres Lagoas, Panorama e Presidente Epitácio, e o seu baixo período de retorno, de aproximadamente 2 anos. Portanto, em condições naturais, na ausencia do sistema de reservatórios de montante, o risco de ocorrerem vazoes

iguais ou superiores á restrição seria de 50% a cada ano.

Na bacia do rio Paranapanema, todos os aproveitamentos pertencem á empresa CESP. Esta bacia possui um regime de vazoes misto, isto é, ora influenciado pela sazonalidade da regioao Sudeste, ora pelo regime dos rios da regioao Sul.

Em Jurumirim, defluências da ordem de 800 m³/s acarretam o inicio do galgamento e conseqüente inundaçao da antiga usina de Piraju, imediatamente a jusante. Vazoes de 1.200 m³/s trazem problemas na própria bacia de dissipação de Jurumirim.

Na usina de Chavantes, a vazao de restrição adotada é de 1.800 m³/s, haja visto que valores superiores interrompem o tráfego na ponte ferroviaria existente a jusante. Com 2.200 m³/s surgem problemas na bacia de dissipação da usina e inicia-se o alagamento do seu núcleo administrativo. As soluçoes de relocaçao das pontes e instalaçoes da CESP sao de custo elevado, exigindo a alocaçao de volumes de espera e outras medidas para controlar a restrição de 1.800 m³/s, cujo período de retorno é de 6 anos.

Finalmente, em função das últimas cheias, é decretada "Situação de Emergencia" nos municipios de Marilena, Sao Pedro do Paraná, Porto Rico, Querencia do Norte e Umuarama sempre que as vazoes em Porto Sao José, no rio Paraná, junto a foz do Paranapanema, excederem 21.000 m³/s.

Neste caso, para controlar as vazoes, a usina de Capivara passa a ser operada, temporariamente, com urna restrição condicionada, de modo que nao seja excedido os 21.000 m³/s, resultante da soma das vazoes dos rios Paraná e Paranapanema.

No rio Iguaçu o aproveitamento de Foz do Areia, o primeiro da cascata, possui urna restrição de operação a montante, caracterizada pela influencia, para certas condições, nos níveis de inundaçao da cidade de Uniao da Vitória, localizada na cabeceira do seu reservatório. A influencia do nivel deste reservatório sobre o nivel do rio Iguaçu, em Uniao da Vitória, é explicada pelas curvas de remanso determinadas pela COPEL. Assim, para cada situaçao de afluência, o nivel de restrição a ser considerado em Foz do Areia pode ser determinado em tempo real, com base nos níveis da agua observados, simultâneamente, em Foz do Areia, Porto Vitória e Uniao da Vitória.

Salto Santiago e Salto Osório, a jusante de Foz do Areia, operam condicionando suas defluências as contribuicoes incrementais observadas até a confluencia com o rio Chopim, de forma a respeitar o valor de 17.000 m³/s nessa seçao para evitar danos á casa de força da usina Julio de Mosquita Filho (JMF). A usina de Salto Santiago possui, ainda, restrição de liberaçao de vazoes superiores a 19.000 m³/s, para evitar a inundaçao de sua própria casa de força.

4.2 Séries de Vazoes Disponíveis na Bacia

As séries de vazoes naturais medias diarias nos locais de interesse para os estudos de prevençao de cheias tem inicio de observação variável. As series dos postos a montante de Jupiá foram estendidas até 1994, utilizando-se métodos de reconstituicao de vazao natural baseados em balanço hídrico de reservatenos e/ou correlaçao entre postos fluviométricos.

4.3 Aplicação da Metodología

A metodologia adotada para determinação dos volumes de espera para a bacia do rio Paraná é da Curva Volume x Duraçao, descrita no item 3.1 deste relatório. Esta metodologia vem sendo aplicada nesta bacia

desde 1977. A única exceção foi a utilização do método das Tajeórias Críticas para o cálculo dos volumes de espera próprio em Nova Ponte, para a proteção da obra UHE Miranda.

A variação temporal dos volumes de espera a serem alocados nos resérvatenos desta bacia, a montante de Jupuí, foi obtida pela censura continua das series de vazoes naturais diarias, considerando, para o cálculo dos volumes de espera, series cada vez menores, conforme o avanço da estação chuvosa.

Na análise de freqüências, a distribuição de probabilidades adotada na determinação dos volumes em todos os locais foi a Log-Pearson III. Esta metodologia determina o volume vazio necessário para a proteção de cada local sujeito a urna restrição de vazao, denominados volume de espera próprio. Desta forma, foi aplicada a metodologia para os postos de Camargos, Fumas, Mascarenhas de Moraes, Jaguará, Volta Grande, Porto Colômbia, Marimbondo, Emborcação, Itumbiara, Sao Simao, Barra Bonita e Jupuí.

Os estudos de volume de espera para prevenção de cheias elaborados pelo GCOI normalmente contemplam varias alternativas de riscos. A faixa de valores de tempo de retorno usualmente considerada varia de 25 a 50 anos, exceto no caso de determinados locais, onde o impacto do rompimento da restrição é tao grande, como a perda da própria usina, que prefere-se elevar o grau de proteção aumentando o valor do tempo de retorno a ser adotado.

Na bacia do rio Paranapanema os reservatórios da CESP tiveram seus volumes de espera dimensionados para cheias correspondentes a recorrência de 100 anos. Estes valores sao alocados todo ano em função do regime de cheias conjunto das regioes Sudeste e Sul do Brasil.

A bacia do rio Iguazu aprésenta, atualmente, duas restrições que devem ser consideradas para o cálculo de volumes de espera, quais sejam: as casas de força de Salto Santiago e de Julio de Mesquita Filho. Os volumes de espera definidos para proteger as restrições acima sao alocados de forma independente, pois os tempos de recorrência associados aos volumes nao sao iguais. Portante, em Salto Santiago fica disponível um volume de espera para proteger a sua restrição própria mais o volume necessário para proteger Julio de Mesquita Filho.

4.4 Resultados dos Volumes de Espera

Na bacia do Alto Paraná o caso mais crítico corresponde ao aproveitamento de Jupuí, pois está sujeito á restrição mais severa da bacia e, por ser a fio d'água, nao pode alocar volume de espera para controlar suas defluências.

Tem-se, entao, que repartir o volume de espera necessário para proteção da restrição deste aproveitamento entre os demais resérvatenos da bacia, além de se planejar urna operação conjugada de controle de cheias. Com exceção dos aproveitamentos a fio d'água e dos reservatórios de Camargos e Barra Bonita, cujas operações de controle de cheias visam exclusivamente a proteção das restrições imediatamente a jusante dos mesmos, todos os demais aproveitamentos situados a montante de Jupuí participam desta repartição.

Considera-se que urna boa repartição do volume de espera calculado para Jupuí, do ponto de vista do controle de cheias, será aquela que mantiver a maior parcela desses volumes o mais próximo possível de Jupuí. O criterio que vem sendo adotado desde 1982, baseado em urna relação linear com as medias das vazoes máximas mensais do histórico, nos meses da estação chuvosa (dezembro a abril), fornece urna distribuição segura para a operação integrada de controle de cheias nesta bacia, pois quanto mais a jusante o aproveitamento se localizar, maior será sua media e, conseqüentemente, maior será a parcela que lhe caberá do volume de Jupuí.

Para efeito de reparticao dos volumes de espera destinados a protecao de Jupia, considera-se que os reservatorios de Fumas e Mascarenhas de Moraes formam um unico reservatorio, cuja vazao dos meses da estacao chuvosa e igual a vazao media em Mascarenhas de Moraes.

Para qualquer tempo de recorrência estudado, os volumes de espera de Jupia, quando distribuidos pelos aproveitamentos de montante, sempre superam os volumes de espera necessários para o próprio aproveitamento, os denominados volumes próprios, que sao calculados para atender especificamente as restricoes existentes a jusante de cada aproveitamento.

No entanto, no caso das restricoes a jusante de Mascarenhas de Moraes, Itumbiara e Nova Ponte, que sao respectivamente a casa de força da usina, a cidade de Itumbiara e a obra da usina de Miranda, decidiu-se, para urna maior protecao, considerar a alocao nestes reservatorios da soma das parcelas decorrentes da distribuicao do volume de espera de Jupia com os seus respectivos volumes de espera próprios.

Os aproveitamentos de Jaguará, Volta Grande e Porto Colombia, por serem a fio d'água, têm a protecao de suas restricoes exercida pela operacao dos reservatorios de Fumas e Mascarenhas de Moraes, os quais possuem restricoes próprias compatíveis com as dos referidos aproveitamentos.

Foram levantadas alternativas de alocao de volumes de espera, no sistema de reservatorios a montante de Jupia, correspondentes a varios tempos de recorrência. Foi feita urna avaliacao dos impactos energéticos no Sistema Interligado Sul/Sudeste, decorrente da adocao de cada alternativa, com a finalidade de se obter indicadores significativos, tais como: riscos de déficit, custos de geracao térmica e de déficits e probabilidades de enchimento dos reservatorios no final da estacao chuvosa. A alternativa aprovada para a estacao chuvosa 1995/1996 para protecao da restricao de Jupia corresponde a um tempo de recorrência de 35 anos, nao se alterando em relacao aos últimos anos.

O volume útil total desses reservatorios a montante de Itaipu e da ordem de 98 bilhoes de metro cúbicos, dos quais sao reservados cerca de 20% para volume de espera, durante a estacao chuvosa, correspondente aos meses de dezembro a abril. Este valor se reduz nos meses de maio a novembro pois, neste período, so estao alocados volumes de espera nos reservatorios da bacia do rio Paranapanema.

4.5 Regras de operacao

No caso da bacia do rio Paraná, deve-se destacar a existencia de dois tipos de reservatorios quanto á natureza de suas operacoes de controle de cheias:

- reservatorios para a operacao integrada na bacia;
- reservatorios para a operacao isolada na bacia.

Os reservatorios de Camargos e de Barra Bonita, devido as suas localizacoes e aos seus recursos físicos, sao considerados reservatorios para a operacao isolada de controle de cheias, cujo unico objetivo direto e a protecao de suas restricoes próprias, da mesma forma que os reservatorios da bacia do rio Paranapanema.

Os demais reservatorios a montante de Jupia operam visando a protecao nao so de suas restricoes próprias como também da restricao de Jupia. Estes reservatorios compoem o sistema de reservatorios para a operacao integrada de controle de cheias da bacia do rio Paraná.

Para efeito de urna operacao integrada de controle de cheias para a protecao da restricao de Jupia sao considerados os seguintes subsistemas: Paranaíba; Grande; Ilha Solteira/Três Irmaos e Tietê. Estes subsistemas foram divididos em segmentos. Quando a afluência natural ao sistema até Jupia ultrapassa a

sua descarga de restrição, os volumes de espera dos subsistemas passam a ser utilizados, de maneira conjugada, mantendo-se a defluência de Jupuíá na sua restrição. A seqüência de utilização dos subsistemas procura se aproximar de um enchimento em paralelo, por segmentos, dos volumes de espera do sistema.

Os volumes de espera a serem alocados tiveram sua evolução discretizada em patamares semanais.

Quando os reservatórios encontram-se com seus armazenamentos inferiores ao nível meta, devem ser utilizados os "Diagramas de operação Normal", que em função da previsão de vazão afluente e do volume vazio disponível indicam as defluências necessárias para atingir os níveis de volume de espera. Desta forma, pode-se antecipar o início da evolução da vazão defluente até o valor de sua restrição, evitando-se com isto as rápidas variações das defluências, que nem sempre são possíveis devido à limitação das taxas de máxima variação diária.

Se a afluência natural ao sistema até Jupuíá for maior que a sua descarga de restrição, mesmo existindo volume de espera no sistema, deverá ser sempre consultado o Diagrama de operação em Emergência do Sistema Equivalente em Jupuíá, para saber se ainda é possível manter-se a defluência deste aproveitamento na sua restrição ou se a mesma deverá ser rompida. Para se obter esta defluência do diagrama de Jupuíá deve-se dispor dos dados da afluência natural verificada e do volume de espera disponível no sistema para Jupuíá.

Na fase da operação em tempo real funciona uma Coordenação Operacional para Controle de Cheias, a qual é exercida pelo CNOS - Centro Nacional de operação de Sistemas da ELETROBRAS, cujas principais atribuições são:

- coordenar a operação integrada dos reservatórios durante o período especificado, aplicando as regras de operação aprovadas;
- coordenar o programa de defluências e a seqüência de enchimento e deplecionamento dos reservatórios em função do estado hidráulico do sistema;
- garantir facilidades e a confiabilidade na troca de informações de dados hidráulicos e hidrológicos entre as empresas envolvidas.

5. Análise da Experiência Operativa

A partir de 1977 o setor elétrico brasileiro começou a incorporar, de forma sistematizada, os estudos de controle de cheias no planejamento e programação da operação dos reservatórios dos Sistemas Interligados Sul/Sudeste e Norte/Nordeste. Inúmeros eventos de cheias significativas ocorreram ao longo destes anos, em várias bacias que permitiram avaliar o desempenho da estratégia de controle de cheias utilizada pelo GCOI. Nesta direção, selecionamos o ano de 1992, que apresentou ao longo do seu transcurso, vários eventos significativos de cheias em diversas regiões brasileiras, particularmente para a bacia do alto rio Paraná. Por oportuno, devido à indivisibilidade da bacia, incluímos, também, uma análise resumida da operação dos reservatórios do rio Iguaçu, bem como suas implicações com a operação hidráulica realizada a jusante de Itaipu nos meses de maio e junho de 1992.

5.1 Operação de Controle de Cheias na Bacia do Alto Paraná: Jan/Fev -1992

Chuvas intensas e de longa duração verificadas na região Sudeste a partir da 2ª quinzena de Janeiro de 1992, decorrentes de uma frente estacionária durante quase dez dias, provocaram cheias generalizadas na bacia do Alto Paraná, mais notadamente nas cabeceiras do rio Grande. A precipitação total neste mês de

Janeiro chegou a alcançar até 200% da media histórica em alguns postos da cabeceira do rio Grande.

Na usina de Camargos, no alto rio Grande, em 23.01.92 ocorreu a maior cheia de um histórico de 60 anos registrado neste local, no valor de 1.630 m³/s. A liberação de urna defluência máxima de 1.170 m³/s em Camargos evitou a destruição de urna ponte na estrada BR-265, embora tenha causado urna interrupção temporaria no transito.

Este abatimento da cheia efetuado por Camargos nao foi suficiente para evitar danos á localidade de Ribeirao Vermelho, pois so as vazoes incrementais, nao controladas pela operação do reservatório, chegaram a atingir 4.500 m³/s, muito acima da restrição da cidade, 1.100 m³/s.

Para os demais reservatórios da cascata a operação de controle de cheias realizada foi bastante eficiente.

No reservatório de Fumas, em 3.01.95, foi registrada a vazao media diaria mais elevada do histórico de 62 anos: 9.000 m³/s. Apesar deste quadro desfavorável, as vazoes defluentes foram totalmente controladas, atingindo-se a restrição de defluência (4.000 m³/s) apenas a partir de 26 de Janeiro, conforme mostrado no Anexo 4.

O sucesso da operação de controle de cheias dos reservatórios da bacia do rio Grande (Fumas, M. Moraes, Marimondo e Agua Vermelha), permitiu que fossem evitados os seguintes prejuízos:

- inundação da usina acucareira de Passos;
- interrupção do tráfego de balsa em Sao Joao Batista do Gloria;
- paralisação do tráfego na ponte da BR-050 no trecho Uberaba-Ribeirao Preto;
- paralisação das atividades extrativas em portos de areia;
- inundação da casa de força da usina Mascarenhas de Moraes;
- interrupção do tráfego da BR-364 na ponte Gumercindo Penteado.

Mais ainda, o controle de cheias no rio Grande evitou que fossem desalojados diversas familias em áreas ribeirinhas, a perda de culturas agrícolas e a dizimação de rebanhos.

Na bacia do rio Paranaíba, o evento mais significativo da estacao chuvosa ocorreu no dia 11.02.92., conforme pode ser observado também no Anexo 4. A operação de controle de cheias do reservatório de Itumbiara permitiu manter as vazoes defluentes em no máximo 6.750 m³/s, respeitando a restrição para proteção da cidade de Itumbiara, que é de 7.000 m³/s.

Apesar das chuvas mais intensas nas bacias dos rios Grande e Paranaíba nao terem ocorrido simultaneamente, no período de 20 de Janeiro a 15 de fevereiro, as vazoes naturais levantadas para Jupiá neste período foram expressivas: Em torno do dia 24 de Janeiro, logo após a cheia ocorrida no rio Grande, a vazao natural em Jupiá atingiu o valor de 25.400 m³/s, entrando em recessao até 2 de fevereiro. Logo após esta data, em função do aumento das vazoes no Paranaíba, as vazoes naturais em Jupiá voltaram a subir, alcanzando cerca de 24.300 m³/s, conforme apresentado no Anexo 5. Esta cheia em Jupiá está entre as seis maiores de um histórico de 70 anos, em termos de máxima vazao media diaria.

Portante, caso nao houvesse urna eficiente operação de controle de cheias nos subsistemas Grande e Paranaiba, bem como do reservatório de Ilha Solteira, as localidades de Tres Lagoas, Panorama e Presidente Epitácio, a jusante da usina de Jupiá, sofreriam inundações. A operação coordenada realizada permitiu que em ambos os eventos a defluência de Jupiá nao ultrapassasse a restrição de 16.000 m³/s, significando urna acumulacão no sistema de reservatórios brasileiros da ordem de 13 bilhoes de metros

cúbicos, ou seja aproximadamente 13% de sua capacidade total.

Deve-se destacar no primeiro evento que, para se elevar a defluência em Jupuíá, foi necessário que a CESP e a Defesa Civil removessem cerca de 100 famílias residentes nos locais atingidos. Por isso, a vazão defluente foi mantida em 6.500 m³/s até o dia 19 de Janeiro, sendo gradativamente aumentada até 15.000 m³/s no dia 27. A partir daí, em função da melhoria das condições meteorológicas, a coordenação do controle de cheias manteve esse valor de defluência, permitindo o esvaziamento dos volumes de espera ocupados na bacia do rio Grande.

5.2 Operação de Controle de Cheias na bacia do Rio Iguaçu: Mai/Jun - 1992

A bacia do rio Iguaçu localiza-se na região Sul do país, em grande parte do estado Paraná, tendo também áreas de contribuição em Santa Catarina e na República Argentina.

Essa bacia possui certas características que determinam distintos tipos de enchentes ao longo da mesma. O trecho conhecido como Alto Iguaçu, a montante da localidade de Porto Vitória, caracteriza-se por declividades pequenas. Neste trecho, os escoamentos evoluem de forma gradual e permitem boas previsões de vazões. Por outro lado, no trecho a jusante de Porto Vitória, ocorre um aumento acentuado das declividades, provocando respostas rápidas às precipitações, com redução do horizonte de previsão.

As fortes chuvas ocorridas na região Sul em maio/junho de 1992 elevaram as vazões no rio Iguaçu e causaram a segunda maior cheia dos últimos 60 anos. O total de precipitação acumulado em maio de 1992 chegou a atingir 500 mm para algumas localidades, valor este cinco vezes superior ao total médio histórico.

Na região a montante de Foz do Areia, a vazão máxima registrada na cidade de União da Vitória foi de 3.800 m³/s, causando inundações para as populações ribeirinhas. Vale ressaltar que quando da ocorrência deste evento máximo não havia influência do remanso do reservatório de Foz do Areia naquela cidade, devido ao deplecionamento efetuado.

Nesta época, o aproveitamento de Segredo, da COPEL, situado imediatamente a jusante de Foz do Areia, estava em construção, e propiciou um grande abatimento da cheia, devido à limitação de descarga imposta pelos seus dois túneis de desvio. Como consequência da grande acumulação ocorrida, a ensecadeira da obra de Segredo foi galgada, sendo necessário se implementar diversas medidas emergenciais.

Devido à magnitude da cheia, o volume de espera alocado em Salto Santiago, da ELETROSUL, não foi suficiente para garantir a vazão de restrição de 17.000 m³/s na seção correspondente à usina Júlio de Mesquita Filho, da COPEL, ocorrendo a inundação desta usina. No entanto, a defluência de Salto Santiago não ultrapassou a sua descarga de restrição (19.000 m³/s), evitando a inundação dessa usina, fundamental para o atendimento energético da região Sul.

Durante o desenrolar da cheia na bacia do rio Iguaçu, por volta das 19 horas do dia 29.05, a ELETROBRAS, que realizava o seu acompanhamento e controle, através do CNOS, em conjunto com a COPEL e ELETROSUL, foi informada pelo Ministério das Relações Exteriores que poderiam ocorrer problemas, em território paraguaio, no rio Paraná a jusante de Itaipu, até a confluência dos rios Iguaçu e Monday (R-11), devido às seguintes restrições:

- Casa de Força da Usina de Acaray
Nível de Inundação = 128,50 m

- Vazao Máxima em R-11

51.000 m³/s (somatório das defluências de Itaipu e contribuições do Iguaçu, Acaray e Monday)

A ELETROBRAS, através do CNOS, passou, então, a exercer um contínuo monitoramento das vazoes e níveis nas bacias dos rios Iguaçu e Paraná, em especial em R-11 e usina Acaray, em estreito e permanente contato entre as empresas ITAIPU, COPEL e ELETROSUL. Durante toda a noite do dia 29 e ao longo do dia 30, diversas manobras operativas foram efetuadas para salvaguardar as restrições, nas quais destacam-se:

- fechamento do vertedor da usina de Sao Simao, no rio Paranaíba;
- redução da geração da usina de Itumbiara;
- fechamento do vertedor da usina de Capivara, no rio Paranapanema;
- monitoramento contínuo das linhas de transmissão da região Sul em função dos problemas decorrentes das condições meteorológicas críticas;
- aumento das defluências em Itaipu;
- acompanhamento das vazoes e níveis nas seções ao longo do rio Iguaçu (União da Vitória, Foz do Areia, Segredo, S. Santiago, S. Osório e Porto Capanema); do rio Paraná (Jupia, Itaipu, usina Acaray) e dos principais afluentes a montante (Paranapanema, Capivara, Ivaí e Piquiri) e jusante (Monday = R-11);

Tais medidas tiveram como um dos objetivos principais a redução do armazenamento do reservatório de Itaipu, enquanto ocorria a propagação do pico da cheia na calha do rio Iguaçu. A medida em que a frente da cheia se aproximava da foz do rio Iguaçu, efetuar-se-ia a redução das defluências de Itaipu para respeitar a soma total das vazoes em R-11.

Com o monitoramento contínuo das informações nas diversas bacias foi possível reduzir as afluições em R-11, cujo valor máximo observado foi de 50.339 m³/s, às 3 horas do dia 31.05, resultante da liberação controlada de 20.939 m³/s em Itaipu somada às contribuições incrementais e à vazão do rio Iguaçu, o Anexo 6 ilustra a evolução das vazoes e níveis em Itaipu e nos rios Iguaçu, Paraná e Monday durante o período crítico da cheia.

5.3 Considerações Finais

O problema do controle de cheias em um sistema de reservatórios é uma questão tecnicamente complexa. Os bons resultados hoje colhidos são possíveis porque ao longo dos últimos quinze anos o setor elétrico brasileiro se preparou para atender esse desafio. Na maioria das empresas concessionárias, foram formadas e treinadas equipes técnicas especializadas em hidrologia operacional, capazes de absorver os mais recentes avanços técnicos e desenvolver metodologias de controle de cheias voltadas para as características específicas do sistema brasileiro. Nesse sentido, cabe ressaltar o papel das equipes técnicas da ELETROBRAS e do CEPTEL como propulsoras desse desenvolvimento.

Deve ser destacado o papel desempenhado pelo sistema de reservatórios da bacia do rio Paraná para a mitigação dos efeitos de inundações. Como foi mostrado, as regras operativas dos aproveitamentos foram aperfeiçoadas visando não apenas a geração de energia, mas também o controle de enchentes, acarretando

benefícios socio-econômicos para toda a bacia, inclusive com reflexos favoráveis para os países ribeirinhos a jusante, como no caso do evento da cheia na bacia do rio Paraná, a montante de Jupia, em janeiro/fevereiro de 1992 e do rio Iguazu, em maio/junho do mesmo ano.

Julgamos importante citar algumas questões técnicas que o setor elétrico precisará desenvolver e/ou aprimorar, pois, direta ou indiretamente, são fundamentais para os estudos de controle de cheias.

- Estudos hidrológicos para disponibilização de séries diárias de melhor qualidade;
- Estudo de medidas para melhoria do controle hidráulico dos aproveitamentos hidroelétricos;
- Previsão meteorológica;
- Previsão de vazões;
- Mapeamento das áreas inundáveis, com os riscos associados e sua ocupação socio-econômica.

Um outro aspecto importante a ser destacado é de que a implantação das medidas de prevenção de cheias acabam incentivando a ocupação de áreas inundáveis. Tendo em vista este fato, tem-se observado uma tendência mundial de se dar um maior destaque às chamadas "medidas não estruturais", tais como: regulamentação do uso do solo; seguro contra inundações; previsões de enchentes com sistemas de alerta; campanhas de esclarecimento às populações sobre as áreas sujeitas a inundações.

No entanto, a proposição e implementação destas "medidas não estruturais", que poderiam trazer um benefício global para a sociedade, extrapolam o papel institucional do setor elétrico.

A necessária articulação entre os diferentes setores usuários deverá ser facilitada num futuro próximo com a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH, atualmente em discussão no âmbito do Congresso Nacional. A criação de um fórum amplo e específico para a discussão do uso múltiplo dos recursos hídricos permitirá uma análise abrangente dos aspectos técnicos e institucionais dessa questão.

A ELETROBRAS tem procurado estudar as questões metodológicas do rateio de custos em obras de usos múltiplos e as técnicas de análise multi-objetivo em recursos hídricos. Essas atividades vêm sendo desenvolvidas através de contratos com centros especializados em pesquisas em recursos hídricos, como por exemplo, o projeto de Usos Múltiplos de Recursos Hídricos realizado em conjunto com o Centro Tecnológico de Hidráulica da Universidade de São Paulo. Atualmente estão em andamento junto com o CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica um projeto para o aprimoramento das metodologias de controle de cheias, e outro relativo às considerações de usos múltiplos já na fase de inventário do potencial hidroelétrico de bacias hidrográficas.

Através do domínio das técnicas mais atualizadas e do perfeito equacionamento das questões político-institucionais relacionadas ao uso múltiplo de recursos hídricos, o setor elétrico poderá cumprir com sua parte, assegurando a qualidade das medidas operativas de gerenciamento de seu sistema de reservatórios e contribuindo para que ocorra um desenvolvimento econômico e social do país em harmonia com o meio ambiente.

Referências bibliográficas

- BARRETTO, L.A.L, LOPES, AL, GONTIJO, E.A, MING, L, KONISHI, S. (1979), "*Regras de Operação de Reservatenos para Controle de Cheias*", V Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Grupo I, GPH, Recife, PE, Brasil.
- BEARD, L.R., (1963), "*Flood Control Operation of Reservoir*", Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Volume 89, Proc. Paper 3380, pages 8-10, 21-23.
- BEARD, L.R., (1977), *Review of Flood Control Studies for Rio Grande, relatório de consultorio para a ELETROBRAS*, Rio de Janeiro, dezembro.
- CECCA, (1977), *Determinação de Volumes para Controle de Cheias nos Reservatenos da Bacia do Rio Grande*, Subcomitê de Estudos Energéticos, Grupo Coordenador para a operação Interligada, ELETROBRAS, Rio de Janeiro.
- DAMAZIO, J.M, (1989), *Condições de Controlabilidade de Sistemas de Reservatenos para Controle de Cheias e seu Uso na operação com Múltiplos Usos*, Relatório Técnico, CEPEL N° 036/89, Rio de Janeiro.
- ELETROBRAS, (1987), *Guia para o Cálculo de Cheia de Projeto de Vertedor*, Rio de Janeiro.
- GTEH, (1986), *Modelo Cheia - Manual de Apresentação do Modelo de Simulação da operação Hidráulica para o Controle de Cheias em um Sistema de Reservatenos*, Subcomitê de Estudos Energéticos, Grupo Coordenador para operação Interligada, ELETROBRAS, Rio de Janeiro.
- GTHO, (1995), *III Encontro Técnico de Hidrologia Operacional - Relatório Final*, Subcomitê de Estudos Energéticos, Grupo Coordenador para operação Interligada, ELETROBRAS, Rio de Janeiro.
- GTHO, (1995), *Prevenção de Cheias nos Aproveitamentos Hidrelétricos dos Sistemas Interligados Brasileiros - 1995/1996*, Subcomitê de Estudos Energéticos, Grupo Coordenador para operação Interligada, ELETROBRAS, Rio de Janeiro.
- KELMAN, J., (1986), *Stochastic Modeling of Hydrologic Intermittent Processes*, Colorado State University Fort Collins, Colorado Hydrology Paper N° 89, 1976.
- KELMAN, J., (1987), *Cheias e Aproveitamentos Hidrelétricos*, ABRH, RBE, Rio de Janeiro.
- KITE, G.W., (1977), *Frequency and Risk Analyses in Hidrology*, Fort Collins, Colorado.
- MARIEN, J.L., (1984), "*Controllability Conditions for Reservoir Flood Control Systems With Applications*", Walter Resources Research, vol 20(11).
- MING, L, BARRETTO, L.A.L, LOPES A.L, GONTIJO, E.A, KONISHI, S, (1979), "*Prevenção de Cheias em Reservatórios do Sistema Interligado*", V Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Grupo I, GPH, Recife, PE, Brasil.
- NERC, (1975), *Flood Studies Report*, Natural Environment Research Council, London.
- ROCHA, V.F, DAMAZIO, J.M., KELMAN, J.,(1993), *Modelo de Programado da operação de Controle de Cheias com Utilização das Condições de Controlabilidade*, X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Gramado, RS, Brasil

SIESE, (1994), *Boletín Trimestral - Síntese 1994, Sistema de Informações Empresariais do Setor de Energia Elétrica*, MME - DNAEE - ELETROBRAS.

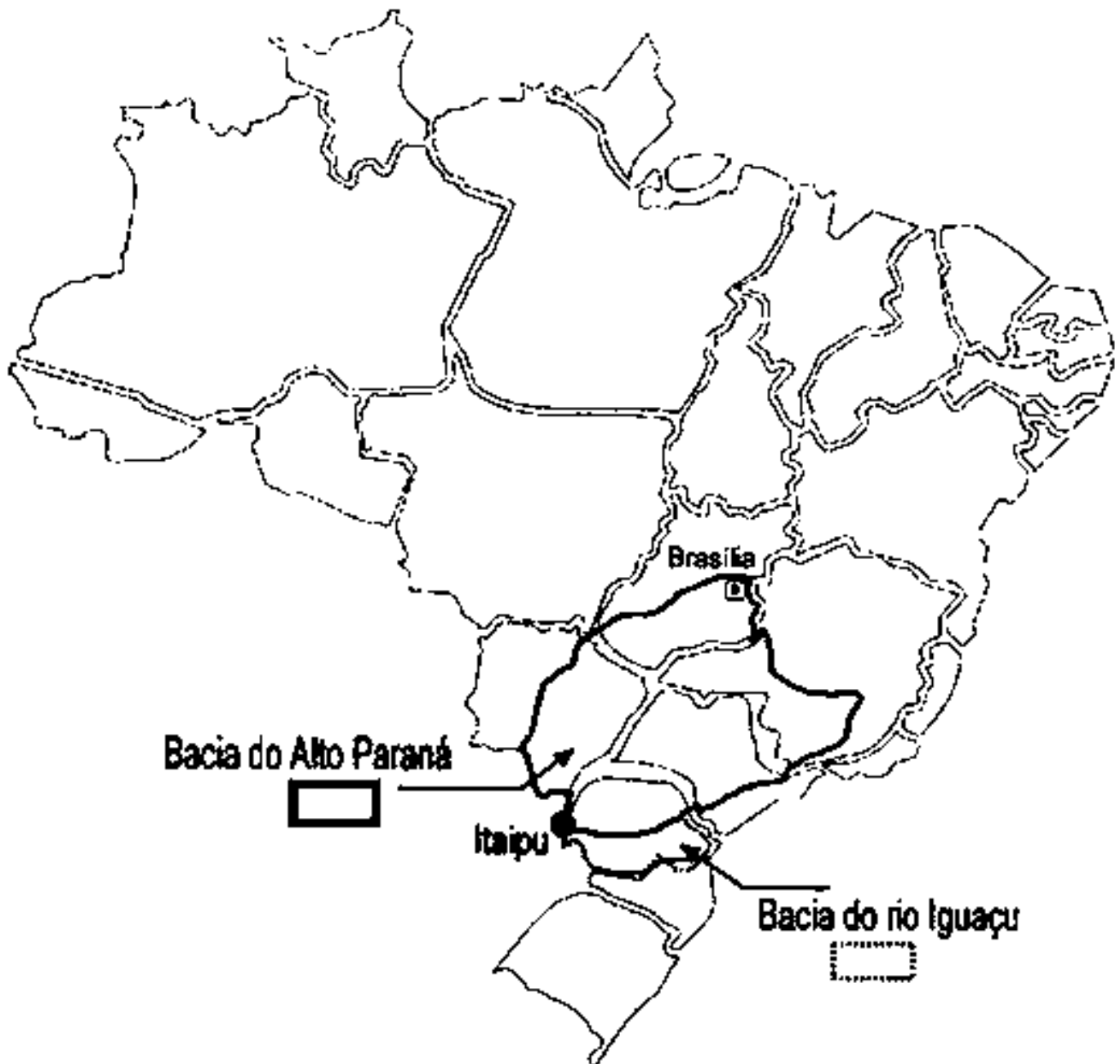
U.S. ARMY, (1959), *Reservoir Regulation*, U.S. Army, Corps of Engineers, May, pages 13-15.

USWRC, (1977), *Guidelines for Determining Flood Flow Frequency*, United States Water Resources Council, Washington.

VIEIRA. A.M, SALES, P.R.H, BARRETTO, L.A.L., (1986). "*The Brazilian Electric Sector Experience in Flood Control*", Proc. of the Internation Symposium on Flood Frequency and Risk Analyses, Lousiana States University, Baton Rouge, U.S.A., pages 409-418.

Anexo 1 - Diagrama de Operação em Emergência - Reservatório de Furnas

Anexo 2 - Localização das Bacias do Rio Paraná e Iguaçu no Brasil

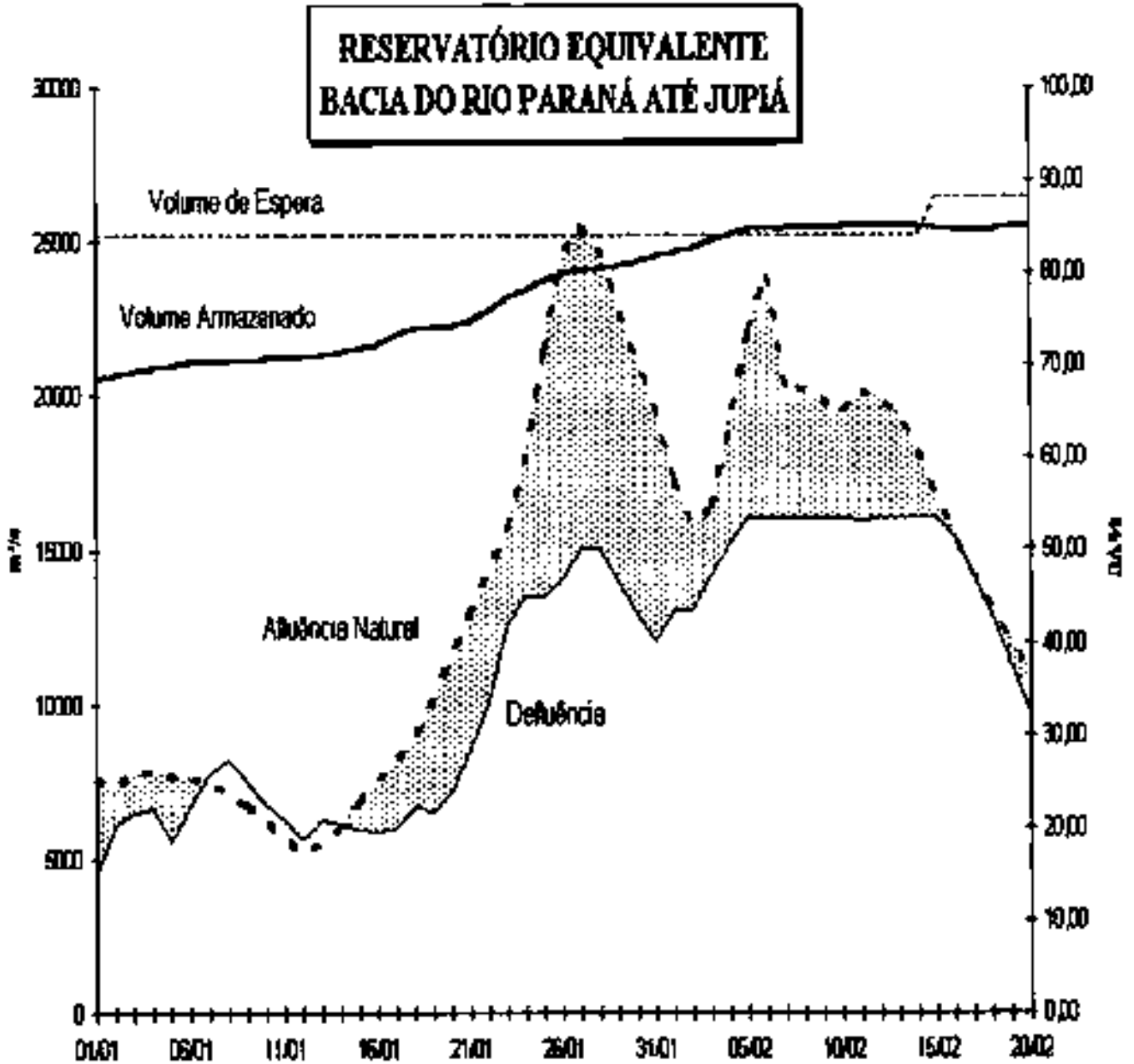


[Anexo 3 - Diagrama Esquemático dos Aproveitamentos Localizados na Bacia do rio Paraná](#)

[Anexo 4 - Operação em Itumbiara e Fumas no período 01/01/92 a 20/02/92 \(Reservatório de Furnas\)](#)

[Anexo 4 - Operação em Itumbiara e Fumas no período 01/01/92 a 20/02/92 \(Reservatório de Itumbiara\)](#)

Anexo 5 - Operação do Sistema de Reservatórios até Jupiá no período 01/01/92 a 20/02/92



[Anexo 6 - Operação Hidráulica do Reservatório de Itaipu e Vazões Observadas na Confluência Paraná-Iguaçu período 29/05/92 a 01/06/92](#)

Anexo 4.3/Appendix 4.3 - The Mississippi basin flood of 1993

by Gerald E. Galloway, Jr. P.E., Ph.D.

EXECUTIVE SUMMARY

The Midwest Flood of 1993 was a significant hydrometeorological event. In some areas it represented an unusual event; in most others, however, it was just another of the many that have been seen before and will be seen again. Flood flows similar to those experienced by most of the Midwest can occur at any time. Flood damages are a national problem.

Excessive rainfall, which produced standing water, saturated soils, and overland flow, caused major damages to upland agriculture and some communities. In turn, runoff from this rainfall created, throughout the basin, flood events that became a part of the nation's 1993 TV experience. Damages overall were extensive: between \$12 billion and \$16 billion that can be counted, and a large amount in unquantifiable impacts on the health and well-being of the population of the Midwest. Over half of the damages sustained were agricultural damages to crops, livestock, fields, levees, farm buildings, and equipment. The remaining damages were primarily to residences, businesses, public facilities, and transportation. Much of the agricultural damage occurred in upland areas as the result of wet fields and a short growing season rather than inundation by floodwaters. Similarly a portion of residential and business damages was caused by basement flooding due to high groundwater and sewer back-up in areas outside the floodplain.

Rivers and river valleys historically have been major transportation routes, particularly in the area impacted by the 1993 flood. In the Midwest, transcontinental railroads, interstate highways, and other road systems either follow river valleys or cross them. As a result, physical damages to transportation systems created a significant percentage of total flood damages. In addition to direct damages, indirect costs accrued when transportation routes were inundated by floodwaters, and traffic was halted or detoured.

Human activities in the floodplains of the Midwest over the last three centuries placed people and property at risk. Local and federal flood damage reduction projects were constructed to minimize the annual risk, and, during the 1993 flood, prevented nearly \$20 billion in damages. Some of these programs, however, attracted people to high risk areas and created greater exposure to future damages. In addition, flood control, navigation, and agricultural activities reduced available floodplain habitat and compromised natural functions upon which fish and wildlife rely.

Over the last 30 years the nation has relied heavily in the Midwest on a strategy of construction of levees and detention reservoirs to protect those at risk. It has, however, earned that multi-approach floodplain management can reduce vulnerability to damages and create a balance among natural and human uses of floodplains and their related watersheds to meet both social and environmental goals. The nation, however, has not taken full advantage of this knowledge. The United States simply has lacked the focus and the incentive to engage itself seriously in floodplain management. The 1993 flood focused attention on the floodplain.

A White House based Interagency Floodplain Management Review Committee investigated the causes of the 1993 flood and the nations program for floodplain management. It proposed that all levels of government, all businesses and all citizens should have a stake in properly managing the floodplain, and

that those who support risky behavior, either directly or indirectly, must share in floodplain management and in the costs of reducing that risk. It noted that the federal government can lead by example; but state and local governments must manage their own floodplains. Individual citizens must adjust their actions to the risk they face and bear a greater share of the economic costs.

The Review Committee proposed a floodplain management strategy of, sequentially, avoiding inappropriate use of the floodplain, minimizing vulnerability to damage through both structural and nonstructural means, and mitigating flood damages when they do occur. By controlling runoff, managing ecosystems for all their benefits, planning the use of the land and identifying those areas at risk, many hazards can be avoided. Where the risk cannot be avoided, damage minimization approaches, such as elevation and relocation of buildings or construction of reservoirs or flood protection structures, are used only when they can be integrated into a systems approach to flood damage reduction in the basin. When floods occur, impacts on individuals and communities can be mitigated with a flood insurance program that is funded by those who are protected.

To ensure a long-term, nationwide approach to floodplain management, the Review Committee proposes legislation to develop and fund a national Floodplain Management Program with principal responsibility and accountability at the state level. It also proposed issuance of a Presidential Executive Order requiring federal agencies to follow floodplain management principles in the execution of their programs.

The upper Mississippi River Basin included both individually authorized federal flood damage reduction projects and levees built by local groups and individuals. This pattern of development is unique and requires a unique approach. The Review Committee proposed a plan for integrated management of the water resources of the basin.

INTRODUCTION

Throughout the Summer and Fall of 1993, the people throughout the world with access to the Cable News [Television] Network (CNN) were shown scenes of the devastation wrought on the Midwestern part of the United States by what became known as the Great Mississippi Flood of 1993. Since the early days of the 20th century, the Nation had labored to reduce the vulnerability of its people to flood damages and yet this flood had destroyed tens of thousands of homes, flooded hundreds of thousands of acres of prime farmland and had disrupted the economic and social fabric of several million people. National leaders as well as private citizens not only raised questions about how such flood damages occurred, but demanded to know what should be done to prevent recurrences of these damages.

This paper discusses the 1993 flood in terms of its extent and its impacts on the effected region and its populace. It is based on and extracts from the report a White House based Interagency Floodplain Management Review Committee that investigated the causes of the 1993 flood and the management of floodplains both in the Mississippi basin and nationwide. ¹

1. The Flood of 1993

1.1 The Upper Mississippi River Basin

The Mississippi and its tributaries have played a major role in the United States history. Their existence was critical to the growth of the Midwest region and fostered the development of major cities and a transportation network linking the region to the rest of the world. The floodplains of these rivers provided some of the most productive farmland in the country. They today offer diverse recreational opportunities

and contain important ecological systems.

The Mississippi River basin stretches from the eastern slopes of the Rocky mountains in Montana to the western reaches of New York state (Figure 1). It drains all or parts of 32 states and 2 Canadian provinces covering 1.25 million square miles or 41 percent of the contiguous land area of the United States. The upper Mississippi River Basin (Figure 2) begins at the confluence of the Ohio and Mississippi Rivers and encompasses 714,00 square miles in 9 states, over 57 percent of the total basin. From its source at Lake Itasca, Minnesota, the Mississippi River courses a distance of 1366 miles. Its principal tributary, the Missouri River runs for over 2466 miles and drains 529,00 square miles above its mouth near St. Louis, Missouri. While the upper Mississippi flow is essentially unregulated except for the minimal controls need to operate locks and dams for navigation, flow on the Missouri is controlled by six large dams on the upper section of the river.

Land use in the region is predominantly for agriculture although there are clusters of industry in and near major cities and adjacent to many smaller communities. The areas 208 million cropland acres represent nearly 32 percent of United States farm acreage. In the floodplain of the upper Mississippi and Missouri, the same development patterns prevail with over 60 percent of the land (7 million acres) devoted to agriculture. Most major population centers in the region (except for Chicago) are located along the Mississippi and Missouri Rivers and their tributaries. Flood vulnerable sections of major urban areas, for the most part, have been protected by levees and/or reductions in flood stages brought about by upstream impoundments.

[Figure 1. - The Mississippi Basin Source: Tobin and Montz, *The Great Midwestern Floods of 1993.*](#)

[Figure 2. - The Upper Mississippi River Basin](#)

1.2 A Significant Hydrometeorological Event

The flood of 1993 was a hydrometeorological event without precedent in modern US history. The late summer and Fall of 1992 were wetter than normal for the Midwest and coupled with cooler temperatures produced wet soil conditions. A normal winter rainfall was followed by increasingly heavy precipitation throughout the spring, summer and into the early fall. Seasonal rainfall records were shattered in all nine states impacted by the flood. Summer rainfall amounts equaled those computed for storm frequencies having 75 to 300 year recurrence intervals. During the 14 month period from July 1992 to September 1993, rainfall amounts were significantly above average in all but 3 of the 14 months. In Iowa, the rainfall from January through September was the greatest amount, 44.5 inches, in 121 years of record. Evaporation was the lowest on record and cloud cover and soil moisture readings were the greatest in history.

This intense and continuous rainfall, coupled with the wet soil conditions, after a point in time, filled every ditch and channel, every stream and provided record flows on many reaches of the Missouri and Mississippi and their tributaries. By mid-July, river stages exceeded the 100 year discharge at 45 of nearly 500 gauging stations in the region and near 500 year elevations were seen along the Missouri from southeastern Nebraska to near St. Louis and from southern Iowa to above St. Louis on the Mississippi (figure 3)². The duration of the flood added to its impact. The high stages in July were followed in many reaches by late August and early September rises that approached the mid-summer levels. Considerable acreage was underwater for several months as continuing high stages prevented the drainage of floodplains.

[Figure 3. - River Reaches with Significant Flooding \(Source: US Department of Commerce, NOAA,](#)

[National Weather Service](#)

1.3 Soil Conditions Prior to the 1993 Flood

The antecedent conditions that gave rise to the Flood of 1993 included, in addition to record rainfalls, wet soil conditions that began in the central Great Plains during the summer of 1992 and rose rapidly with the increasing precipitation and cooling air temperatures of late 1992. July, September, and especially November 1992 were much wetter than normal over the upper Mississippi River Basin. That winter precipitation was near normal, but a wet spring followed. By late March, extremely moist conditions covered much of the region as a result of the wet fall and spring snowmelt runoff. Iowa, which was centrally located in the area of heaviest flooding, experienced the second wettest November - April period in 121 years of record. This period was followed by above-normal precipitation over the upper Mississippi River Basin during April and May. The April - June period was the wettest observed in the upper Mississippi River Basin in the last 99 years. Consequently even before the onset of the heavy summer rains, most upper basin soils were saturated, and many streams and rivers were flowing at well above seasonal normal levels.

1.4 Rainfall

During much of the summer of 1993, a persistent atmospheric pattern of excessive rainfall occurred across much of the upper Mississippi River Basin. The major river flooding resulted primarily from numerous series of heavy rainfall events from June through late July. The recurrence of heavy rainfall was the direct result of a stable upper-level atmospheric circulation pattern with a deep trough to the west of the upper Mississippi valley and a strong ridge along the East Coast (Figure 4). In late July and early August, a change in the upper air circulation pattern brought drier conditions to the Midwest as the trough shifted eastward. Locally heavy thunderstorms generated some additional flooding in parts of the soaked upper Mississippi River Basin during mid-August; however, these rains were associated with a typical summertime pattern and not a return to the anomalous and persistent June and July atmospheric conditions.

[Figure 4. - Weather Pattern, June-July 1993 \(Source: US Department of Commerce, NOAA, National Weather Service\)](#)

During the June-August 1993 period, rainfall totals surpassed 12 inches across the eastern Dakotas, southern Minnesota, eastern Nebraska, and most of Wisconsin, Kansas, Iowa, Missouri, Illinois, and Indiana. Over 24 inches of rain fell on central and northeastern Kansas, northern and central Missouri, most of Iowa, southern Minnesota, and southeastern Nebraska. Up to 38.4 inches fell in east-central Iowa. Generally precipitation amounts were 200 to 350 percent of normal from the northern plains southeastward into the central Corn Belt.

Rainfall amounts over the upper Mississippi River Basin during the May-August 1993 period are unmatched in the historical records of the central United States. In July, broad areas in the lower Missouri River Basin experienced rainfall amounting to four times normal. The series of storms producing these record rainfalls were remarkable not only in their magnitude but also for their broad regional extent; record wetness existed over 26,000 sq. mi. of the upper Mississippi River Basin. Seasonal rainfall records were shattered in all nine states impacted by the deluge of 1993. Summer rainfall amounts equaled those computed for storm frequencies having 75-year to 300-year recurrence intervals.

1.5 River Row

The deluge across the upper Mississippi River Basin produced record setting peak flowrates and water levels in many tributaries and in the main stem rivers, including a large reach of the upper Mississippi, over the full reach of the middle Mississippi, and over much of the length of the lower Missouri River. Flooding began in the northern portion of the upper Mississippi River Basin in June and then moved southward with the shifting of the storm-producing weather pattern and the travel of the flood flows downstream as summer progressed.

Rainfall was particularly heavy between June 17 and 20 in southwest Minnesota and northwest Iowa, causing record flooding on the Minnesota River. The next major pulse of precipitation occurred from June 23-25. Runoff from these rains combined with flood flows from the Minnesota River to initiate the first flood crest that moved down the upper Mississippi River. Following a short, dry period, a prolonged siege of heavy precipitation occurred from June 30 to July 11. This included extreme amounts of rainfall on July 9 in Iowa, which produced record flooding on the Raccoon and Des Moines rivers. Just as the crests from these two rivers reached Des Moines, a relatively small, connective pocket dumped several inches of rain on the crests rapidly boosting the river levels and flooding the city's water treatment plant. The intense rainfall during this period also led to record flooding on portions of the lower Missouri River and combined with the crest already rolling down the Mississippi to establish record river stages from the Quad Cities area on the upper Mississippi River downstream to Thebes, Illinois, on the middle Mississippi River. Another major precipitation event occurred from July 21-25. The heaviest rains were focused farther south than the earlier events, with especially heavy rain falling over eastern Nebraska and Kansas, leading to the second major crests on both the Missouri and Mississippi rivers.

Kansas City and St. Louis saw two flood peaks, one caused by the June 30 to July 11 rainfall and the other by rain falling from July 21-25. While flooding from the latter rainfall period did not extend as far upstream on the Mississippi River, new record river levels occurred at many locations downstream and on much of that portion of the Missouri River that flows through Missouri. Above normal rains continued to occur over parts of the flood-affected region during August, especially over Iowa where accumulations were twice the normal monthly amount over much of the state. By mid-September, however, rainfall began to diminish and rivers began to recede. Then, at the end of September, a strong system of thunderstorms deposited 1 to 3 inches of rain over the State of Missouri and 7 inches or more from the central part of the state eastward. The consequence was major flash flooding on many tributaries and new flood crests on the lower Missouri and middle Mississippi rivers. Farmlands behind previously breached levees were reflooded and two people drowned in separate incidents. Many roads were washed out and there was much damage to property in Missouri.

2. Impacts of the 1993 Flood

2.1 General

The costs to the nation from the flood were extensive. Thirty-eight deaths were attributed directly to the flood and estimates of fiscal damages ranged from \$12 billion to \$16 billion. Agriculture accounted for over half of these damages. More than 100,000 homes were damaged. Flood response and recovery operations cost more than \$6 billion. Many costs could not be quantified as impacts on businesses in and out of the basin were difficult to calculate and there was no accurate way to assess tax losses to governments. There also were impacts of the flood on the population's physical and mental well-being, but these too were difficult to sum.

The Midwest Flood of 1993, one of the most costly flood events in this nation's history, flooded over 6.6

million acres in the 419 counties in the upper Mississippi Basin. The damages experienced reflected the land-use and settlement patterns within and adjacent to the floodplain. The floodplains along the main stem Mississippi and Missouri rivers and the major tributaries that were inundated generally are used for agriculture, and most areas are sparsely populated. Throughout most of the area, river towns are protected by urban levees, or they are located primarily on a bluff. Floodwaters thus inundated neighborhoods rather than entire communities. Residences, businesses, and industries did receive extensive damages in bottomland areas and along tributaries near Kansas City and St. Louis. Development in these urban areas, however, is largely in the uplands or protected by urban levees that provided flood protection. As a point of comparison, significantly fewer people were impacted by the Midwest Flood of 1993 than were impacted by the 1927 flood on the lower Mississippi River.

Over half of the damages sustained were agricultural damages to crops, livestock, fields, levees, farm buildings, and equipment. The remaining damages were primarily to residences, businesses, public facilities, and transportation. Much of the agricultural damage occurred in upland areas as the result of wet fields and a short growing season rather than inundation by floodwaters. Similarly a portion of residential and business damages was caused by basement flooding due to high groundwater and sewer back-up in areas outside the floodplain.

The National Weather Service (NWS) estimated damages for the Midwest flood at \$15.7 billion based on information provided by its field offices. This estimate was based on totals by state, but did not include breakdowns of damage by type. In August 1993, The New York Times published an estimate of nearly \$12 billion in damages based on information it obtained from state and federal officials. State and federal officials could not assess all damages until floodwaters receded, and the full extent of agricultural damages was not known until after the end of the growing season. Most of the affected states updated their damage estimates, and the total ranges from \$12 billion to \$13 billion.

The Review Committee developed an estimate of flood damages using federal payments and making assumptions as to what percentage of damages those payments represent. This information indicates that total damages were more than \$12 billion with as much as \$4 billion to \$5 billion of that total being agricultural damages in upland areas.

Damage estimates for the Midwest flood show marked inconsistencies. No federal agency was responsible for developing accurate assessments of flood damages, nor was funded to do so. The affected states and the Federal Emergency Management Agency (FEMA) conduct preliminary damage assessments to determine if a Presidential disaster declaration is warranted and to estimate the resources necessary for response and recovery. Once sufficient damage has been identified to justify a declaration and once FEMA has a general idea of how resources should be allocated, federal agencies have little incentive to expend resources updating preliminary assessments. Resources are instead focused on tracking and projecting expenditures. The NWS is not funded to estimate total damages but does so to support other missions. The US Army Corps of Engineers (USACE), which in the past estimated flood damages, is no longer funded to do so. (The Review Committee was concerned that decisions involving hundreds of millions of dollars often were made without systematic assessments of flood damages and without a clear understanding by decision makers of the nature and extent of the damages incurred).

2.2 Agriculture

Agriculture is the leading industry in most counties of the nine states affected by the Flood of 1993). The area's 208 million cropland acres represent 32 percent of the nation's farm acreage, 35 percent of total

agricultural sales, and almost 60 percent of total national com, wheat, and soybean acreage. Combined production from Illinois and Iowa alone represent 33 percent of com and 30 percent of soybean acreage in the United States, but dominant crops and yields vary by state throughout the region. Floodplains comprise approximately 11 percent of total acreage affected by the 1993 flood and 66 percent of this acreage is in agricultural production.

Agricultural damages from the Flood of 1993 had two primary causes: excessive moisture that prevented planting and reduced yields in upland and floodplain areas and actual flooding that destroyed crops and severely damaged many acres of fertile floodplain cropland. It is difficult to separate the factors that influenced crop production during the 1993 growing season in the 9-state region. They included rain, low temperatures, early frost, and floods. More than 70 percent of the crop disaster assistance payments, however, were made to counties in upland areas - not in main stem river floodplains.

Agricultural damages directly attributed to actual flooding totaled more than \$2.5 billion, with an estimated \$1.4 billion in lost com and soybean sales. Most of these losses were restricted to 1993 as the productive capacity of the land was unchanged. There were, however, damages to field fertility and farm infrastructure of at least \$100 million.

Each state suffered different types of losses. For example, Missouri with 34 percent of its cropland (5.1 million acres) in the floodplain, had crop damages from flooding on 3.1 million acres causing \$247 million in lost sales (Cassidy and Rickert, 1994). In Illinois, only 3 percent of the state's com and soybean acreage (312,000 and 276,000 acres respectively) were lost to flooding with a loss in sales of \$153.4 million (Bhowmik, 1993). Minnesota farmers lost \$500 million in crop sales, but most of the damage was caused by wet conditions rather than riverine flooding (Taff and Maki, 1993). Damage from scour and deposition affected 455,000 acres on the Missouri River floodplain representing 20 percent of the flooded cropland along the Missouri and Mississippi rivers. Drainage ditches were filled with sediments, and other agricultural infrastructure was destroyed. Almost 60,000 acres have sand deposition more than 24 inches thick and reclamation costs to restore fertility to damaged cropland were estimated at \$190/acre. If cropland restoration required removal of sand, it cost approximately \$3,200 to remove each acre-foot of sand. Over \$10 million was required remove sediment and debris from ditches (US Department of Agriculture, 1993). Secondary impacts of agricultural losses to a local economy vary substantially with the dependence of that economy on the agricultural sector. Immediate losses are due to lost sales and unemployment. In the long run, the assessed value of land that sustained long-term damage may be reduced which will affect the property tax base of affected communities.

Another secondary effect was a reduction in crop-support payments since crop prices adjusted to the reduced production caused by wet weather in the Midwest and drought in the Southeast in 1993. This loss to farmers was a gain for taxpayers since subsidies represent transfer payments. For com, these deficiency payments were reduced by more than \$2.6 billion (US Department of Agriculture, 1993). These price effects and subsequent reduction in deficiency payments were temporary, as the 1994 crop supply returned to past levels.

It is important to note that the majority of 1993 agricultural damages in the Midwest were caused by wet soil conditions and inundation in upland areas. Damage to inundated cropland in the floodplain was significant with almost complete crop losses behind failed levees. Areas affected by severe erosion and deposition may suffer long-term loss of productivity.

2.3 Residences And Businesses

Estimates vary on the number of homes flooded and families impacted by the Midwest flood. Surveys made by Red Cross workers immediately after the floods identified more than 55,000 flooded residences (American Red Cross 1993). FEMA subsequently verified these damages with Red Cross chapters and developed an updated estimate of 70,545 residences (Shepard, 1994). The New York Times (August 10, 1993), estimated that more than 84,000 residences were damaged. By April 1994, the federal government had received 167,224 registrations for individual assistance and 112,042 applications for the Disaster Housing Program.

Within this latter group, over 90,000 applications were approved. The Disaster Housing Program data indicated that more than 100,000 residences were flooded (US FEMA, 1994).

Businesses sustained significant physical damages particularly in urban areas such as St. Louis County and the Kansas City areas of Missouri. Much of this damage occurred behind levees that failed or were overtopped. The 996 National Flood Insurance Program (NFIP) claims payments made to small businesses) and the 4,667 Small Business Administration (SBA) loans for damages to businesses indicated that in excess of 5,000 individual businesses were damaged (US FEMA, FIA, 1994). No overall damage estimates for businesses were available, but as a measure of this damage, SBA loans to businesses, exceeded \$334 million for physical damage and economic injury (Kulik, 1994). Add to these loans NFIP flood insurance payments for small businesses and other non-residential buildings that exceeded \$94 million, and the total exceeds \$431 million (US FEMA, 1994). In addition to physical damage to buildings and their contents, lost profits and wages from businesses closed by the flood had local and regional impacts. For example, an American Cyanamid Plant near Hannibal, Missouri, was protected by its own levee and not damaged by floodwaters, but the plant was shut down for nearly three months because its access road was inundated when an agricultural levee failed.

2.4 Transportation Systems

Rivers and river valleys historically have been major transportation routes, particularly in the area impacted by the 1993 flood. In the Midwest, transcontinental railroads, interstate highways, and other road systems either follow river valleys or cross them. As a result, physical damages to transportation systems created a significant percentage of total flood damages. In addition to direct damages, indirect costs accrued when transportation routes were inundated by floodwaters, and traffic was halted or detoured.

A major portion of flood damages to public facilities in 1993 involved roads and bridges. These damages ranged from blown culverts and wash-outs on rural roads and city streets to loss of bridges and damages to interstate highways inundated by floodwaters. The repair of flood-damaged roads and bridges generally is funded through the FEMA Public Assistance Program or the Department of Transportation. Funds expended by those agencies when added to the state/local cost share for public assistance indicated that total physical damages to roads and bridges exceeded \$250 million (US FEMA, 1994).

• Roads and Bridges

Road and bridge flooding caused indirect losses related to increased transportation costs. In extreme cases, detours of 100 miles were required to travel between adjoining communities that had been connected by a bridge. Often bridges were elevated high above the river to allow for navigation or to minimize hydraulic impacts of floods, but bridge approaches built at or near the natural elevation of the floodplain were inundated by floodwaters. Even though the bridge was undamaged and the approach damage was minimal, the economic impacts on the communities served by the bridge could be extreme, particularly for a long duration flood such as occurred in 1993. For example, Keokuk, Iowa, was cut off from market areas in

Illinois and Missouri for several weeks when the approaches to bridges over the Mississippi and Des Moines rivers were inundated. This resulted in serious economic impacts on local businesses. Flooding of the approaches to the bridge over the Mississippi River at Quincy, Illinois for 73 days resulted in an estimated \$30 million in lost business to Quincy merchants (Bhowmik, 1993). In addition, many people who lived in Missouri and could not commute to work in Illinois were temporarily unemployed. Ferries were eventually established to address part of this problem. The full magnitude of these losses were reflected in over 36,000 claims approved for a total of \$92 million in Disaster Unemployment Assistance.

• Railroads

Historically railroads were built in floodplains and river valleys to minimize construction and fuel costs. Main lines continue to parallel both the Missouri and Mississippi rivers. Although generally tracks are elevated on embankments above the elevation of most floods or are located behind levees, they remain subject to major flood events. In 1993 over 800 miles of track were flooded and several main lines were inundated for varying periods of time, but most trains were routed around flooded areas. The Association of American Railroads estimated that railroad damages totaled \$182 million, including \$131 million in physical damages to tracks, bridges, signals, communication lines, switches, locomotives, rolling stock, and buildings. Additional costs of \$51 million resulted from detouring trains around sections of flooded track (Harper, 1993). Repair costs were generally borne by the railroads themselves although \$21 million was distributed to railroads through a supplemental congressional appropriation: "Local Rail Freight Assistance."

• Airports

Airports often are located in floodplains because of the flat terrain and close proximity to urban areas. The Federal Aviation Administration (FAA) identified 33 airports with varying degrees of flood damage and repair costs exceeded \$5.4 million. The airports ranged in size from the Spirit of St. Louis Airport in St. Louis County, Missouri, to airports that were little more than grass landing strips with a few hangars for private aviation. Most of the flooded airports were in Missouri (16) and Iowa (12). The Spirit of St. Louis Airport, an alternate for Lambert-Airport, sustained \$1.7 million in damages when a 100-year local levee failed. Other major airports that were flooded include those at Creve Couer and Jefferson City and the Kansas City Downtown Airport. Several smaller airports went out of business (Trilling, 1994).

• Navigation

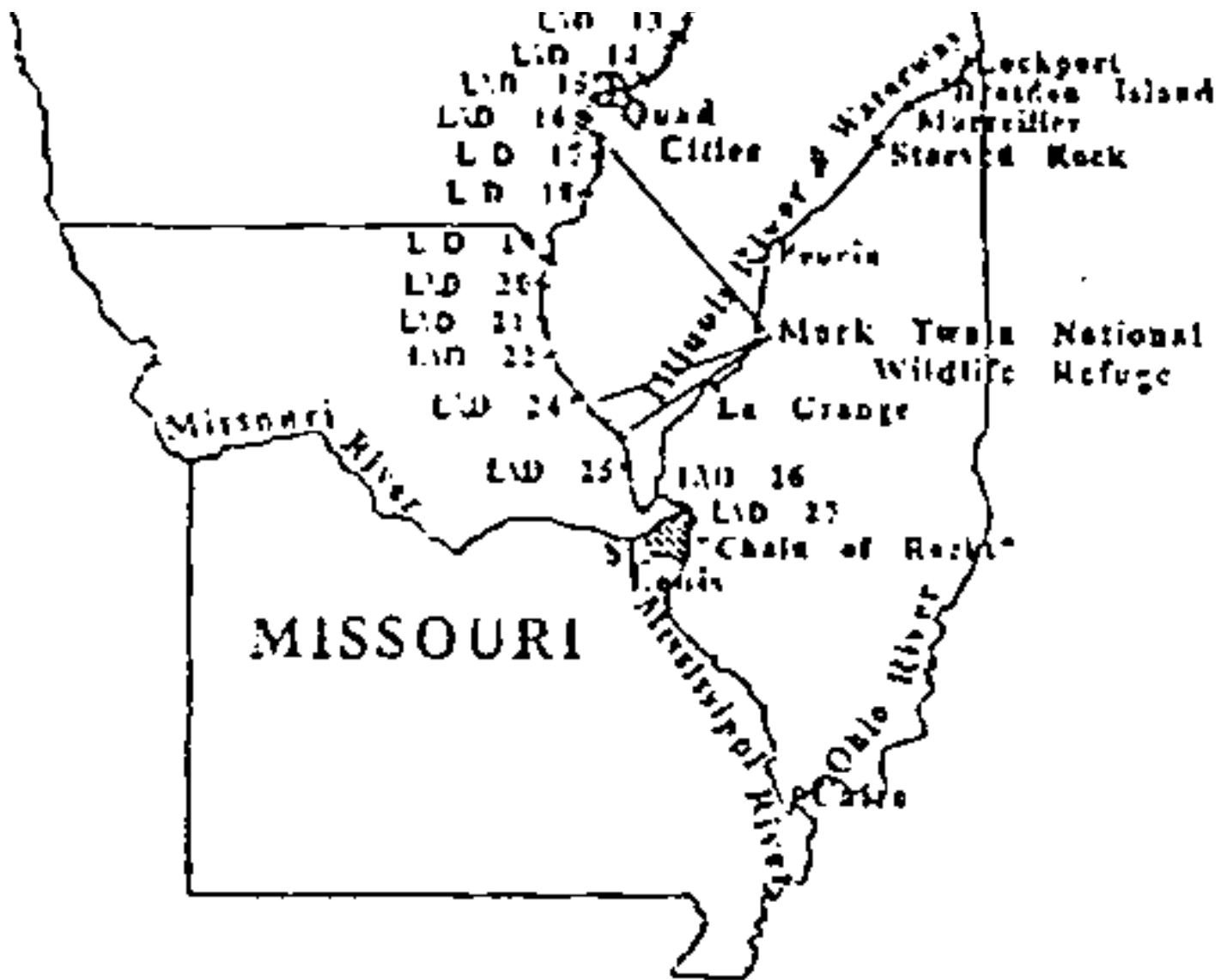
Two types of navigation projects are present in the basin. One, on the upper Mississippi and Illinois Rivers, is slack water navigation created and controlled by a system of locks and dams. The other, open water navigation, is utilized on the Missouri River and middle Mississippi River (the Mississippi below St. Louis). The upper Mississippi River navigation system provides a variety of uses: commercial transportation, recreation, environmental resources, water supplies for domestic and industrial use, and energy production. The Water Resource Development Act of 1986 declared the upper Mississippi River system to be a nationally significant ecosystem and a nationally significant commercial navigation system.

Navigation on the Mississippi River was a primary factor in settlement of the valley. The federal government began to support commercial navigation actively in 1824; first with 4-foot deep channels, then 4.5-foot and then 6-foot channels. The navigation channel projects, authorized by Congress in the 1930s for the Mississippi and Illinois Rivers, extended 9-foot draft navigation upstream to Minneapolis/St. Paul and connected the St. Lawrence-Great Lakes with the Mississippi-Ohio-Missouri navigation systems (Figure 5). The upper Mississippi River 9-foot navigation project has converted the Mississippi River (St.

Louis to Minneapolis/St. Paul) into a series of pools at low and normal flow. Navigation dams, each consisting of a row of gates mounted between piers over a low sill, are used to maintain sufficient water depth for navigation. During periods of high flow, the navigation gates are completely opened to allow passage of the flood flows. Construction of the 29 lock and dam projects on the Mississippi River north of St. Louis was completed by 1950. These locks are nearing the end of their economic life span and may soon start to require expensive replacement. Locks and Dam 26 near, Alton Illinois, was replaced during the early 1980s at a cost of nearly \$1 billion. Below the southern most lock, Lock 27 at Granite City, Illinois, navigation is maintained through placement of flow regulating structures such as wing dikes and by dredging that channelize, narrow, and deepen the river.

Figure 5. - Upper Mississippi River Navigation System (Source: Upper Mississippi River Basin Commission, 1982)





Maintenance of the upper Mississippi River navigation system requires periodic dredging at over 200 sites, removing an average of 9.5 million cubic yards of material annually. Two construction projects have supported navigation activities on the Illinois River. The first, the Chicago Sanitary and Ship Canal, completed in 1900, diverted water from Lake Michigan into the Illinois River. The second, a modern lock and dam system, similar to that in operation on the upper Mississippi River, consists of seven separate navigation locks. This system was completed in 1965.

In 1945 Congress authorized a comprehensive navigation plan for the Missouri River system. The result was a 9-foot channel navigation project to channelize and deepen the river from St. Louis upstream to Sioux City, Iowa. Six multi-purpose main stem reservoirs, affecting over 900 river miles, were developed above Gavins Point Dam. One purpose was to provide a regulated release of water for downstream navigation. Downstream of Gavins Point Dam, the river consists largely of a 735-mile navigation channel maintained with wing dikes, channel stabilization and other erosion and sedimentation control devices. Annual water release for navigation is based upon available water supplies. Navigation needs combined with winter releases for water supply and hydropower demands obligate all available water during a normal year. The navigation season on the Missouri River is limited to the ice-free season between April 1 and December 1.

Most of the Upper Mississippi, Missouri and Illinois Rivers were closed to barge traffic from July 11 until

August 15, 1993 since the locks were out of operation and movement along the open waterways created wave action that endangered the flood control levees. Severe limitations on barge traffic continued through September, October, and November. The Maritime Administration estimated that losses of revenue to the navigation industry were \$300 million per month. More than \$165 million were lost in Illinois alone. Regional impacts on jobs from barge and port disruptions were not quantified but were estimated to be greatest in Illinois (US Department of Transportation, 1993).

2.5 Public Facilities and Utilities

The Midwest flood caused extensive damages to water and wastewater treatment plants and other public facilities. Damages to utilities, including water and wastewater treatment facilities and stormsewer systems, exceeded \$85 million. Water treatment plants often are located in floodplains to be near well fields or the surface water that supplies the system. In addition, water supply lines must cross floodplains to serve floodplain residents. The EPA identified 200 municipal water systems impacted to some degree by the flood. The most prominent example was the Des Moines Water Works that served the City of Des Moines and adjoining communities. The plant was flooded and remained out of operation for 12 days and water from it was not safe to drink for another seven days. In addition to physical damages of \$12 million, significant impacts were felt in the service area. Businesses and government offices closed because of lack of fire protection, and bottled water and portable toilets had to be provided for residents. The economic impact of the shutdown exceeded the cost of repair of the physical damage.

Wastewater treatment plants also tend to be located in floodplains which are generally the lowest point in a community and offer the advantage of gravity flow. Furthermore the effluent from these plants is discharged into major rivers or streams. The impact of flooding ranges from temporary plant shutdown and the discharge of raw sewage into the river during the flood to physical damage that results in extended plant shutdowns and continued discharges of raw sewage or partially treated effluent until such time as the plant can be repaired. A total of 388 wastewater facilities were impacted by the flood (Knight, 1993). Damages to public buildings exceeded \$27 million. Water control facilities had more than \$20 million in damages, and facilities such as parks and other recreation facilities recorded more than \$22 million. These estimates were based on FEMA projections of infrastructure spending that included a 10-percent local cost share.

In general, energy facilities were not directly affected by the flood. Careful siting of the facilities and construction by the utilities of flood control works protected most plants from inundation. However, the previously discussed transportation problems with roads, bridges, railroads and navigation did restrict the activities of many energy systems. Employees were not able to get to the plants and fossil fuel supplies by railroad and barge were disrupted. Although no plants were shut down as a result, several approached the end of their on-site supplies.

2.6 Environmental Hazards

The EPA determined that 59 Superfund sites experienced flooding; however, impacts to the sites were minimal and corrective measures were completed on sites requiring them. In addition 73 solid waste treatment, storage, and disposal sites were flooded. Large propane tanks that were dislodged, floated downriver and created the potential for massive explosions. Besides the large propane tanks, states collected over 18,000 orphaned drums - each with a potential hazardous or toxic substance - and a large amount of household hazardous wastes whose disposal was necessitated by the flooding (US EPA, 1994). Daily loads of agricultural chemicals (herbicides and nitrates) transported by the Mississippi River were

large relative to previous years; record flooding did not dilute the concentrations of herbicides. Concentrations of two herbicides (atrazine and cyanazine) in some samples from the Mississippi River exceeded health-based limits for drinking water. (Goolsby and Battaglin, 1993). The cumulative impact of any flood-related releases of hazardous materials, including pesticides, herbicides, and other toxic materials has not been yet established. The effects of flooding on groundwater hydrology and groundwater quality also have yet to be determined. In response to concerns regarding the safety of private wells, the Administration established a well-water contamination survey in coordination with the nine flood states (Young, 1994). The EPA performed flood water quality sampling around major metropolitan areas on the Missouri River. In some cases, drinking water standards were exceeded, but the majority of the readings posed no health risk. Results from sampling of treated drinking water revealed three locations where maximum contaminant levels were exceeded although results from a single sample did not indicate a problem (US EPA, 1993). (USGS) and the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) did not find significant changes in water chemistry since the 1993 flood (Goolsby and Battaglin, 1993). Impacts of the flooding on the distribution of contaminated river sediments is also unknown. Studies are underway to determine sediment chemistry and characterize sediment deposition patterns in rivers and streams (US EPA, 1993).

Effects of the flood on public and mental health are largely anecdotal. Some communities noted increases in spousal and child abuse and numbers of calls for police response. Mental health effects of community and individual buyout/relocation are poorly understood. Several studies are underway to assess the human response to the 1993 flood and to evaluate the factors that strain the ability of families to function adaptively to the event. Experience with other floods indicates that outbreaks of Equine, Western, and St. Louis can be expected two years after a flooding event (due to the lag time in amplification of disease vectors). The length of time between the flood event and the appearance of disease adds to the problem of attributing costs (Young, 1994).

3. Vulnerability Reduction

3.1 General

The rivers and streams of the Midwest were focal points for early settlement because they provided sources of drinking water and avenues for transportation and trade. Once settlements were established along rivers, the problem of controlling floods to protect human life and investments became readily apparent. At first small mounds of dirt were thrown up to divert water away from towns, and over the course of time, these mounds became levees and floodwalls. Many people living in floodplains behind those levees and floodwalls remain at risk because of decisions made many years ago. The modern challenge is to reduce those risks.

As settlers spread west they altered prairie, forest, meandering streams, and free-flowing river landscapes to provide arable farmland, raw materials for homes and industry, and transportation. Federal policies encouraged extensive private land development which then required construction of reservoirs and levees for flood protection. Human use thus changed Midwestern landscapes to the detriment of natural ecological systems. The Flood of 1993 raised questions as to what extent these landscape changes contributed to flood frequency and duration.

3.2 Levees and Reservoirs

A flood in 1927 affected millions of people throughout the Mississippi River Basin and demonstrated the inadequacy of the pattern of private flood damage reduction measures begun in 1879. It became a

milestone event leading to major changes in national floodplain management policy. The 1928 Flood Control Act, which established a lower Mississippi River flood damage reduction system, and the 1936 Flood Control Act were the first codification of the federal interest in the coordinated development and installation of flood damage reduction measures. The primary method used to prevent damages in those early years was floodplain levees. Starting in 1936 the USACE responsibilities were focused on major rivers and development of congressionally approved plans for reservoirs, levees, channelization, and diversions. The methods used were those determined to be most cost effective for preventing flood damages. The USACE has constructed 76 reservoirs in the upper Mississippi River Basin. These control a drainage area of almost 370,000 square miles and contain a total flood storage volume of 40 million acre-feet of water. Forty-nine are located in the Missouri River Basin where the USACE also operates 22 Bureau of Reclamation reservoirs for flood storage. The majority of the reservoirs are operated to provide benefits on the tributaries where they are located; some are operated to benefit the main stem rivers. In addition to the reservoirs, the USACE has constructed or improved over 2,200 miles of levees for the protection of communities and agriculture in the upper Mississippi River Basin. Though records on the federal levees are kept by the USACE), at the time of the flood, there was no inventory about the estimated 5800 miles of non-federal levees that are in the upper basin.

Flood damage reduction-related activities of the US Soil Conservation Service (SCS) began nationally in 1944 with passage of PL 78-534 authorizing installation of upland treatment and flood damage reduction works in selected watersheds. (In 1995, the SCS was retailed the Natural Resource Conservation Service.) The Watershed Protection and Flood Prevention Act of 1954 (PL 83-566) expanded the SCS flood damage reduction program to the entire nation. During the past 42 years, in the nine Midwestern states affected by the Flood of 1993, the SCS has planned and evaluated over 300 watershed projects covering 40,000 sq. mi. (25.5 million acres). Locally sponsored PL-566 projects resulted in the installation of 2,964 reservoirs that influence the drainage of over 5 million upland acres, and 818 miles of channel work, 75 percent of which is located in North Dakota, Minnesota, and Illinois. The SCS requires 75 percent of the land above a proposed reservoir site to be treated before construction. It is estimated that PL-566 resulted in soil and water conservation treatments on more than 3 million upland acres.

The 1993 flood demonstrated that dams and reservoirs, engineered and built to store and regulate floodwater discharge, can reduce flood damages. All federally funded flood storage reservoirs operated as planned during the 1993 flood. At some facilities, emergency spillway flows occurred when inflow volume exceeded reservoir storage capacity. During the period of peak flooding (April 1 to August 1, 1993), the USACE reservoirs stored 22.2 million acre-feet of flood water. Approximately 18.7 million acre-feet were stored in the Missouri Basin, half of which was stored in the 6 main stem Missouri River reservoirs. Most of the remainder was stored in tributary reservoirs of the Kansas and Osage rivers. About 3.5 million acre-feet of water was stored in the Mississippi River Basin and an additional 1.1 million acre-feet were stored in 2,964 small PL-566 upland flood damage reduction reservoirs. Flood damage reduction reservoirs effectively controlled excess runoff and reduced damages to downstream floodplains during the 1993 flood event. The combined effect of the storage of flood waters in the federal flood damage-reduction reservoirs in the Missouri River basin reduced the average discharge of the Missouri River near its mouth, during the month of July, by 211,000 cfs. This had the effect of lowering the peak stage of the Mississippi River at St. Louis by 5 feet.

Federally constructed levees, in concert with upstream flood-storage reservoirs, protect many large urban areas from potentially significant damage. For example, without levees or floodwalls, portions of low lying areas in Rock Island and Moline, Illinois, and Kansas City would have been devastated. At St. Louis

the Mississippi River crested at 49.6 feet on the USGS gage, almost 20 feet above flood stage, yet that portion of the city protected by the large flood wall escaped inundation. During and following the flood there was considerable speculation about the effect of levees on flood levels. Most of the speculation was based upon inferences drawn from comparisons between recent event data, obtained from systematically-measured river flow (discharge) and river level (stage) records, and similar data for historical floods. Such discussions failed to recognize that significant differences in data quality exist between the modern (after 1930) and the historic record. In addition, many other changes have occurred in the upper Mississippi River Basin which have created differences in flow regimes over time.

To ascertain the actual effect existing levees had on peak 1993 Mississippi and Missouri river flood stages, the Review Committee's Scientific Assessment and Strategy Team (SAST) commissioned model runs to analyze unsteady state river flow conditions in several river reaches of the Mississippi and the Missouri. The analyses suggested that if all the levees (other than urban levees) were absent, the peak stage at St. Louis in 1993 would have been reduced by 2.5 feet, but still more than 17 feet above flood stage and almost 4 feet higher than the previous known maximum level recorded during the 1973 event. An independent model commissioned by the St. Louis Post-Dispatch showed that the overtopping and breaching of two levees downstream from St. Louis reduced peak stage at St. Louis by 1.6 feet.

Based on these analyses and previous studies of these rivers, the Review Committee concluded that levees did not cause the 1993 flood. During large events such as occurred in 1993, levees have minor overall effects on floodstage but may have significant localized effects.

Federal Flood damage reduction projects and floodplain management programs, where implemented, worked essentially as designed and significantly reduced the damages to population centers, agriculture, and industry. Reservoirs and levees built by the US Army Corps of Engineers (USACE), prevented more than \$19 billion in potential damages. Large areas of Kansas City and St. Louis were spared the ravages of the flood, although several suburbs suffered heavy damages. Watershed projects built by the Soil Conservation Service saved an estimated additional \$400 million. Land use controls required by the National Flood Insurance Program (NFIP) and state floodplain management programs also reduced the number of structures at risk throughout the basin although a specific dollar value can not be assigned to these loss prevention efforts. Although flood damage reduction reservoirs and levees reduce the risk of flooding, they do not eliminate it. Given enough rainfall the flood damage reduction storage capacity of a reservoir can be exceeded and water will overtop the spillway. Local flooding may then occur downstream; its extent will depend upon the condition of the stream when the overtopping occurs. Throughout the basin, the Flood of 1993 exceeded the design capacity of many levees and the flood storage capacity of some reservoirs, flooding lands and property of persons who may have thought they were not at risk.

(During the 1993 flood many people suggested that the flood crest could be lowered significantly by opening navigation dam gates before the arrival of flood waters. Hydraulic investigations by the University of Iowa and evaluations of the 1993 flood show that navigation dams cause slight, localized increases in flood height just upstream of a dam. They did not cause increases in flood elevations for the entire Mississippi River System. In the middle Mississippi (from St. Louis to the confluence with the Ohio River) and on the Missouri River, navigation channels have no locks and dams, and the dikes and revetments which are in place cause little or no restriction to flow. **The Review Committee concluded that navigation dams and locks did not cause an increase in the stage heights of the 1993 flood.**)

3.3 Wetlands and Upland Treatment As Vulnerability Reduction Mechanisms

Wetlands occur in poorly drained soils and in areas where water is found at or near the ground surface. Between 1780 and 1980 an estimated 53 percent of the nation's original 221 million acres of wetlands were drained. In the nine Midwestern states affected by the flood 57 percent of the wetlands have been converted to other uses. The Swamp Land Acts of 1849, 1850, and 1860 resulted in the transfer of nearly 65 million acres of wetlands in 15 states from federal to state administration for the purpose of expediting their drainage. United States policy from the mid to the late 1800s has been to cede "overflow and swampy" lands to the states and to convert these lands to productive use. Substantial bottomland timber harvesting began with the arrival of pioneers, and by the 1930s, most wetlands had been converted from natural to agricultural uses and over 84 million acres nationwide had been included in regional enterprises known as drainage districts. By the 1950s, forested wetlands had been reduced to 66.7 million acres, and by the mid-1970s an additional 6.5 million acres had disappeared. Between the mid-1950s and 1970s an average of 458,000 wetland acres were lost each year in the coterminous United States. Agricultural development was responsible for 87 percent of the loss as wetlands were drained, filled, or otherwise converted to cropland. Development in the upper Mississippi River Basin for agriculture and other economic activity, flood damage reduction and navigation greatly altered the original landscape. The characteristics of flood events and the modification of the basin's natural resources reflect these changes.

Upstream land use and land treatment affect downstream flow regimes of rivers and floodplains. In considering floods and floodplain management, knowledge of where and how runoff occurs and which land practices can hold the rain where it falls for as long as possible become critical. Proper management can greatly affect the quantity and quality of water and sediment transported by flood waters. Factors influencing the amount and velocity of runoff include the amount and intensity of precipitation, soil type, land slope, available storage and land cover. Proper management of agricultural lands requires use of protective cover or land conservation practices. In the Midwest cropland erosion can be reduced by using measures such as conservation tillage, terraces, crop rotations, field borders, sediment and debris basins, strip cropping, and permanent vegetation. Such land use practices increase infiltration rates and help hold both water and soil in place. It is estimated that 37 percent of the nation croplands have adequate land treatment installed.

Pre-1850 historical records indicate that even prior to the clearing of wetland areas major floods occurred in the Mississippi River Basin. As part of economic development in the Midwest a substantial percentage of agricultural lands were created by drainage of wetlands and hydric soils. Hydric soils, good indicators of past and present wetland locations, total 10.4 percent of Mississippi and Missouri basin soils. The Review Committee heard numerous times that flooding would have been reduced had more wetlands been available for rainfall and runoff storage. An evaluation of the upper Mississippi River Basin's capacity to store rainfall runoff estimates that the soil profile has 10 times more storage capacity than above ground storage in depressional potholes. Because much of the basin was wet in 1993, particularly the areas that received the highest rainfall, the buffering capacity of the basin was depleted and unable to store water from the rains of June and July.

Topography has a direct impact on water movement and soil formation. The upper Mississippi River Basin is characterized by two distinct kinds of landscape: open systems which drain externally, and closed systems where drainage is trapped within a common depository. Due to the extended period of rain preceding the 1993 flood, the impacted area became completely saturated and surface depressions filled; therefore, storage available for additional runoff could only be found in the deep depressions areas located in the prairie pothole region of the Dakotas, Minnesota and Iowa. Hydrologic model studies of four watersheds that are representative of distinctly different upper Mississippi River Basin areas or terrain

units were completed in 1994 by the SAST. The modeled watersheds represented only 5 of the 70 terrain types in the basin and therefore information derived from these models has limited applicability to assessing flood flow reductions basin-wide. In the watersheds modeled the maximum reduction for floodplain wetlands was 6 percent of the peak discharge for the 1-year event and 3 percent of a 25- and 100-year storm event. Wetlands are more effective in upland areas with more deeply incised potholes, where reductions were 23 percent of the 1-year event, 11 percent of the 25-year event, and 10 percent of the 100-year event. In areas of shallow depressions, restored wetlands reduced peak discharge by 9 percent of the 1-year event, 7 percent of the 25-year event, and 5 percent of the 100-year event. With the installation of a combination of land treatment measures and restored wetlands in the watershed, the models indicated runoff reductions of 12 to 18 percent are possible for the 25-year or less event. This indicates these practices could be effective for the smaller storm events. Wetland restorations in the uplands could function much the same as small upland reservoirs. It was shown more than three decades ago that small flood damage reduction dams are effective in the reach of stream immediately downstream but their effect diminishes rapidly with distance. Another report concluded that for certain watersheds, peak flow decreases as wetland areas increase. In very small watersheds (less than 100 sq. mi.), peak flow decreased by an average of 3.7 percent for each increase in wetland area equivalent to one percent of the area of the watershed. Applicability of this report may be limited only to the study areas. While wetlands may have some impact on peak flow in the smaller watersheds during smaller storms, their effects in larger watersheds during larger events has not been sufficiently documented and needs further study. Alternative watershed practices clearly produce varying degrees of success in reducing flood runoff rates depending (in addition to the magnitude and intensity of the rainfall and antecedent moisture conditions) on the percentage of the basin treated and basin topography. Generally, as drainage areas increase, upland treatment measures, wetlands, and small detention structures have had less effect in decreasing peak flow rates.

Upland wetlands restoration and upland land treatment practices can be effective for smaller floods but diminished in value as storage capacity is exceeded in larger floods such as the Flood of 1993. Present evaluations of the effect that wetland restoration would have on peak flows for large floods on main rivers and tributaries are inconclusive. For large events like the 1993 flood, upland treatments had little effect. Land treatment and detention storage (upland wetlands) can play a role in reducing peak runoff in some watersheds but are not a panacea for solving flood problems. The Review Committee concluded that only a combination of upland and floodplain management practices can reduce floodplain damages. **Federal Insurance Programs.**

At the time of the 1993 flood, the federal government operated two insurance programs that provided claims payments to those impacted by the Midwest flood; the National Flood Insurance Program (NFIP) and the Federal Crop Insurance Program. Table 1 summarizes claims payments from these programs by state. Under both programs, individuals paid an annual insurance premium to the government and the government provided insurance coverage.

Table 1 Summary of Federal Insurance Claims Payments by State for the 1993 Midwest Floods in Millions of Dollars.

| Program | Total | IL | IA | KS | MN | MO | NE | ND | SD | WI |
|--|---------|------|-------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| Federal Crop Insurance Program Claims Payments | 1,017.0 | 25.4 | 281.2 | 40.4 | 353.9 | 27.7 | 49.0 | 139.3 | 54.1 | 46.0 |

| | | | | | | | | | | |
|--|---------|------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|------|
| National Flood Insurance Program Claims Payments | 297.3 | 61.4 | 23.4 | 10.7 | 1.7 | 192.3 | 4.8 | 0.3 | 0.8 | 2.0 |
| Total Claims Payments | 1,314.3 | 86.8 | 304.6 | 51.1 | 355.6 | 220.0 | 53.8 | 139.6 | 54.9 | 48.0 |

Sources: US Department of Agriculture, Flood Information Center, "USDA Emergency Assistance Paid to Flood States," April 4, 1994; Federal Emergency Management Agency, Federal Insurance Administration, computer print-out, March 16, 1994.

Flood insurance coverage on buildings and their contents is available through the NFIP in participating communities. Under the NFIP insurance premiums for buildings that pre-date the identification of the flood hazard in a particular community are subsidized, but for buildings built after that date, premiums are based on full actuarial rates. All costs of administering the program, including the costs of floodplain mapping and salaries of federal employees are charged to policy holders. The Midwest flood was the third most costly in terms of NFIP payments, exceeded only by Hurricane Hugo and the December 1992 coastal storm that struck New York, New Jersey, Massachusetts, Delaware, and Connecticut. In 1993, over half of the losses and two thirds of the payments were in Missouri. States in the upper basin had lower average payments since buildings were generally subject to shallow flooding along tributaries which flooded basements and some first floors. States in the lower basin had much higher average losses reflecting the deep flooding in the bottoms along the main stems of the Mississippi and Missouri rivers). High average payments in Missouri also reflect large payments to small businesses and other non-residential buildings. Even in the counties with disaster status, in excess of 80,000 insured properties did not sustain flood losses. Some of these were behind levees that did not overtop or fail, but most were on tributaries that did not flood or where flooding was of less than 100-year frequency. At the time of the 1993 flood farmers could have protected themselves from actual crop losses or prevented planting caused by uncontrollable natural events through purchase of crop insurance from the FCIC. This government corporation within the US Department of Agriculture (USDA) provided coverage for 51 crops in the event of loss from drought, excess soil moisture, flood, frost, hail, wind, insects, and other natural perils. Historically drought has been the major cause of crop loss (55 percent) while floods represent only two percent of claims. Excess soil moisture, however, represents 16 percent of losses. Farmers must purchase the insurance early in the crop year. For example, a policy to cover a corn crop planted in 1993 in the Midwest would have to be purchased by April 15. Farmers could have chosen the level of insurance coverage that they wished to purchase, but they were not able to insure their crop for the full value. Maximum coverage was 75 percent of expected crop yield. To encourage participation, the federal government subsidized crop insurance premiums up to 30 percent and paid administrative, actuarial, underwriting, and selling expenses.

The NFIP was created by Congress in 1968 in response to mounting flood losses and escalating costs to the general taxpayer for disaster relief in the belief that flood insurance is preferable to disaster assistance. To encourage participation in the NFIP by communities and purchase of flood insurance by individuals, the federal government subsidizes the premiums for buildings constructed prior to the issuance of a FEMA Flood Insurance Rate Map (FIRM). This subsidy also recognizes that many floodplain buildings were built or purchased without knowledge of the flood risk. New construction (post-FIRM) is charged an actuarial premium that reflects the property's risk of flooding. Approximately 60 percent of NFIP policyholders pay a full actuarial rate and 40 percent are subsidized. For the NFIP to be successful in indemnifying property owners from flood losses and reducing federal expenditures for disaster assistance, a high percentage of property owners must purchase and maintain flood insurance coverage. The program depends on the mandatory flood insurance purchase requirement contained in the Flood Disaster Protection Act of 1973 and voluntary purchase by other property owners at risk. The 1973 Act requires the purchase of flood

insurance by property owners who receive federal grants or loans or loans from a federally supervised, regulated, or insured lender for the acquisition, construction, or improvement of structures located in identified special flood hazard areas (the 100-year floodplain). In the 9-state region affected by the 1993 flood, only about 20 percent of structures in the floodplain carried flood insurance, a rate well below optimal levels.

The NFIP has not achieved the public participation needed to reach its objectives. Estimates of those covered by flood insurance nationwide range from 20 to 30 percent of the insurable buildings in identified flood hazard areas. Estimates in the Midwest flood area ranged from below 10 percent up to 20 percent. None of the estimates are authoritative, since no nationwide inventory of floodprone structures exists. The Review Committee obtained reliable structure counts for a number of Midwest communities. Market penetration in these communities ranged from less than 5 percent to more than 50 percent. The Review Committee believed that market penetration in small rural communities was probably less than 10 percent. For most medium to large communities, market penetration appeared to be in the 20 to 30 percent range. For a few large communities with middle-income floodplain populations and a high degree of flood hazard awareness among community officials, lenders, and property owners, market penetration exceeded 30 percent and, in one instance, 50 percent.

A perception persists that disaster assistance compensates homeowners as fully as flood insurance coverage. A particular concern expressed by communities and others after the Midwest flood was that disaster victims, particularly those with lower incomes, who obtained disaster assistance from the Individual and Family Grant Program, the Disaster Housing Program, the Red Cross, and other programs ended up as well off as those who purchased flood insurance and received payment for claims. Generous disaster assistance creates negative incentives for the purchase of flood insurance.

The Review Committee recommended that the Administration take a number of actions to improve both the NFIP and the Crop Insurance Program. Many of these recommendations were incorporated in a Flood Insurance Reform Act signed by the President in late 1994. Several changes in the Crop Insurance Program have also been made by the Congress and the President, although, in both cases there still remains much room for improvement.

3.4 Relocations and Buyouts Following Floods

Throughout history, well-designed and well-sited structural measures have demonstrated their effectiveness in protecting property and saving lives. While structural measures have been the primary approach to flood damage reduction, another approach to minimizing vulnerability, not widely used in the past, is the removal of vulnerable populations from the floodplain. Because of the severity and duration of the 1993 flood, the general public took a new interest in this strategy. Building on its experience with the NFIP, the FEMA capitalized on this interest in removals. The Administration responded by targeting federal recovery that support buyouts and relocation of floodplain populations. The fundamental value of buyouts over structural approaches is that they completely eliminate flood risk for affected individuals and, at the same time, may have environmental and hydrologic benefits. Relocation associated with buyouts can, however, involve social, environmental, or hydrological impacts. The Administration established buyouts of flood-damaged properties as the first priority for mitigation funds available for the Midwest flood and, by October 1995, had approved over 8200 homes for voluntary relocation or buyout.

This approach represented a clear turning point in federal flood recovery policy, since it is the first time that buyouts have been attempted on such a large scale. Buyouts were an appropriate federal response for

the Midwest flood and for floods like it. Many of the buyout neighborhoods had been damaged repetitively by flooding. Subject to deep and long duration flooding, they were isolated by floodwaters for extended periods of time. In addition a significant percentage contained older, lower value housing, much of it of poor quality and in need of rehabilitation. Under the right circumstances, buyouts will not only reduce flood damages and protect people and property but also achieve other objectives such as improving the quality of affordable housing, increasing recreational opportunities and wildlife values, and general betterment of the community.

During the 1993 flood, acquisition by federal and state governments of environmental easements or title to agricultural lands subject to frequent flooding also became tools in assisting recovery and in removing people from long-term flood vulnerability. In addition to meeting the needs of disaster relief victims, these programs were effective in achieving the nation's environmental goals. Since the 1993 flood, federal and state governments have obtained interest from willing sellers in over 100,000 acres of marginal bottomlands, and were additional funds available, would have obtained interest in over 60,000 more acres.

4. Environmental Implications of Human Intervention

Fish and wildlife resources in the upper Mississippi River Basin have been significantly affected by the loss of wetlands and other terrestrial and aquatic habitats due to construction for navigation and flood damage reduction structures.

The upper Mississippi River was originally a free-flowing, alluvial riverine environment with associated riparian habitats. Construction of navigation control structures (rock dikes) and installation of the slackwater navigation dams have created habitat types substantially different from those found in a free-flowing alluvial river. Habitat types within the upper Mississippi River slackwater navigation pools are created by coincident physical, water quality, and botanical characteristics. River position, depth, water-surface area, stage and discharge, vegetation, river-bottom types, water quality, and the superimposed structural elements within the river define the various habitats. Three distinct habitat zones occur in the slackwater navigation pools. The upper end of each pool is like the original river although subject to exaggerated water level fluctuations from the upstream dam releases. Marsh development is limited. In the middle portion of the pools, downstream impoundment backs water up and over the islands and old hay meadows, creating large areas of shallow water. This section has the best marsh development, and some deep sloughs and wooded islands can be found. In the lower end, immediately above each dam, wide open water lake-like areas occur. While impoundment of the upper Mississippi River for slackwater navigation created a variety of backwater and side-channel habitats, these dams also slowed river currents, starting the irreversible process of sedimentation. Many backwater habitats are filling with sediments from the erosion of upland agricultural and developed lands. Rock dikes and channel maintenance dredging also contribute to the problem. Mississippi River backwaters still provide critical fish production and nursery habitats, but may be lost to sedimentation and eutrophication within 50 years. Downstream from its confluence with the Missouri River, the upper Mississippi River takes on a very different character, similar to that of the Missouri River. Forty-six species of Mississippi River fish, virtually all of which have been affected by flood damage reduction measures and navigation, are listed by basin states as rare, threatened, endangered, or a species of special concern.

Parts of the Missouri River were well known as a braided river with swift, muddy flows. The historic floodplain was a ribbon of islands, chutes, oxbow lakes, backwaters, marshes, grasslands, and forests. Sandbars and wooded islands dotted the channel. Between 1879 and 1954, human actions and natural changes shortened the river by 45.6 miles, reduced river surface area by over 50,000 acres, reduced the

number of islands from 161 (24,419 acres) to 18 (419 acres), and converted nearly 67,000 acres of river habitat from public to private ownership, most to agriculture. Nearly one-third of the Missouri River has been impounded, another one-third channelized, and the hydrologic cycle, including temporal flow volume and sediment transport, has been altered on the remainder. The Missouri River formerly had peak run-off during two periods, March-April and June. Prior to 1954 flushing flows, known as dominant discharge, occurred every 1.5 years. The river was in a state of equilibrium; net sediment entering a reach replaced an equal amount leaving allowing for ample habitat development, and aquatic nutrition. Loss of sediment load led to channel degradation which contributed to the loss of off-channel habitat and further severed the river from its floodplain. Since the early 1950s the Missouri River has thus been deprived of a floodplain in most reaches. Water temperature, photoperiod, and run-off cues have been altered by reservoir releases for navigation and other purposes are rare.

Aquatic and terrestrial habitats of the Illinois River Valley have suffered a series of cataclysmic events since 1900: (1) permanent rise in water level from water diverted from Lake Michigan, (2) the draining of more than half of the 400,000 acre floodplain through the construction of levees and pumping stations, (3) an upsurge in untreated urban and industrial pollution during the 1920s, (4) the creation of a 9 ft. channel and its attendant navigation dams in the 1930s, and (5) an acceleration in sedimentation rates following World War II, apparently resulting from an increase in the amount of open row crops grown within the basin. As an example, in 1908, a 200-mile reach of the Illinois River produced 10% of the total US catch of freshwater fish (employing 2,000 commercial fishermen and yielding 24 million lbs. of fish annually). Commercial fish yield totaled about 178 lbs/ac of permanent water, but by the 1950s yield had dropped to 38 lbs/ac and by the 1970's to 4 lbs/ac, totaling 0.32% of the total US freshwater harvest.

Alteration of Mississippi, Illinois and Missouri Rivers and floodplains has resulted in significant changes or losses of habitat. The disruption of natural ecosystems has caused the destruction of many native species populations and has caused an increasing number to be listed as threatened or endangered.

5. Management Aspects of Floodplain Management

5.1 General

Since passage of the Flood Control Act of 1936, the federal government has dominated the nation's flood damage reduction efforts and, as a result, the nation's floodplain management activity. Structural programs were deemed important and were also the principal sources of funds for any efforts to stem the rising tide of flood losses. In recent years, the federal government has begun to support nonstructural approaches. Many states, tribes, and local governments developed and carried out floodplain management efforts that both reduced flood damages and enhanced the natural functions of floodplains. There are more than 8,000 miles of levees in the Upper Mississippi Basin. Approximately half were constructed by the federal government or were locally constructed using federal standards. The levee system in the Upper Mississippi Basin is a loose amalgam of federal store and locally constructed levees. In carrying out these programs, however, they were hampered by uncoordinated and conflicting federal programs, policies, regulations and guidelines that have hindered efficient floodplain management. Some state and local governments have not been as active in floodplain management. With the federal government assuming the dominant role and funding most ecosystem restoration, flood damage reduction, and flood recovery activities, the incentive has been limited for many state, tribal and local governments, businesses, and private citizens to share responsibility for making wise decisions concerning floodplain activity.

5.2 Management Responsibilities

The division of responsibilities for floodplain management activities among and between federal, state, tribal, and local governments is not clearly defined. Within the federal system, water resources activities in general and floodplain management in particular lacks coordination. Management of the nation's water resources is provided by several federal agencies. Yet water resource issues are inextricably linked and accomplishment of agency mandates requires coordination and collaboration among agencies. The National Flood Insurance Act of 1968 required reports to Congress analyzing the implementation of current programs and recommending actions needed to achieve a unified program of planning and action at all levels of government to reduce flood losses and losses of floodplain natural values. Despite these Unified National Program for Floodplain Management reports, the United States, in practice, has no unified national program for floodplain management.

State and local governments have little fiscal stake in floodplain management; without this stake, few incentives exist for them to be fully involved in floodplain management. State governments must assist local governments in dealing with federal programs but, in many cases, do not become involved in federal-local activities.

In 1977 with issuance of Executive Order (EO) 11988, Floodplain Management, President Carter raised federal agency attention to issues of floodplain use. It was apparent following the 1993 flood that some federal agencies either were unaware of or misunderstood the requirements of the EO and either built or supported building in floodplains. Under the EO, federal agencies must demonstrate that no practicable alternative site exists outside of the floodplain, and if no alternative exists, take steps to minimize direct and indirect impacts of the proposed action and to restore and preserve the floodplain. Discussions with the FEMA, USACE, and state floodplain managers revealed several examples of apparent non-compliance by federal agencies with the EO. While the responsible agencies no doubt believed they had complied with the EO, these developments point out some of the deficiencies with the EO. Among the most notable examples were a low-income housing project funded by HUD and a federally funded state prison within floodplains, and a proposed construction of a federal weather station behind an uncertified levee.

Federal and state oversight over non-federally constructed levees was and remains diffuse. Several states regulated construction in floodplains, but many did not. The situation was further exacerbated by the potential for future flow increases that could occur if development continued upstream and by the uncertainty about changes that may occur in long term weather patterns. Few states controlled either the decision about where levees are placed relative to the river channel or whether a particular levee should be protected from overtopping (floodfought) during a flood, although such actions can have hydraulic and environmental consequence elsewhere. Some states had little or no involvement in the processes associated with federal levee programs since federal agencies generally dealt directly with local levee districts. The Review Committee recommended that the President should propose enactment of a Floodplain Management Act to establish a national model for floodplain management, clearly delineate federal, state, tribal, and local responsibilities, provide for fiscal support for state and local floodplain management activities, and recognize states as the nation's principal floodplain manager. He should also issue a revised Executive Order clearly defining the responsibility of federal agencies to exercise sound judgment in floodplain activities. In late 1994, a committee of the US Senate proposed a Floodplain Management Act, However, as a result of the change of control of the Congress in November, 1994, the action was tabled. Several states, on their own, have substantially revised their floodplain management programs.

5.3 Planning

The Review Committee concluded that the principal federal water resources planning document, Principles and Guidelines, was outdated and did not reflect a balance among the economic, social, and environmental goals of the nation. This lack of balance was exacerbated by a present inability to quantify, in monetary terms, some environmental and social impacts. As a result, these impacts are frequently understated or omitted. Many critics of Principles and Guidelines saw it as biased against nonstructural approaches and that the federal government supports more structural than non-structural projects. The Review Committee recommended that the President should immediately establish environmental quality and national economic development as co-equal objectives of planning conducted under the Principles and Guidelines. Principles and Guidelines should be revised to accommodate the new objectives and to ensure full consideration of nonstructural alternatives. He should also direct that federal agencies give full consideration in planning to all possible alternatives for vulnerability reduction, including permanent evacuation of floodprone areas, flood warning, floodproofing of structures remaining in the floodplain, creation of additional natural and artificial storage, and adequately sized and maintained levees and other structures.

5.4 Management of the Upper Mississippi Basin System

At the time of the 1993 flood there was no coordinated strategy for effective management of the water resources of the upper Mississippi River Basin. Such a strategy still does not exist. Responsibility for integrated navigation, flood damage reduction and ecosystem management has been and remains divided among several federal programs. This is in sharp contrast to the lower Mississippi River Basin where one activity, the Mississippi River Commission provides for a comprehensive approach to water resources development within the alluvial valley of the Mississippi. The current flood damage reduction system in the upper Mississippi River Basin represents a loose aggregation of federal, local, and individual levees and reservoirs. This aggregation does not ensure the desired reduction in the vulnerability of floodplain activities to damages. Many levees are poorly sited and will fail again in the future. Without change in current federal programs, some of these levees will remain eligible for post-disaster support and will be repaired again after the next flood. Current federal rules essentially require, the federal government to repair these levees each time they fail.

The Review Committee recommended that the President assign responsibility, in consultation with the Congress, to the Mississippi River Commission, for integrated management of flood damage reduction, ecosystem management, and navigation on the upper Mississippi River and tributaries and assign the Commission responsibility for development of a plan to provide long-term control and maintenance of sound federally built and federally supported levees along the main stems of the Mississippi and Missouri Rivers.

5.5 Use of Science and Technology

At the time of the 1993 flood, the nation was not using science and technology to full advantage in gathering and disseminating critical water resources management information. Opportunities existed to provide information needed to better plan the use of the floodplain and to operate during crisis conditions. The Review Committee recommended that the Administration should establish a federal information clearing house to provide federal agencies and state and local activities the information already gathered by the federal government during and following the 1993 flood and to build on the pioneering nature of this effort, and exploit science and technology to support monitoring, analysis, modeling, and the

development of decision support, data acquisition, and geographic information systems for floodplain activities.

6. In Sum

The Mississippi River Flood of 1993 was a significant hydrometeorological event that produced widespread impacts across the Midwest of the United States. Study of the events surrounding the flood as well as the flood itself, have produced a significant amount of information concerning the use and management of lands subject to flooding. The recommendations of the Interagency Floodplain Management Review Committee provide a focus for actions that should be considered as the United States grapples with the problems of reducing the vulnerability of floodplain activities and those who inhabit the floodplain.

References

American Red Cross National Headquarters, *"Mid-West Floods 1993 American Red Cross Disaster Relief Operations, Statistical and Cost Report,"* (ARC, 1993).

Ayres, B. Drummond, Jr., *"What's Left from the Great Flood of '93,"* The New York Times, (August 10, 1993).

Cassidy, Dan, and Rickert Althaus, *"The Flood of 1993: The Economic Aftermath,"* Choices (First Quarter 1994), pages 29-31.

Bhowmik, Nani G., (ed.), *The 1993 Flood on the Mississippi River in Illinois,* (Illinois State Water Survey Misc. Publication No. 151, 1993).

Goolsby, Donald A., William A. Battaglin, and E. Michael Thurman, Occurrence and Transport of Agricultural Chemicals in the Mississippi River Basin, July through August 1993, US Geological Survey, Circular 1120-C, (Washington, DC: USGS, 1993).

Harper, Edwin L., President and Chief Executive Officer, Association of American Railroads, testimony before the Subcommittee on Transportation and Hazardous Materials, Committee on Energy and Commerce, US House of Representatives, September 23, 1993.

Hey, D., *"Prairie Potholes,"* pages 505-509 in National Research Council, Commission on Geosciences, Environment, and Resources, Water, Science and Technology Board, Committee on Restoration of Aquatic Ecosystems: Science, Technology, and Public Policy, Restoration of Aquatic Ecosystems, (Washington, DC: National Academy Press, 1992).

Hillaker, Harry (1993). Special Summary, Great Iowa Floods, 1993. Iowa Department of Agriculture, Des Moines.

Klemme, Dale, Relocation Coordinator, Prairie du Chein, WI, personal communication, 1994.

Knight, D. Karen, US Environmental Protection Agency, Headquarters Emergency Operation Center, personal communication, August 25, 1993.

Kulik, Bernard, Associate Administrator for Disaster Assistance, Small Business Administration, personal communication, May 3, 1994.

- Leopold, L., *"Flood Hydrology and the Floodplain,"* pages 11-14 in Universities Council on Water Resources Update, (Carbondale, IL: UCOWR, Spring 1994).
- Oliver, Sheila, Department of Interior, Bureau of Indian Affairs, Sisseton Agency, South Dakota, personal communication, May 16, 1994.
- Satterlund, D.R., and P.W. Adams, *Wildland Watershed Management,* (New York, NY: John Wiley & Sons, Inc., 1992).
- Shepard, Bonnie, Federal Emergency Management Agency, Federal Insurance Administration, personal communication April 14, 1994.
- Smith, V. Kerry, "Nonmarket Valuation of Environmental Resources: An Interpretive Appraisal," *Land Economics*, 69(1): 1-26 (February 1993).
- Ribando, Marc O., and Daniel Hellerstein, *Estimating Water Quality Benefits: Theoretical and Methodological Issues,* Technical Bulletin 1808, (Washington, DC: USDA Economic Research Service, September 1992).
- Taff, Steven J., and Wilbur Maki, University of Minnesota Department of Agricultural and Applied Economics, (Letter Report, October 25, 1993).
- Trilling, Donald R., Director, Office of Transportation Regulatory Affairs, US Department of Transportation, personal communication, February 16, 1994.
- US Army, Corps of Engineers (1995), *Floodplain Management Assessment,* Washington, DC.
- US Congress, PL 103-75, Emergency supplemental appropriations for relief from the major, widespread flooding in the Midwest for the fiscal year ending September 30, 1993, and for other purposes, (Washington, DC, August 11, 1993).
- US Department of Agriculture, Soil Conservation Service data sheet, (Columbia, MO: USDA, October 1993).
- US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, *Natural Disaster Survey Report: The Great Flood of 1993,* (Silver Spring, MD: DOC, NWS, February 1994).
- US Executive Office of the President (1994), *Sharing the Challenge: Floodplain Management into the 21st Century,* Washington, D.C.
- US Interagency Advisory Committee on Water Data, Hydrology Subcommittee, *Guidelines for Determining Flood Flow Frequency,* Bulletin #17B (Reston, VA: USGS, March 1982).
- US National Performance Review. Department of the Interior: *Accompanying Report of the National Performance Review,* (Washington, DC: US Government Printing Office, 1993).
- US Department of Transportation, Maritime Administration (MARAD), data sheet, August 17, 1993.
- US Environmental Protection Agency, *The 1993 Midwest Flood Water Quality Monitoring Update of EPA's Flood Monitoring Task Force/Water Workgroup,* (Issue 2, December 31, 1993).

US Federal Emergency Management Agency, Federal Insurance Administration, computer print-out (Washington, DC: March 16, 1994).

US Federal Emergency Management Agency, "*Big Disasters 1989-1994 - Projected Infrastructure Funding (formerly Public Assistance)*," (Washington, DC: FEMA, April 1, 1994).

US Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States: An Assessment Report, Volume 2, (Washington, DC: FIFMTF, 1992), pages 9-8.

Wilson, John, Tribal Liaison, Environmental Protection Agency, Region VII, personal communication, May 16, 1994.

Young, Admiral Frank, Director, Office of Emergency Preparedness/National Disaster Medical System, Public Health Service, personal communication, January 10, 1994.

ENDNOTES

1. This paper is based on and in part extracted verbatim from the report of the Interagency Floodplain Management Review Committee, which, under charter from the Executive Office of the President of the United States., conducted a six month review of the 1993 flood event. The report, *Sharing the Challenge: Floodplain Management into the 21st Century*, was submitted to the White House in July 1993. The Review Committee consisted of federal engineers and physical, social, and biological scientists who contributed technical and institutional knowledge in the fields of flood damage-reduction and river basin ecosystem management. Of the 31 -member Review Committee, 15 members were located in Washington, DC, and 16 formed the Scientific Assessment and Strategy Team (SAST), which operated from the Earth Resources Observation System (EROS) center at Sioux Falls, South Dakota. The SAST was chartered by the White House in November 1993 "to provide scientific advice and assistance to officials responsible for making decisions with respect to flood recovery in the upper Mississippi River Basin." It was incorporated into the Review Committee in January 1994 to serve as its research arm for scientific analysis. Other members of the committee were Dr. Margriet Caswell, Thomas Wheri, Department of Agriculture, Richard DiBuono, Arnold Robbins, Harry Shoudy, Department of the Army (Corps of Engineers) Robert Clevenstine, Jerry Rassmussen, Department of the Interior, Shannon Cunniff, Joseph Ferrante, Lewis Rosenbluth, Environmental Protection Agency, and Mary Jean Pajak, Michael Robinson, Federal Emergency Management Agency and their work is reflected in this paper.

2. The accuracy of the assigned flood recurrence interval remains in question. St. Louis has experienced floods similar to the 1993 event in 1900, 1909, 1927 and 1973.

Anexo 4.4/Appendix 4.4 - Programa de mitigación de inundaciones de la cuenca del río Magdalena-Colombia

por David Humberto Ojeda Awad y Héctor Guzmán Alvarez

INTRODUCCION

MOTIVACIONES Y PROBLEMÁTICA

Colombia ha venido buscando desde hace más de seis décadas un marco físico de trabajo en donde se articulen orgánicamente las actividades económicas con la protección de las infraestructuras sociales y la conservación del sistema natural.

Desde los años cincuenta se ha probado la administración de los recursos naturales y el ambiente a través de entidades del orden público basada en el área geográfica de la cuenca Hidrográfica. Estos entes, sin cumplir su objetivo de administrar los recursos naturales como bienes públicos en beneficio de la ciudadanía, asumieron paralelamente la responsabilidad de la gestión ambiental, incluyendo actividades de planificación, ordenamiento, y manejo y por ende acciones de preservación, conservación y protección. Para tal fin se comprometieron componentes de investigación, transferencia y ajuste de tecnología y fomento de los recursos naturales renovables. Todo lo anterior llevó a un incumplimiento en cada uno de los anteriores componentes y por ende a un desgaste en la acción Estatal.

Dentro de este esquema, la problemática de las inundaciones del río Magdalena, las medidas de control se vieron expresadas solo en medidas estructurales, localizadas puntualmente; descuidando la visión integral que debe primar en cualquier actividad que busque resolver problemas ambientales.

La multiplicidad de funciones, componentes y elementos, al igual que la falta de claridad conceptual en el manejo ambiental, hicieron fracasar este modelo de abocar la problemática ambiental al igual que lo sucedido en el manejo político administrativo del país.

La promulgación de la nueva Constitución Nacional en el año de 1991, puso en marcha un nuevo esquema de relación Estado ciudadanía basado en el proceso de la participación comunitaria expresado en su forma política como Descentralización Política Administrativa y otorgamiento de autonomía local para el manejo de sus propios asuntos en concordancia con las políticas nacionales.

METODOLOGIA Y ACTIVIDADES

Colombia frente a la problemática de las inundaciones del Río Magdalena y sus afluentes ha venido, a través de un proceso de gestión directa de Estado, ejecutando acciones a través de diferentes instituciones (Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Agricultura, Corporaciones Autónomas Regionales - CVC, Empresas de Energía y Acueducto de Bogotá). Estas realizaciones han sido puntuales, aisladas y sin una estructuración integral y sistémica, basadas solo en obras estructurales sin participación de la comunidad.

La conceptualización de cuenca y el manejo integral de los recursos naturales, a pesar de verse reflejada en la legislación desde 1974 (Código Nacional de los Recursos Naturales), no ha acompañado este proceso, perdiéndose de esta manera la visión integral y orgánica propia de un enfoque sistémico que aporta la conceptualización de cuenca hidrográficas para afrontar situaciones ambientales.

Con el proyecto Colombo Holandés se introduce el elemento de predicción a partir de sistemas de alarma instalados en redes especiales.

Otras medidas ejecutadas por el Estado han sido la realización de estudios de producción de sedimentos, comportamiento hidrológico de la cuenca e hidráulico del cauce principal del río, Diagnósticos Socio Económico del Alto Magdalena, al igual que investigaciones en el manejo de los recursos naturales (aguas, suelos, Bosques), transferencia de tecnología y fomento de los recursos naturales a través del proyecto Cuenca Alto Magdalena ejecutado por el Instituto de Desarrollo de Recursos Naturales (INDERENA), con recursos de crédito del Banco Mundial.

LOGROS Y LECCIONES

El país para la cuenca del Magdalena dispone de una Red de Básica Hidrometeorológica, y de una Red de Alertas conformada por cincuenta y nueve estaciones automáticas, las cuales son el elemento básico de prevención y mitigaciones de los efectos de las periódicas inundaciones que afectan las zonas bajas de las cuencas aportantes y de la planicie inundable del río Magdalena.

Resultado primario de la información producida son los mapas de amenazas por inundaciones que se vienen elaborando conjuntamente con la Dirección Nacional de Prevención y Atención de Desastres, al igual que una cartografía temática a escala 1:500.000 sobre la caracterización de sus recursos naturales.

De igual manera, para su administración integral y por mandato Constitucional se creó la Corporación del Río Grande de la Magdalena y por Ley 99/93 la constitución de trece corporaciones autónomas regionales (especialmente cubren departamentos), encargadas además de la administración de los recursos naturales de la gestión ambiental y del acompañamiento del desarrollo sostenible de los trece departamentos que la componen, conforme a la nueva Ley de Plan de Desarrollo Nacional.

Finalmente, a partir de 1993 se creó el Ministerio del Medio Ambiente y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), encargados de aportar elementos del conocimiento ambiental hacia el logro de un ordenamiento ambiental territorial de la cuenca y orientar el manejo de los recursos naturales a fin de obtener el *desarrollo sostenible*, paradigma constitucional y marco de referencia del actual Plan de Desarrollo gubernamental EL SALTO SOCIAL.

1. La Cuenca del Río Magdalena

El río Magdalena es el más importante de Colombia, situado en la parte céntrica del país atravesando de norte a sur la región Andina. Nace en el Páramo de las Papas en el Macizo Colombiano, en la laguna de la Magdalena localizada en el departamento del Huila y recorre al país de norte a sur en una extensión de 1.536 km, con un promedio de caudal de 7.100 m³/s.

El área tributaria de la cuenca es de 257.000 km² que corresponde al 22.8% de la superficie total del territorio nacional. Su recorrido se inicia dentro un valle interandino ubicado entre las cordilleras Central y Oriental y su afluente mayor, el río Cauca, entre las cordilleras Occidental y Central. El río atraviesa el corazón económico del país, en donde se encuentran las regiones más ricas, abundante en recursos naturales y las mejores condiciones de desarrollo, como son las zonas más industrializadas, mejor infraestructura vial, las más importantes desarrollos hidroeléctricos y áreas de desenvolvimiento agrícola importante. (Figura No. 1). La Cuenca Magdalena-Cauca está situada en la zona ecuatorial la cual determina su gran riqueza hídrica en donde se presenta una gran actividad climática en cuanto a precipitación con una media anual de 2.000 mm. con una variación dentro de la cuenca entre 800 mm. y los 5.000 mm. en algunas zonas. Considerando lo anterior, el caudal específico o rendimiento anual es de 27.3 L/S/km². (Ver cuadro 1).

El río Magdalena desde su nacimiento en la Laguna de La Magdalena hasta antes del embalse de Betania (hidroeléctrica situada aguas arriba de la ciudad de Neiva), presenta en su primer recorrido un régimen torrencial por su fuerte pendiente, la cual va disminuyendo mostrando características de un cauce meándrico y encajonado en donde se observa material de acarreo compuesto de piedra, grava y arenas gruesas. Esta misma situación se conserva hasta la ciudad de Honda en donde el río inicia una transición de un río meándrico a un río trenzado, es decir, el río amplía su lecho mayor para correr más libremente formando un sinnúmero de islas y ciénagas. Este tramo se le define como el Magdalena Medio. En la ciudad de El Banco el río sufre una nueva transición al penetrar una zona de características especiales la

cual se le denomina la Depresión Cenagosa o zona inundable por ser una vasta llanura que se caracteriza por los numerosos caños y ciénagas que se entrelazan formando una red de canales a lo largo ancho de este sistema. Esta importante área sufre de inundaciones periódicas mayores durante los meses de octubre y noviembre, afectando cerca de 2 millones de hectáreas en los eventos más severos y unas 730.000 hectáreas en los eventos menos severos. (Ver Cuadro 1 y Figura No. 1).

Cuadro 1

| | Duración | Area ha x 10 | % |
|-------|-----------------|---------------------|----------|
| Corta | Menos de 1 mes | 430 | 21 |
| | 1 a 3 meses | 299 | 14 |
| Media | 3 a 6 meses | 616 | 30 |
| Larga | 6 a 12 meses | 403 | 19 |
| | Ciénaga | 329 | 16 |
| | Total | 2077 | 100 |

Figura 1. - Ubicación zonas inundables

Con base en los estudios de variación de caudales se evidencia la presencia de dos períodos alternos de aguas bajas y altas, características variables de acuerdo a las diferentes regiones climáticas que atraviesa el río. Ver cuadro 2.

Cuadro 2

| Subcuenca | Niveles Altos | Niveles Bajos |
|---|------------------------|----------------------|
| Alto Magdalena (55.500 km ²) | 1) abril, mayo | 1) julio, agosto |
| | 2) octubre y noviembre | 2) diciembre |
| Medio Magdalena (49.150 km ²) | 1) mayo, junio | 1) enero |
| | 2) octubre | 2) julio |
| Bajo Magdalena (24.705 km ²) | 1) junio | 1) enero, febrero |
| | 2) octubre | 2) julio |

Dada su importancia la Constitución Nacional de 1991 ordenó crear una estructura administrativa denominada Corporación del Río Grande de la Magdalena, con el fin de orientar las acciones fundamentalmente en lo pertinente al desarrollo de los municipios ribereños.

En cuanto a la administración de los recursos naturales, se encuentra en ella las corporaciones de:

- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM con sede en Neiva (Departamento del Huila).
- Corporación Autónoma Regional del Tolima. CORTOLIMA, con sede en Ibagué (Tolima).
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. Sede en Santafé de Bogotá.
- Corporación Autónoma Regional de Caldas. CORPOCALDAS. Sede Manizales (Caldas).

- Corporación Autónoma Regional de Boyacá. CORPOBOYACA. Sede Tunja (Boyacá).
- Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los RÍOS Negro y Nare. COMARE. Sede en Santuario (Antioquia).
- Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. CORANTIOQUIA. Sede en Medellín. (Antioquia).
- Corporación Autónoma regional de Santander. CAS. Sede en San Gil (Santander).
- Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar. CSB. Sede en Magangué. (Bolívar).
- Corporación Autónoma Regional del Cesar. CORPOCESAR. Sede en Valledupar (Cesar).
- Corporación Autónoma del Magdalena. CORPAMAG. Sede en Santa Marta.
- Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique. CARDIQUE. Sede Cartagena de Indias.
- Corporación Autónoma del Atlántico. CRA. Sede en Barranquilla. (Atlántico).

De treinta y cuatro entes administrativos regionales con que cuenta el país para la administración y manejo de los recursos naturales renovables y el ambiente, trece lo hacen en la Cuenca del Magdalena, mas un ente de ámbito constitucional, la Corporación Autónoma del Río Grande de la Magdalena, encargada de la recuperación de la navegación, de la actividad portuaria, la adecuación y conservación de tierras, la generación y distribución de energía y el aprovechamiento y preservación del ambiente, los recursos ictiológicos y demás recursos naturales renovables.

2. Problemática de las Inundaciones

La cuenca del río Magdalena presenta toda una gama de condiciones hidrológicas y todas las clases de ríos conocida; esta situación se debe a su posición geográfica y su orografía en donde se localizan tres grandes cordilleras con sus altiplanos y grandes planicies aluviales. La red hidrográfica de la cuenca es abundante en donde se presentan todos los afluentes del río Magdalena con sus sistemas de ríos de origen torrencial y ríos de planicie que hacen que se presenten situaciones de crecientes o avenidas que van a producir inundaciones en sus zonas aledañas.

En la cuenca se puede establecer dos tipos de inundaciones de acuerdo al régimen de los cauces: inundaciones de tipo torrencial e inundaciones de tipo aluvial (de planicie).

Las inundaciones de tipo torrencial se originan en el área montañosa de toda la zona Andina correspondiente a la cuenca Magdalena-Cauca en donde existe una conformación topográfica abrupta, con fuertes pendientes, que durante los inviernos las grandes precipitaciones transforman en peligrosos los diversos cauces, lo que conlleva a una amenaza latente de crecidas que ocasionan desbordamientos en sus márgenes y la misma velocidad del agua puede producir grandes daños en zonas pobladas.

Otro fenómeno que está relacionado con las crecientes es el de las avalanchas, que son ocasionadas por deshielo o represamiento ocasionado por el taponamiento del cauce debido al deslizamientos de laderas en donde los suelos son inestables y no muy consolidados. El taponamiento provoca el embalsamiento de grandes volúmenes de agua y cuando la presa natural falla, estos volúmenes fluyen con gran fuerza aguas abajo produciendo erosión en las laderas con arrastre de piedras y sedimentos, causando por consiguiente

grandes estragos y destrucción.

Estos fenómenos de origen torrencial son los más frecuentes en la cuenca durante las épocas de lluvias y los que producen las mayores pérdidas materiales y de vidas humanas.

Las inundaciones de tipo de planicie son las que ocurren en las áreas bajas de los afluentes y en las zonas inundables incluyendo la depresión cenagosa del río Magdalena. Los valles del río Magdalena y de su afluente el río Cauca están sometidos a inundaciones de larga duración, como se mencionó en el aparte anterior; en donde las crecidas son más reguladas y no tienen una incidencia en la propia magnitud del caudal y solamente tienen importancia a las que obedecen únicamente a lluvias prolongadas dentro de la cuenca y obedecen a los períodos de invierno. Estas crecidas así producidas son inicialmente lentas y cuando exceden la capacidad del cauce y de los propios vasos amortiguadores como las ciénagas, se producen los desbordamientos inundando las zonas ribereñas.

El régimen de lluvias en la cuenca del río Magdalena es básicamente bimodal con eventos máximos en abril, mayo y octubre, noviembre. Los mayores caudales se presentan en el segundo período del año en donde se reduce considerablemente la capacidad de almacenamiento. El almacenamiento total de las zonas bajas con ciénagas se ha estimado en 40.000 millones de m².

En Colombia, como consecuencia de avenidas, inundaciones y otros eventos hidrometeoro-lógicos extremos, se registran anualmente pérdidas materiales por valor en promedio de 35 millones de dólares, más de 65000 personas damnificadas y alrededor de unas 150 de vidas humanas perdidas. Las estadísticas indican que las pérdidas podrán alcanzar unos 70 millones de dólares y 230 víctimas en promedio una vez cada 20 años. La cuenca Magdalena-Cauca son las área más vulnerables del país, contando el 90% de los daños y el 70% de pérdida de vidas humanas. Además, las actividades agrícolas, la industria manufacturera y el aprovechamiento de los recursos hídricos, padecen grandes pérdidas materiales indirectas.

En el año de 1994, las inundaciones produjo pérdidas cercanas las 8.000 viviendas y más de 250.000 personas damnificadas que corresponde al 47.5% y el 80.7% respectivamente, del total producido por otros eventos de carácter catastrófico. Esto demuestra que las inundaciones son el evento más importante dentro la afectación a la economía del país. Ver cuadro 3 y figura 5).

Cuadro 3 Pérdidas por inundaciones en Colombia

| AÑO | US\$ × 10³ |
|------------|------------------------------|
| 1964 | 20.444 |
| 1965 | 11.861 |
| 1966 | 30.944 |
| 1967 | 35.653 |
| 1968 | 15.903 |
| 1969 | 8.375 |
| 1970 | 39.170 |
| 1971 | 182.182 |
| 1972 | 10.343 |
| 1973 | 104.608 |

| | |
|------|--------|
| 1974 | 30.889 |
| 1975 | 54.131 |
| 1976 | 65.132 |
| 1977 | 74.529 |

3. Medidas de Mitigación en la Cuenca del río Magdalena

La experiencia en Colombia muestra dentro de la cuenca del río Magdalena, algunos proyectos localizados de control de inundaciones y representa un porcentaje bajo, respecto a la magnitud del problema de las inundaciones en la Cuenca Magdalena-Cauca. Estos proyectos realizados se diseñaron con el criterio de dar soluciones únicamente con obras estructurales de defensa, que en algunos casos dieron resultados parciales.

Control de inundaciones en la Sabana de Bogotá. La Sabana de Bogotá es un altiplano que se encuentra a una altura de 1.650 metros sobre el nivel del mar y pertenece a la cuenca del río Bogotá, afluente del río Magdalena; en ella se encuentra la ciudad capital de Colombia, Santafé de Bogotá.

Antes de 1950 se presentaban frecuentemente inundaciones en la Sabana de Bogotá y varias de ellas de gran magnitud, las cuales anegaban grandes extensiones de tierras cultivables y zonas urbanas de las poblaciones de Fontibón, Punza, Mosquera, y al norte del puente del Común.

Figura 5. - Afectación por evento (Año 1.994) (A)

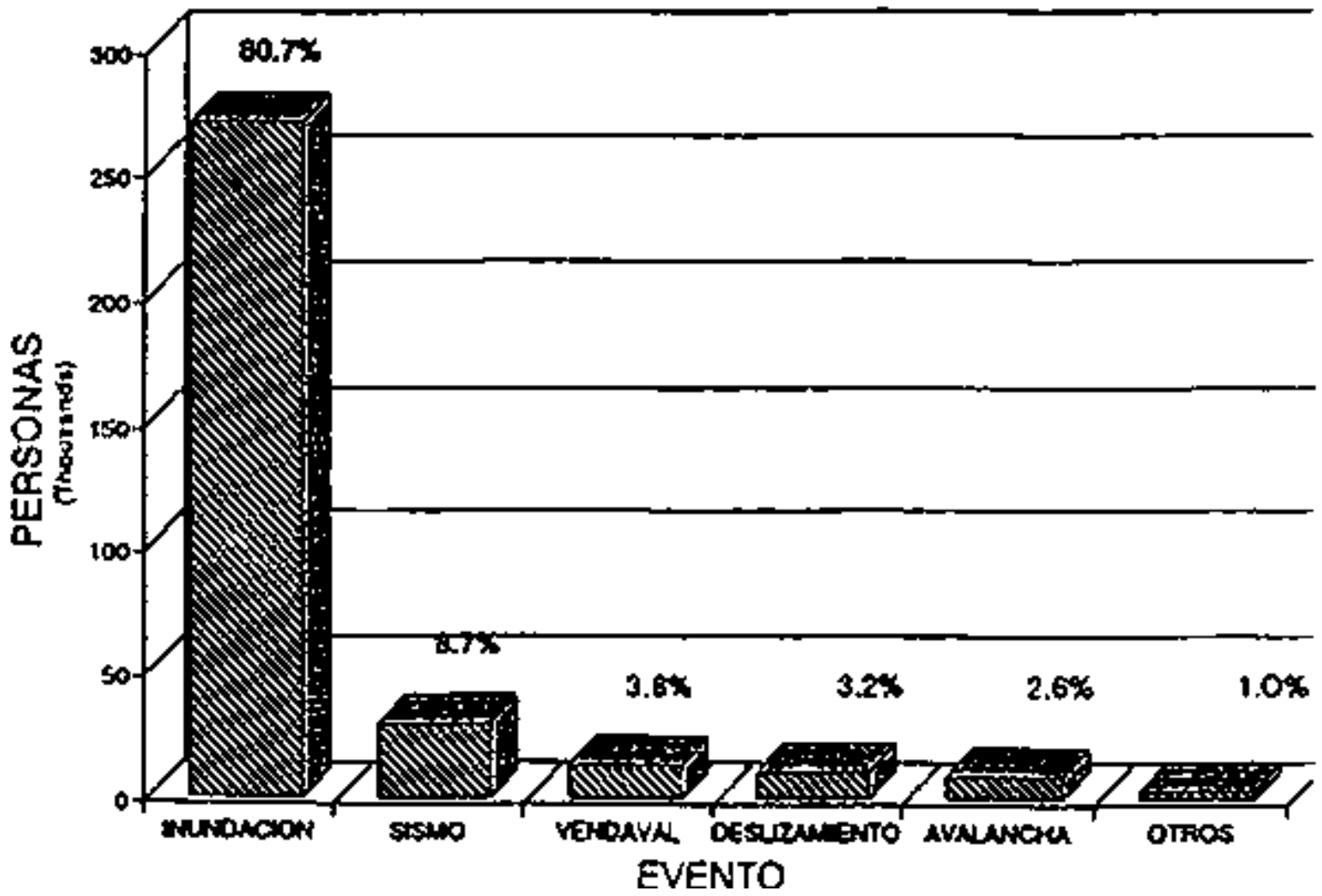
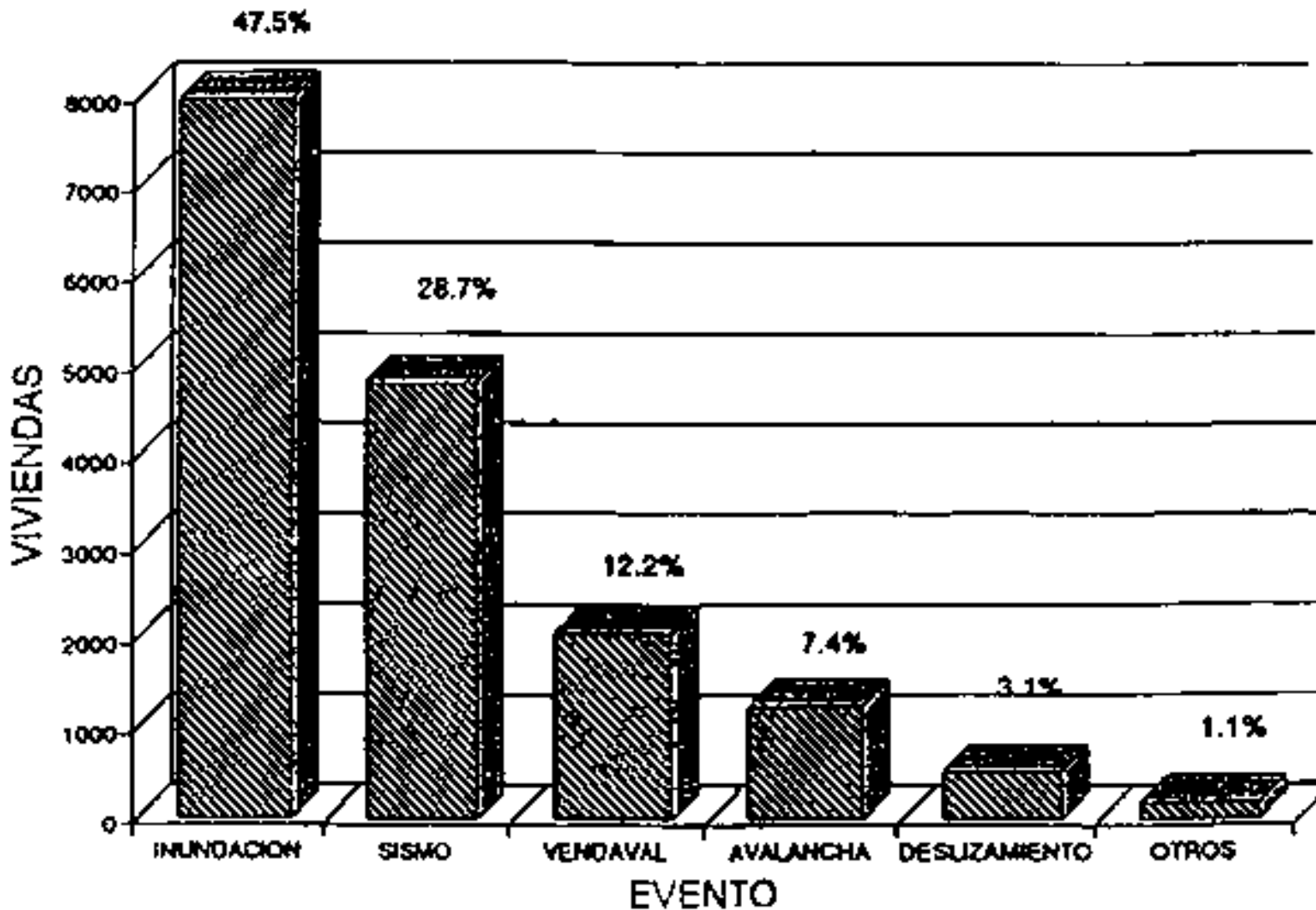


Figure 5. - Afectación por evento (Año 1994) (B)



En 1921 se iniciaron los estudios de control de inundaciones debido a los desbordamientos constantes del río Bogotá. La primera obra que se concibió se denominó Sistema de la Ramada la cual se construyó por cobro de valorización en el año de 1926. Esta obra consistió en una esclusa situada aguas arriba del puente del ferrocarril del occidente la cual funcionó elevando el nivel del agua de tal manera que facilitaba el llenado de las ciénagas o humedales y los canales de riego. Como complemento del sistema se construyeron dos estaciones de bombeo.

El sistema de la Ramada cuya función fue permitir el riego para 1.000 hectáreas, también fue proyectada para evitar las inundaciones en el área, logrando que el río Bogotá represara los humedales en las crecientes.

Otra medida para lograr un mejor control de las inundaciones fue la construcción de los embalses del Neusa y Sisga en los años de 1951 y 1952, sobre los afluentes más importantes regulando sus cuencas aferentes; en el año de 1962 entró a operar el embalse de Tominé el cual regula los caudales del río que la conforma y por un sistema de bombeo se toma el agua del río Bogotá para colocarla en el propio embalse y de esta manera controlar la zona alta de la cuenca. (Figura No. 1).

Además de las obras anteriores se construyeron jarillones o diques en las dos márgenes del río para dar más capacidad al cauce aumentando el almacenamiento y así evitar los desbordamientos en las grandes crecientes.

Con las obras antes mencionadas se ha logrado un control casi total de las crecientes; sin embargo faltan algunas obras adicionales de control en algunos afluentes como son en los ríos Teusacá, Tunjuelito y Subachoque.

Proyecto de regulación del río Cauca. La zona más importante de la depresión del Cauca es la planicie del Valle, ubicada en la parte alta media del río, la cual está comprendida entre las poblaciones de Santander y Cartago en el Departamento del Valle del Cauca. (Figura No. 1)

Gran parte de esta planicie está afectada por inundaciones cuyas crecientes del río Cauca son ocasionadas por extensos períodos de lluvias en toda la cuenca y no por tormentas aisladas. Se estima que una creciente del río Cauca para un período de retorno de 30 años puede inundar hasta unos 1.000 km² en condiciones naturales sin regulación; otras extensiones son inundadas por los afluentes que son considerados de régimen torrencial. La última gran inundación se presentó en octubre-noviembre de 1984 con una extensión de 250 km² de área inundada.

La Corporación Regional del Valle del Cauca, emprendió un plan de control de inundaciones a partir del año 1970, dentro de un plan de regulación del río Cauca. Para este proyecto se dividió en dos grupos importantes, estos son: el embalse de Salvajina y las obras complementarias para regulación de crecidas y las obras estructurales en la planicie inundable que consiste en diques marginales, canales de drenaje y estaciones de bombeo.

El embalse de Salvajina empezó a operar en enero de 1985 con un volumen total de 908 millones de metros cúbicos. Uno de los propósitos del embalse es regular la cuenca alta del río Cauca reduciendo los picos generados por las grandes crecientes. Otro propósito es la generación eléctrica con una capacidad instalada de 270 M.W.

Se han construido diques artificiales marginales en varios tramos del río Cauca logrando un conjunto con el embalse de Salvajina reducir considerablemente los desbordamientos. Dentro del plan se contempla construir en su totalidad los diques marginales con sus obras de drenaje y estaciones de bombeo, para obtener al final un control total de las inundaciones en esta zona del río Cauca.

Proyecto Colombo-Holandés, Protección Contra las Inundaciones en la Cuenca Magdalena-Cauca. El estudio contempló resolver tres inquietudes relevantes dentro de un Plan de Regulación Fluvial y Defensa contra las inundaciones y fueron las siguientes:

Cuáles son los tipos de protección más indicados desde el punto de vista del control de inundaciones.

- Cuáles son las repercusiones de los tipos de protección sobre el régimen hidrológico y morfológico del río en relación con las cotas del agua durante las avenidas, el transporte de sedimentos, los caudales tanto a nivel local como sobre el sistema general.
- Si no es factible el control activo de las inundaciones, se puede establecer en corto tiempo un sistema de previsión de crecidas.

De acuerdo a estos interrogantes se desarrollaron varias actividades entre ellas las más importantes que son el estudio y análisis hidrológico y el estudio hidráulico sobre el comportamiento dinámico del río mediante la concepción, montaje y calibración de modelos matemáticos que permitieran conocer la evolución de la incidencia de obras de protección contra las inundaciones sobre el régimen natural del río.

Los resultados obtenidos establecieron que las mejores soluciones estaban en aumentar la capacidad de

amortiguación de las crecidas mediante la construcción de embalses de planicie o campos de inundación controlados.

El comportamiento natural del río dentro del sistema de amortiguación por medio de ciénagas en la zona lacustre del río Magdalena, el llenado y vaciado de estos vasos naturales ocurre en una forma sincronizada cuando se presentan los estados de crecientes y de aguas bajas. Esto indica que la ciénagas normalmente se están llenando antes que el río alcance su capacidad de descarga máxima sin desbordamiento. Por otra parte la evacuación de las ciénagas es lenta por la falta de capacidad de los caños de descarga.

Ahora, para aumentar la capacidad de amortiguación de las ciénagas se puede hacer controlando artificialmente las entradas y salidas de las mismas y aumentando su capacidad de almacenamiento por medio del confinamiento con diques. Esta solución por medio de estos campos de inundación controlados combinándolos con diques marginales en algunos tramos del río pueden disminuir considerablemente los desbordamientos en zonas de interés económico. Para el río Magdalena seña la solución más económica para mitigar el impacto de las inundaciones en toda el área afectada.

Para la protección de áreas urbanas localizadas en zona de inundación, se recomendó el confinamiento perimetral por medios de estructuras como diques y muros de contención y obras complementarias de evacuación de aguas usadas y lluvias. Sobre este caso se llevó a cabo un ejemplo de protección en la ciudad de Magangué localizada en la depresión cenagosa sobre el cual se contemplará en detalle más adelante.

Como se puede ver las soluciones anteriores se pueden catalogar como medidas estructurales, sin embargo el estudio recomienda medidas no estructurales como son los sistemas de predicción de crecientes por medio de avisos oportunos (Sistemas de alarma). Este tema en especial se tratará en capítulo aparte por ser la medida mas desarrollada hasta el momento en el río Magdalena.

Protección de la ciudad de Magangué. La ciudad está situada en el departamento de Bolívar, propiamente en la zona baja inundable del río Magdalena, sobre la margen izquierda del Brazo de Loba y una distancia de 230 kilómetros aguas arriba de Barranquilla.

Gran parte de la zona urbana de la ciudad se encuentra localizada sobre la zona aluvial del río la cual estaba sujeta a frecuentes inundaciones. En octubre de 1975 se presentaron una de las mayores inundaciones de los últimos tiempos presentándose niveles que alcanzaron a cubrir gran parte de las calles con alturas hasta de un metro por encima del suelo.

Con relación a lo anterior se realizaron los estudios correspondientes de protección de la ciudad según las recomendaciones del Proyecto Colombo-Holandés. Y luego durante los años de 1978 y 1979 se elaboraron los diseños y la construcción de las obras previstas.

Antes de la construcción de la protección, la ciudad de Magangué, el río Magdalena desbordaba frecuentemente causando inundaciones afectando gran parte de la ciudad perjudicando el centro comercial y un área densamente poblada y también el desbordamiento de ciénagas aledañas con el consiguiente anegamiento de las zona más pobres de la ciudad.

Se construyó un dique de tierra perimetral en una longitud de 6.796 metros y el realce del muro frontal existente componente del malecón - muelle de la ciudad. Además se construyeron cerca de 1.000 metros más de muro de contección.

Para solucionar la evacuación de las aguas negras y lluvias, se construyeron dos plantas de bombeo que

son operadas por el municipio. Se adecuaron algunas ciénagas para el tratamiento de las aguas usadas para evitar la contaminación de las aguas del río Magdalena.

Esta experiencia hasta el momento ha dado resultados satisfactorios por cuanto la ciudad adquirió una nueva vida sin la preocupación de que sea afectada nuevamente por el problema de las inundaciones.

3.1 Estructura Organizacional

El desarrollo socioeconómico del país y la necesidad de reducir cada día el número de víctimas y pérdidas que dejan las temporadas invernales ha hecho forzoso que cada vez sea necesario realizar un trabajo más exhaustivo, mediante el cual se tengan en cuenta otras áreas del territorio nacional y también otros aspectos diferentes de las inundaciones. En la actualidad, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales **IDEAM** pretende enfocar sus análisis a sistemas preventivos en aspectos tales como los incendios forestales, el fenómeno de las heladas, sequías, tormentas de marea y advertencias en temporada de huracanes, entre otros fenómenos de tipo natural ambiental.

En los comienzos de la era de la Alertas en Colombia, los técnicos y profesionales del antiguo HIMAT, una vez detectaban un fenómeno extraordinario que pudiese afectar a un sector del territorio nacional dentro de la Cuenca Magdalena-Cauca emitían un comunicado a los principales cuerpos de Socorro y a los medios de comunicación y mantenían coordinación y comunicación permanente sobre la evolución del fenómeno.

A raíz del desastre del Nevado del Ruiz, que conmovió al mundo entero en el año de 1985, el país entró en una etapa de concientización y reorganización de los sistemas de prevención, creándose el Sistema Nacional, dentro del cual posteriormente se creó la Oficina Nacional para la Atención y Prevención de Desastres, hoy Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres de Colombia, cuya tarea ha sido la de coordinar las actividades que realizan las diferentes entidades del orden nacional, departamental y municipal, no solo en materia de prevención sino de atención y durante la etapa de reconstrucción. El IDEAM hace parte del Comité Técnico Nacional con que cuenta esta organización y asesora a la Dirección en diferentes campos de la etapa de prevención básicamente, una de ellas a través de la Red de Alertas Ambientales.

Es a través de la Dirección Nacional para la Atención y Prevención de Desastres que el IDEAM efectúa la emisión de Avisos y Advertencias, Dirección que a su vez asume la responsabilidad de coordinar las acciones pertinentes según la calidad de la emergencia.

Con base en los estudios técnicos realizados hasta el momento, los cuales incluyen la utilización de fotografías aéreas e imágenes de radar y de satélite así como levantamientos topográficos y trabajos de comprobación de campo y gracias a la recepción de datos horarios vía satélite, radio y teléfono ha sido posible obtener puntos válidos de referencia que nos sirven de orientación para poder sugerir la declaración de un aviso, advertencia o Alerta. Eventualmente se ha recurrido a la aplicación de técnicas de simulación matemática mediante modelos de computador, lo cuales continúan siendo, en nuestros días, objeto de análisis.

Una vez efectuado el procesamiento y análisis de los datos y cuando las condiciones lo ameritan se produce un comunicado sugiriendo, según la magnitud del evento, la condición de Alerta Amarilla (Aviso), Alerta Naranja (Advertencia) o Alerta Roja (Punto crítico de desbordamiento).

[Sistema Nacional para la Prevención y atención de Desastres de Colombia](#)

3.2 Alertas Hidrometeorológicas en la Cuenca del río Magdalena-Cauca

Desde finales de la década de los 70 se dieron los primeros pasos para el establecimiento en Colombia de una Red de Alertas hidrometeorológicas, bajo la asesoría de una misión canadiense la cual después de análisis minuciosos, recomendó iniciar la observancia sobre el comportamiento de los principales parámetros que inciden en las variaciones del tiempo y de los niveles de algunas estaciones de los ríos a lo largo de la cuenca Magdalena-Cauca.

La Red de Alertas hidrometeorológicas se basó inicialmente, en la instalación de una serie de radios para transmisión vía HF con centros especiales de acopio, de acuerdo con las características topográficas de nuestro territorio, y se inició el apoyo de las actividades propias del programa, gracias a la colaboración de algunas instituciones del orden nacional, regional y local tanto públicas como privadas, las cuales suministraban y siguen suministrando información diaria por teléfono o fax. Las experiencias logradas a través del ejercicio operativo de la red, permitieron establecer dificultades de seguimiento de los fenómenos extraordinarios en el momento oportuno pero facilitaron el mejoramiento sobre el conocimiento de algunas técnicas de observación y comunicación.

• Red actual

La aplicación de nuevos métodos de análisis y el acceso a tecnologías mejoradas han permitido al país avanzar en exactitud y oportunidad de los sistemas de prevención, gracias a la obtención permanente de datos en tiempo real y de imágenes periódicas que nos informan sobre el comportamiento atmosférico e hidrológico.

En la actualidad el IDEAM cuenta con 65 estaciones automáticas que transmiten información hidrológica y meteorológica durante las 24 horas del día, dos de las cuales son sobre aspectos mareográficos en el Pacífico; 20 estaciones distribuidas en la Sabana de Bogotá y tres en el altiplano nariñense para detección de heladas, mediante las cuales se recibe información por teléfono y radio. Se cuenta además con 30 observatorios meteorológicos para mediciones en superficie, cinco observatorios para la medición de la alta atmósfera, enlace con un sistema mundial de telecomunicaciones meteorológicas y una estación terrena para recepción de imágenes satelitales meteorológicas en baja resolución.

En la cuenca Magdalena-Cauca se han instalado hasta la fecha 59 estaciones automáticas dotadas de plataformas para transmisión por satélite distribuidas así.

| Entidad | Plataformas |
|------------|-------------|
| CVC | 30 |
| Betania | 17 |
| Hidroprado | 3 |
| IDEAM | 8 |
| CARDER | 1 |

Las actividades del programa de alertas están concentradas en dos subprogramas: el subprograma de Recepción de Información y el Subprograma de Análisis y Aviso.

Las funciones generales del Subprograma de Recepción de Información es velar por la adecuada recolección, recepción y procesamiento de la información. Su desenvolvimiento debe desarrollarse en las mismas instalaciones en donde se encuentre el Subprograma de Análisis y Aviso.

Las funciones específicas del programa son:

- Efectuar la vigilancia durante 24 horas del día no solo de los parámetros indicadores de riesgo y amenaza que señale el subprograma de Análisis y Aviso, sino respecto a la buena marcha de los equipos de computo y de los instrumentos de campo a través de los cuales se efectúa la compilación de la información.
- Mantener al día los registros estadísticos tanto de los parámetros hidrometeorológicos como de las transmisiones recibidas bien sea de radio HF, teléfono o satélite (Temporizada St o Aleatoria Rr).
- Efectuar el cálculo diario de la efectividad del sistema de satélite (recibidas Vs. esperadas), número de transmisiones aleatorias, movimientos del satélite, pérdidas de fase o contacto, cambios en la operatividad del sistema y salidas de emisión de cualquier tipo, dificultades de software, etc.
- Efectuar evaluaciones diarias de la información recibida de la red de radios teniendo en cuenta su continuidad, eficiencia, oportunidad y exactitud.
- Mantener actualizada una base de datos incluyendo información de los tres tipos: Satélite, HF y teléfono.
- Obtener, tabular y graficar la información en tiempo real a intervalos de cuatro horas y según lo determine el Subprograma de Análisis y Aviso.
- Mantener informado permanentemente al Subprograma de Análisis y Aviso sobre el comportamiento de los patrones hidrológicos y meteorológicos, y advertirle sobre la presencia de fenómenos extraordinarios.
- Seguir las instrucciones y atender las solicitudes que le demande el Subprograma de Análisis y Aviso.

Las funciones generales del Subprograma de Análisis y Aviso es analizar la información recibida del Subprograma de Recepción de la Información, efectuar el análisis estadístico en tiempo y espacio, producir el pronóstico por medio de modelos hidrológicos, asumir acciones respecto a Alertas según lo demande la evolución de eventos extraordinarios, producir los comunicados respectivos y mantener contacto directo con la Dirección Nacional para la Atención y Prevención de Desastres.

Las funciones específicas son:

- Diseñar la expansión y ampliación de la red de estaciones de acuerdo a los requerimientos
- Definir políticas en materia de uso, intercambio y manejo de la información de la Red de Alertas.
- Actualizar y mantener al día el Archivo Maestro.
- Interpretar los informes de diagnóstico de la información Automática y contribuir a la programación de las actividades de campo, tendientes a identificar la ubicación de plataformas DCP y las demás que demanden las circunstancias inherentes al programa.

- Impartir instrucciones al Subprograma de Recepción de Información sobre la observación en temporada especial o en situaciones inminentes de eventos extraordinarios de inundaciones.
- Efectuar el análisis en tiempo y espacio mediante el manejo de series estadísticas y otros de carácter físico.
- Elaborar Comunicados Especiales en tiempo de riesgo inminente e informar constantemente a la Dirección Nacional para la Atención y Desastres sobre el estado del río cuando está en observación especial.
- Ejecutar e interpretar los modelos de pronóstico hidrológico y mediante sus resultados en un evento extraordinario, emitir los informes correspondientes.
- Verificar la calibración de los modelos de pronóstico.

3.3 Medidas no estructurales de prevención

La ocurrencia de estos fenómenos de inundación, generalmente de gran extensión superficial, afecta no solo áreas urbanas sino también a grandes zonas agrícolas como también en áreas que son afectadas por avenidas de origen torrencial en los piedemontes de las cordilleras ocurridas en los afluentes directos del río Magdalena.

Para estos casos como medida de mitigación y prevención, el IDEAM adelanta un programa de mapas de amenazas en la cuenca Magdalena-Cauca con las entidades interesadas.

El primer proyecto se realizó en la cuenca del río Combeima, cuyo comportamiento de origen torrencial, presenta grandes avenidas causando inundaciones en zona urbana de la ciudad de Ibagué, localizada en el piedemonte de la cordillera Central zona alta del valle del río Magdalena.

Se elaboraron mapas de amenaza a escala 1:2.000 con períodos de retomo para 2, 20 y 100 años. Estos mapas es la base fundamental para llevar a cabo la zonificación de áreas de uso, para una planificación y reglamentación específica.

En la presa de Betania localizada en la parte alta del río Magdalena se elaboraron los términos de referencia para la determinación de mapa de amenazas aguas abajo de la presa.

Al construirse esta obra se creó un factor de riesgo para las zonas desarrolladas aguas bajo de la presa; el elemento principal y más frecuente es el paso de las crecientes por el embalse el cual constituye el riesgo que requiere el análisis relativo al comportamiento de estos caudales sobrantes aguas bajo dependiendo del manejo adecuado del embalse.

El propósito como resultado de lo anterior, es obtener los mapas de amenazas respectivos de las zonas aledañas al río que sean susceptibles a inundación, los cuales permitirán conocer los diferentes niveles de inundación y su frecuencia de ocurrencia asociada.

El mapa de amenazas planteará un esquema detallado para un trayecto de 160 kilómetros para todas las zonas de posible inundación con curvas de nivel cada 0.50 metros hasta la cota máxima que cubra un área para un período de 100 años. El mapa se elaborará a escalas 1:10.000 y 1:2.000 para zonas urbanas y se resaltarán las áreas de posible inundación para crecientes a filo de agua del embalse con períodos de retorno de 2, 10, 20, 50 y 100 años.

Como conclusión se establece que las medidas de protección más conocidas y de uso frecuente en años pasados son las estructurales pero muchas veces es mejor, sin embargo, que la mayor y mejor medida de protección y mitigación puede ser no solo el control de aguas de inundación sino el uso apropiado y administrativo de áreas susceptibles a inundación o a través de la zonificación y control de uso del suelo. A la larga este último esquema puede resultar menos costoso que los métodos de control de aguas.

LA ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS

La Organización de los Estados Americanos (OEA) es el organismo regional más antiguo del mundo, pues su origen se remonta a la Primera Conferencia Internacional Americana, celebrada en Washington, D.C. entre octubre de 1889 y abril de 1890. En esta reunión se aprobó, el 14 de abril de 1890, la creación de la Unión Internacional de las Repúblicas Americanas. La Carta de la OEA fue suscrita en Bogotá en 1948 y entró en vigor en diciembre de 1951. Posteriormente, la Carta fue reformada por el Protocolo de Buenos Aires suscrito en 1967, el cual entró en vigor en febrero de 1970, por el Protocolo de Cartagena de Indias suscrito en 1985, que entró en vigor en noviembre de 1988 y por el Protocolo de Managua suscrito en 1993, que entró en vigor en enero de 1996. En 1992, se suscribió el Protocolo de Washington que entrará en vigor cuando sea ratificado por las dos terceras partes de los Estados Miembros. La OEA cuenta con 35 Estados Miembros. Además, la Organización ha concedido el *status* de Observador Permanente a 39 Estados, así como a la Unión Europea.

Los propósitos esenciales de la OEA son los siguientes: afianzar la paz y la seguridad del Continente; promover y consolidar la democracia representativa dentro del respeto al principio de no intervención; prevenir las posibles causas de dificultades y asegurar la solución pacífica de las controversias que surjan entre los Estados Miembros; organizar la acción solidaria de éstos en caso de agresión; procurar la solución de los problemas políticos, jurídicos y económicos que se susciten entre ellos; promover, por medio de la acción cooperativa, su desarrollo económico, social y cultural, y alcanzar la efectiva limitación de armamentos convencionales que permita dedicar el mayor número de recursos al desarrollo económico y social de los Estados Miembros.

ESTADOS MIEMBROS: Antigua y Barbuda, Argentina, Bahamas (*Commonwealth de las*), Barbados, Belice, Bolivia, Brasil, Canadá, Colombia, Costa Rica, Cuba, Chile, Dominica (*Commonwealth de*), Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Grenada, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, St. Kitts y Nevis, Suriname, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela.

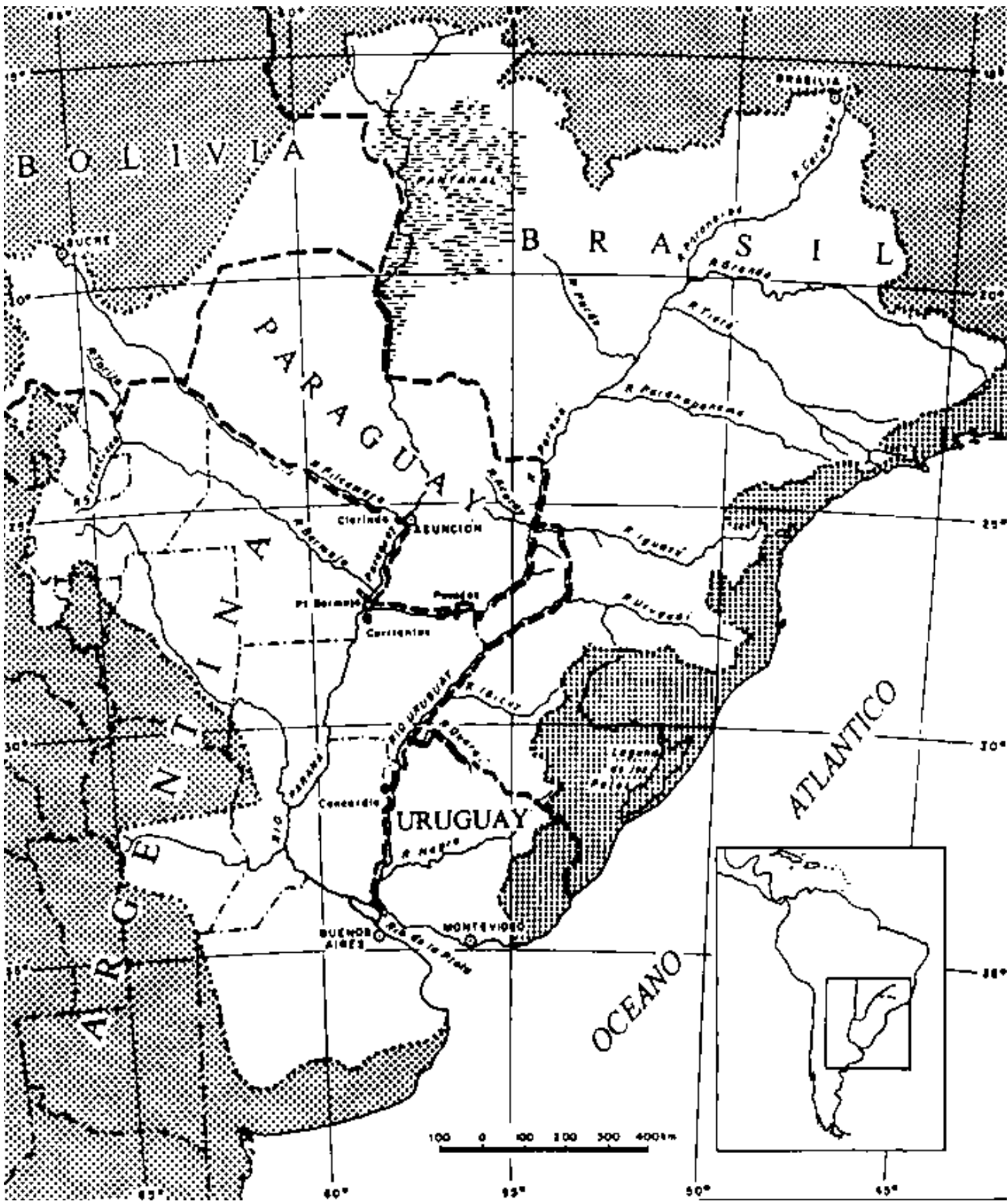
THE ORGANIZATION OF AMERICAN STATES

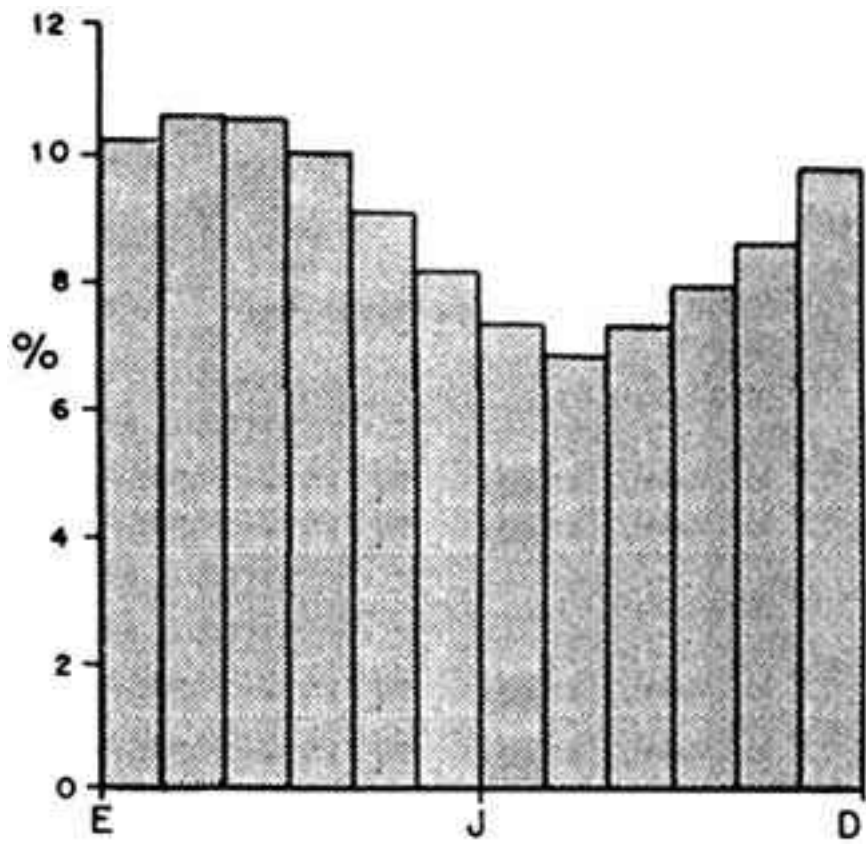
The Organization of American States (OAS) is the world's oldest regional organization, dating back to the First International Conference of American States, held in Washington, D. C., from October 1889 to April 1890. The establishment of the International Union of American Republics was approved at that meeting on April 14, 1890. The OAS Charter was signed in Bogota in 1948 and entered into force in December 1951. Subsequently, the Charter was amended by the Protocol of Buenos Aires, signed in 1967, which entered into force in February 1970; by the Protocol of Cartagena de Indias, signed in 1985, which entered into force in November 1988; and by the Protocol of Managua, signed in 1993, which entered into force in January 1996. In 1992, the Protocol of Washington was signed; it will enter into force upon ratification by two thirds of the Member States. The OAS currently has 35 Member States. In addition, the Organization has granted Permanent Observer status to 39 States and to the European Union.

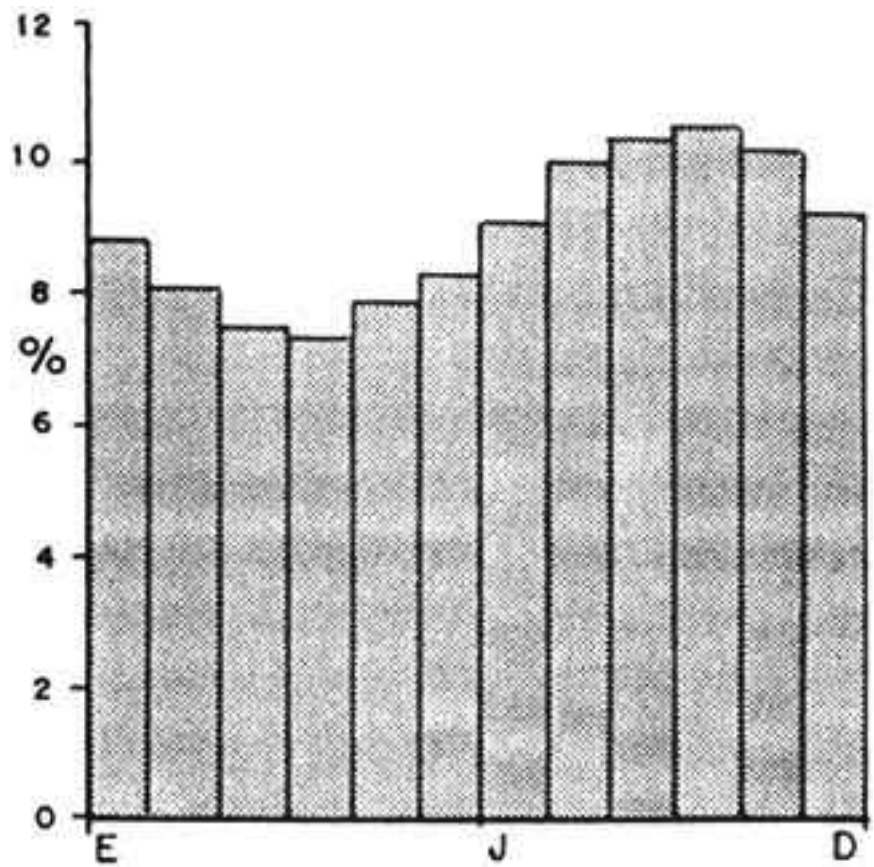
The basic purposes of the OAS are as follows: to strengthen the peace and security of the continent; to promote and consolidate representative democracy, with due respect for the principle of nonintervention; to prevent possible causes of difficulties and to ensure the pacific settlement of disputes that may arise among the Member States; to provide for common action on the part of those States in the event of aggression; to seek the solution of political, juridical and economic problems that may arise among them; to promote, by cooperative action, their economic, social and cultural development, and to achieve an effective limitation of conventional weapons that will make it possible to devote the largest amount of resources to the economic and social development of the Member States.

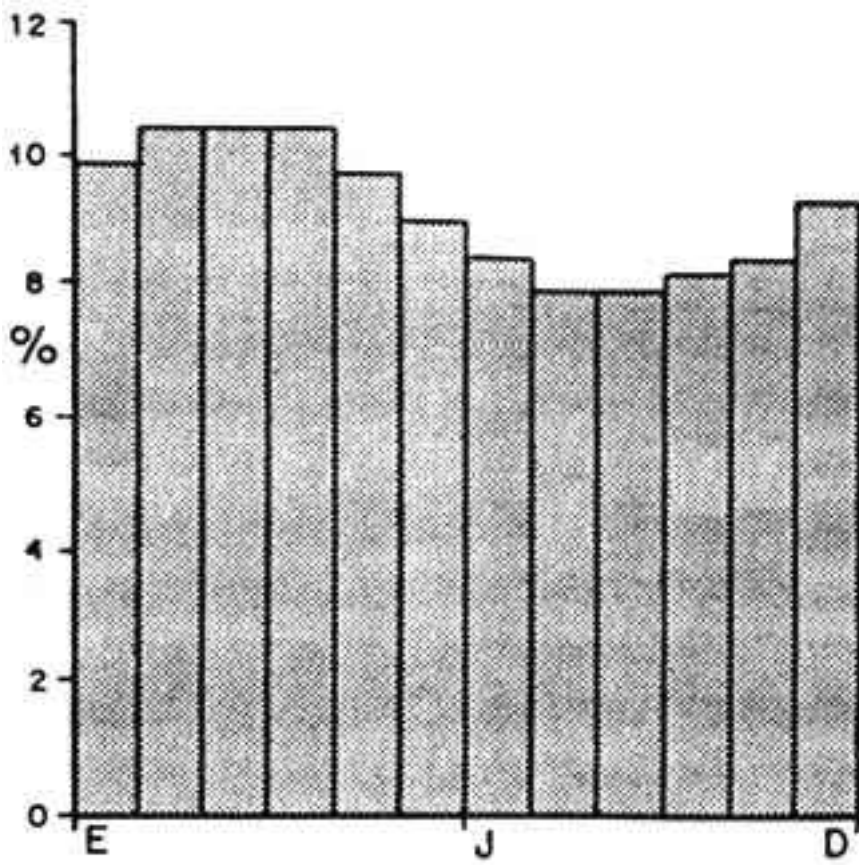
MEMBER STATES: Antigua and Barbuda, Argentina, The Bahamas (Commonwealth of), Barbados, Belize, Bolivia, Brazil, Canada, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Dominica (Commonwealth of), Dominican Republic, Ecuador, El Salvador, Grenada, Guatemala, Guyana, Haiti, Honduras, Jamaica, Mexico, Nicaragua, Panama, Paraguay, Peru, St. Kitts and Nevis, Saint Lucia, Saint Vincent and the Grenadines, Suriname, Trinidad and Tobago, United States, Uruguay and Venezuela.

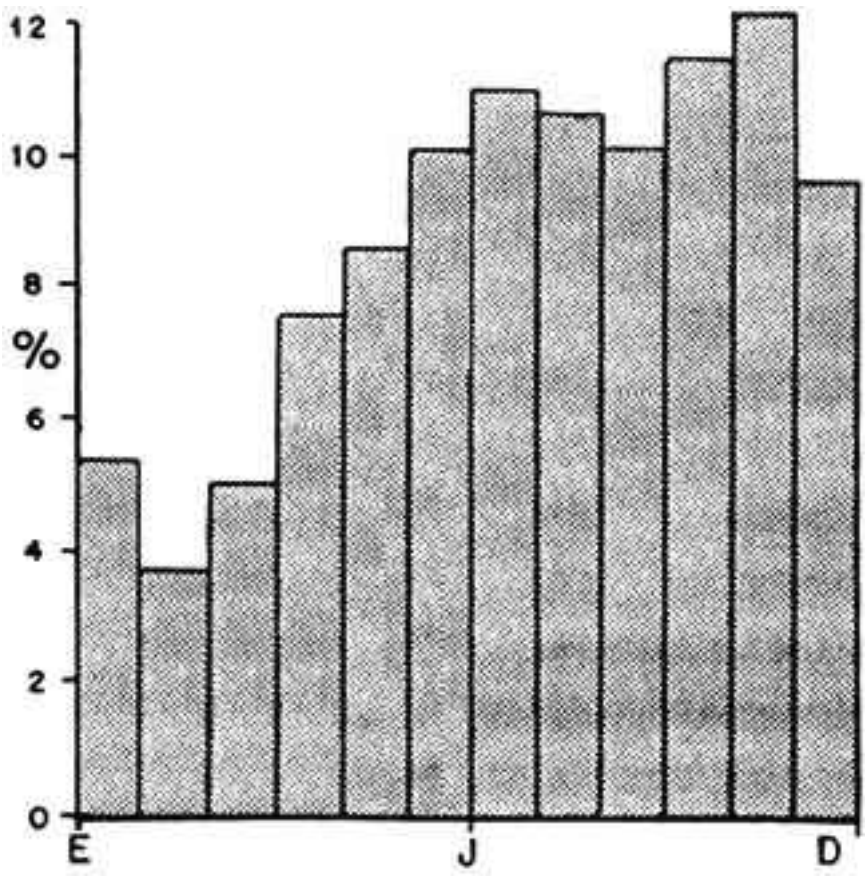


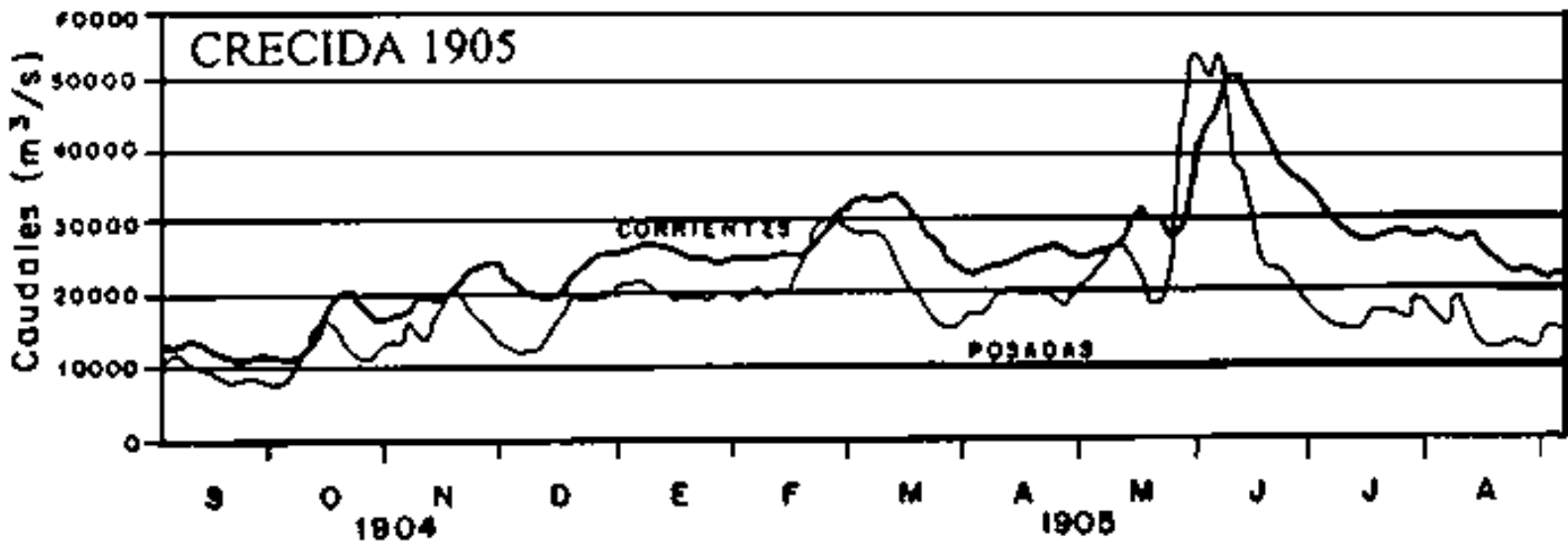


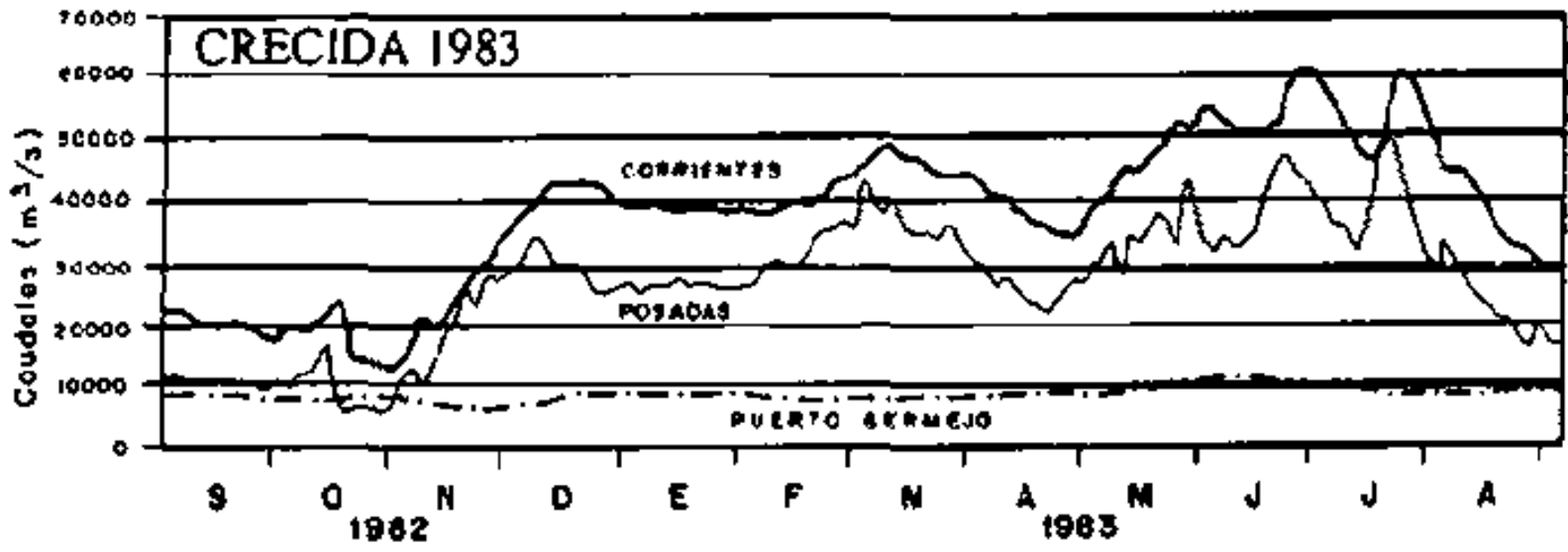


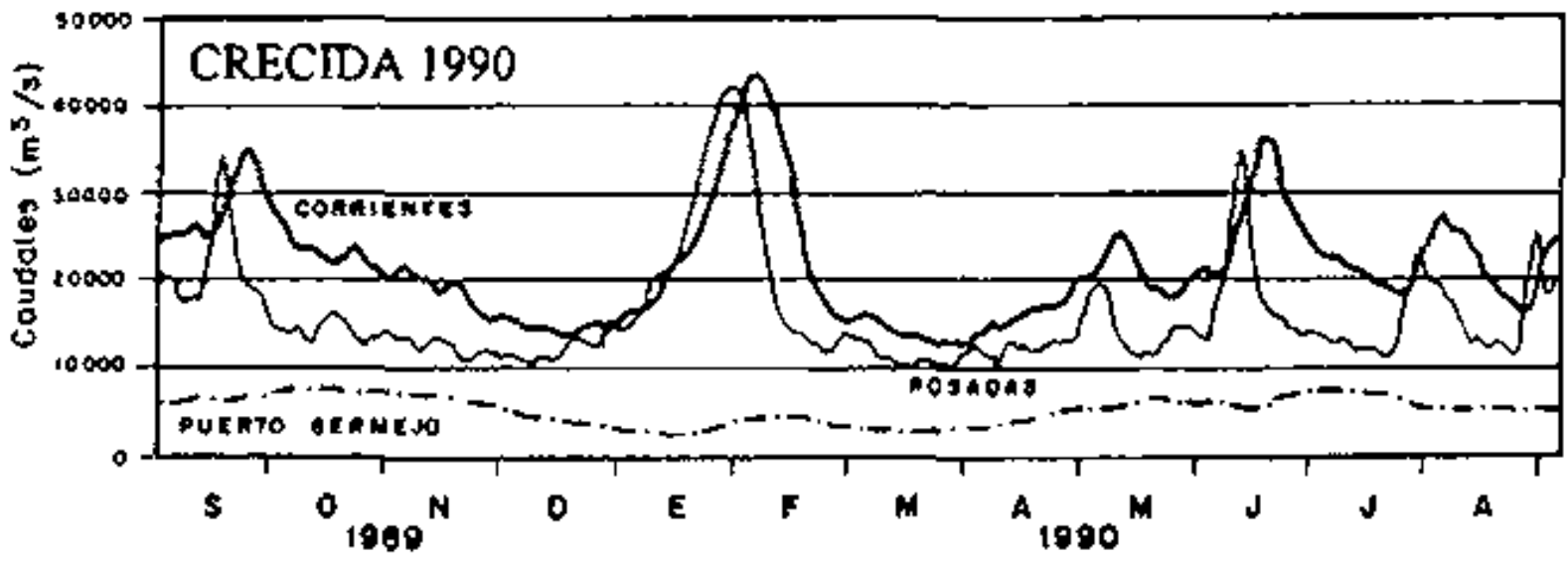


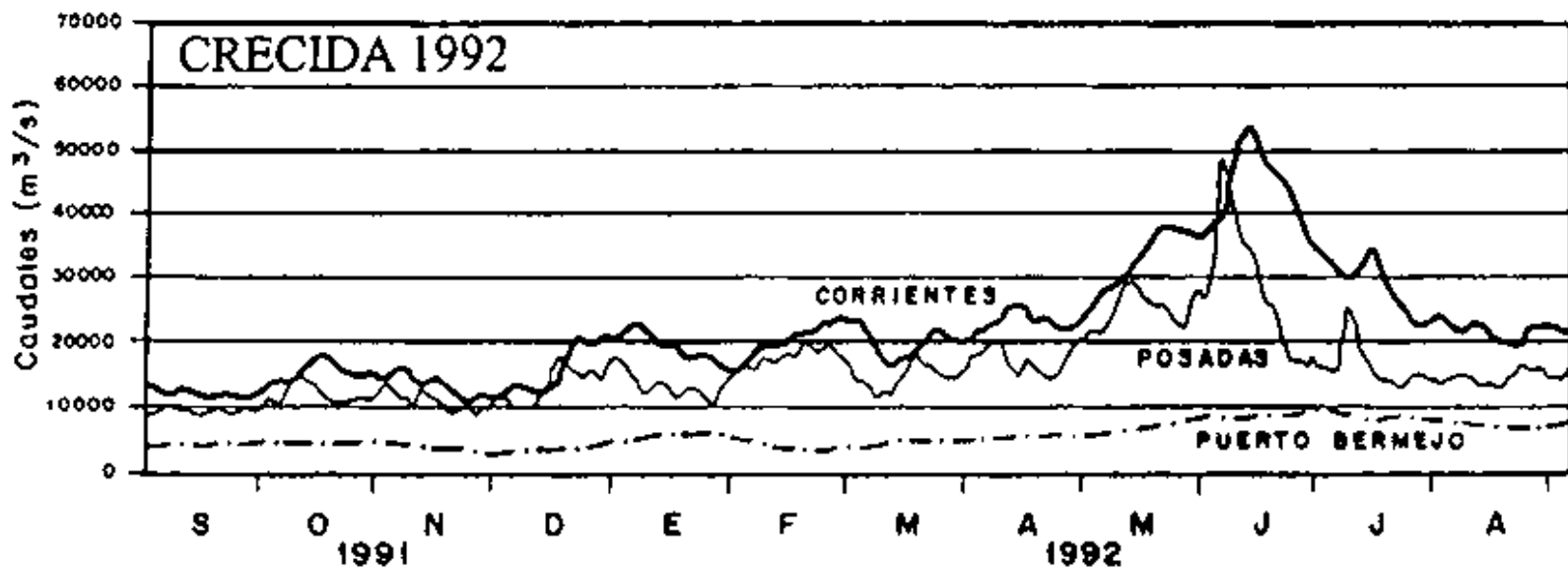


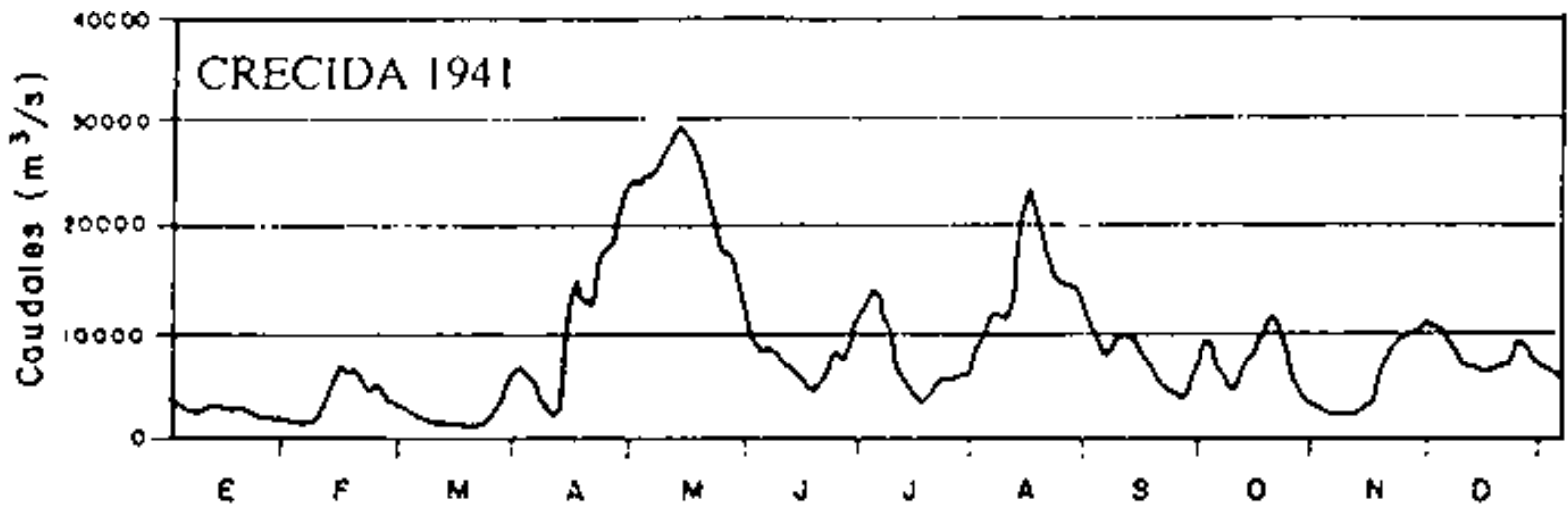


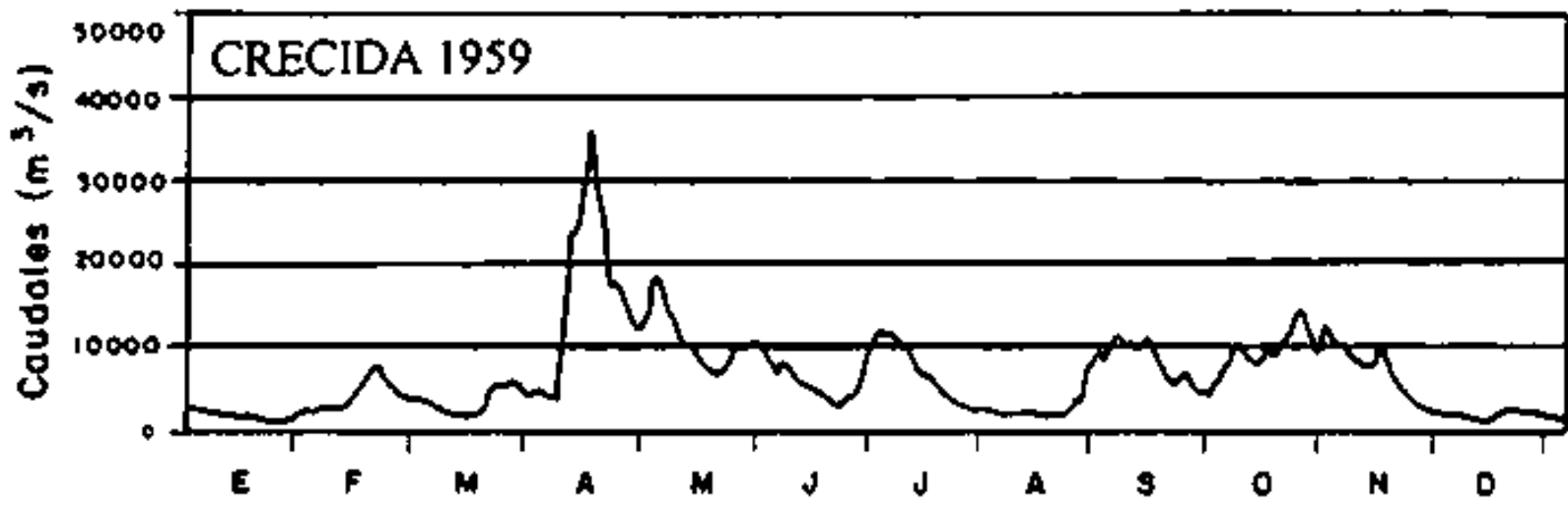


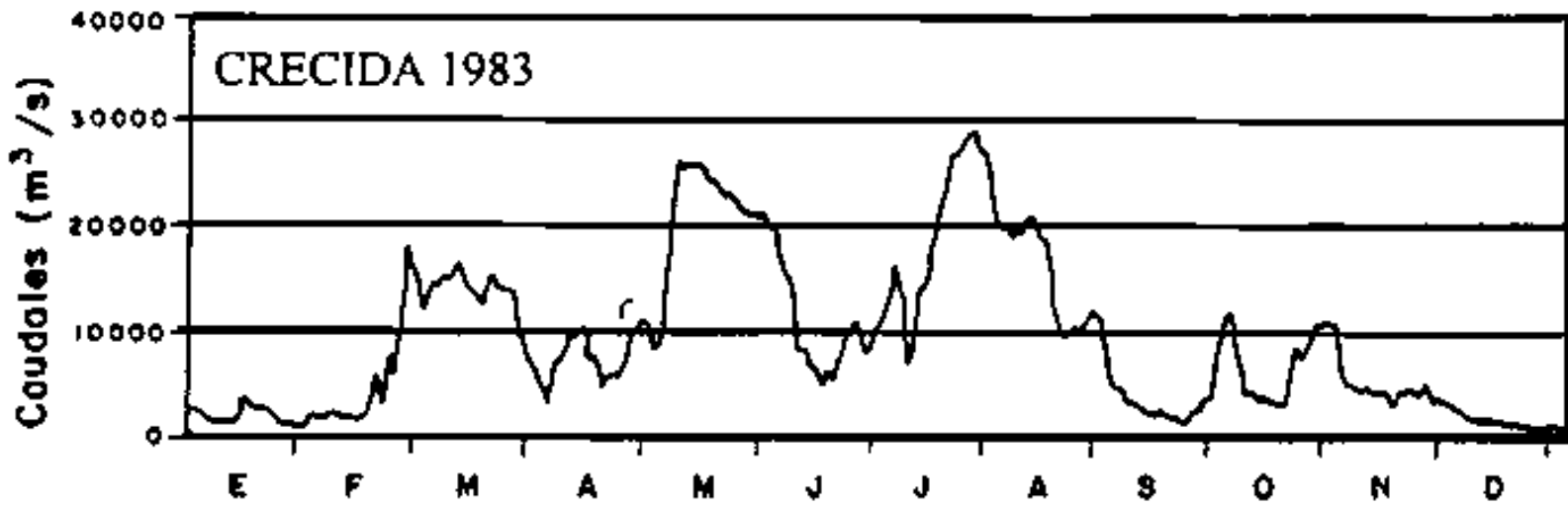


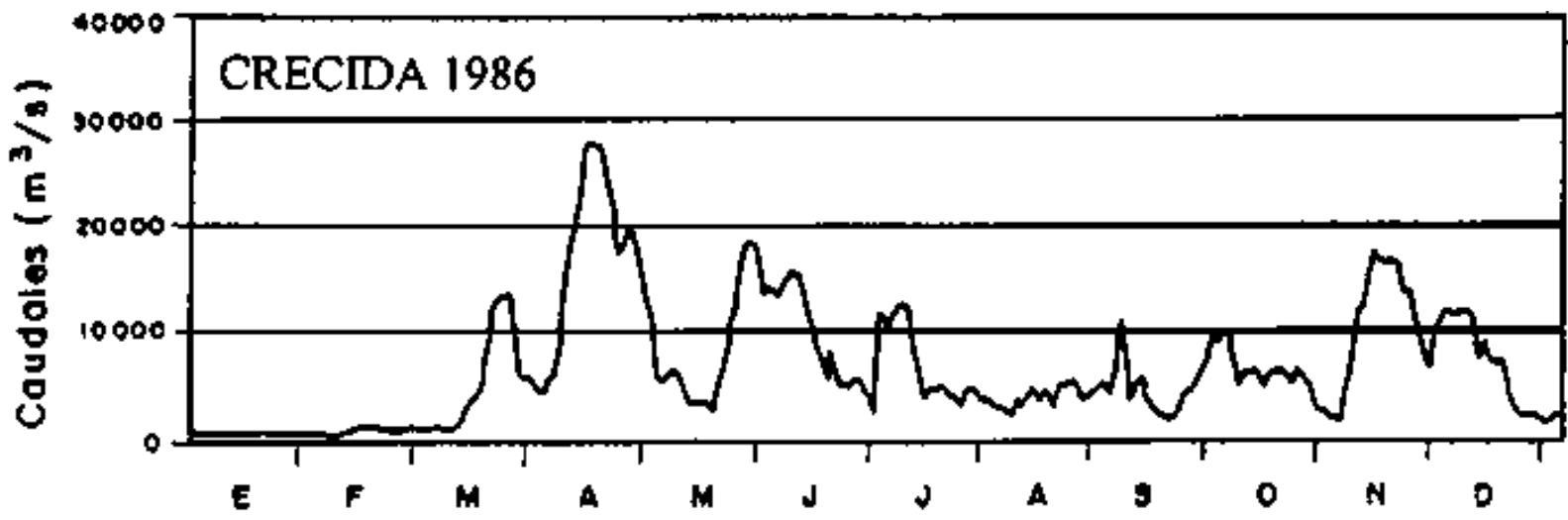


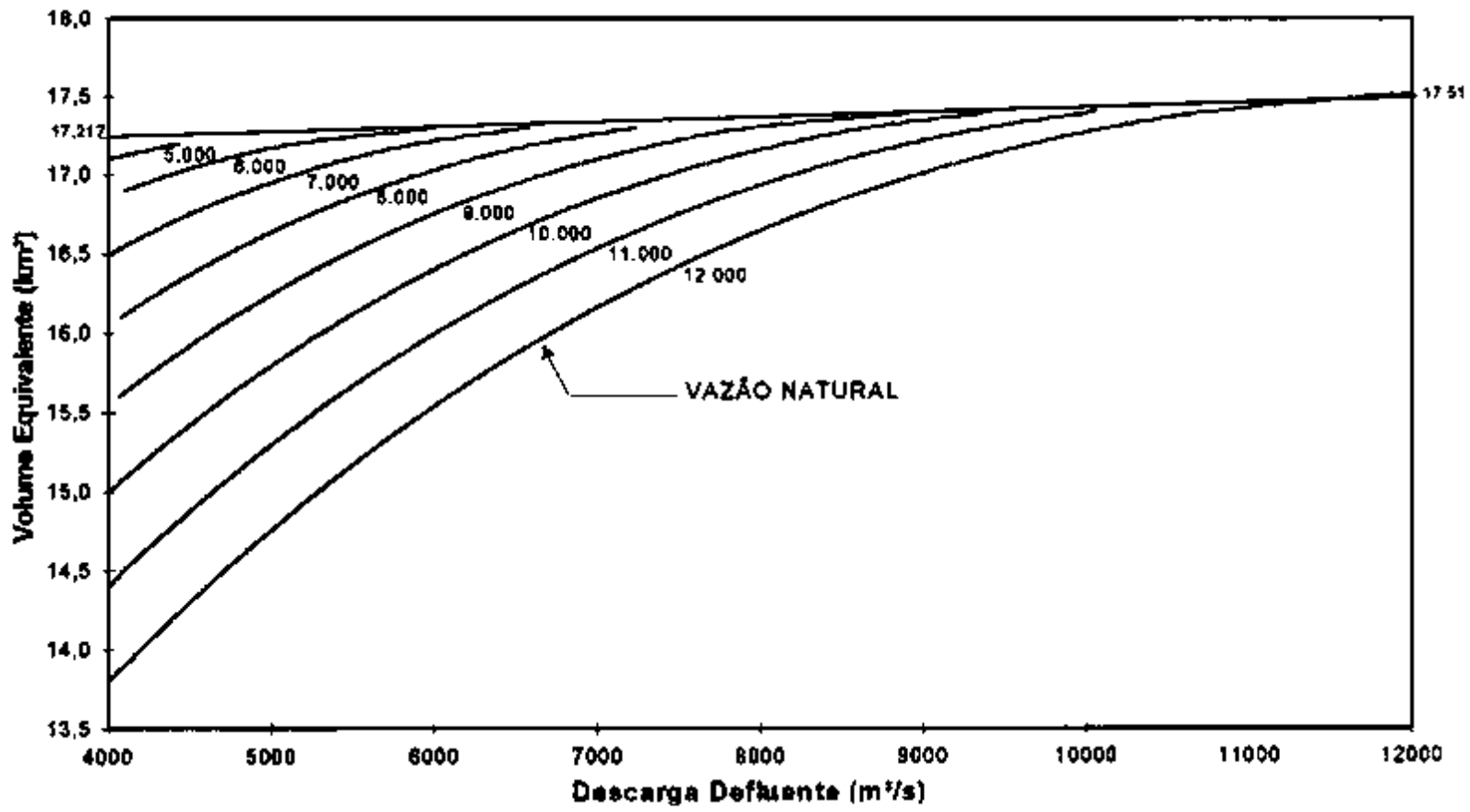


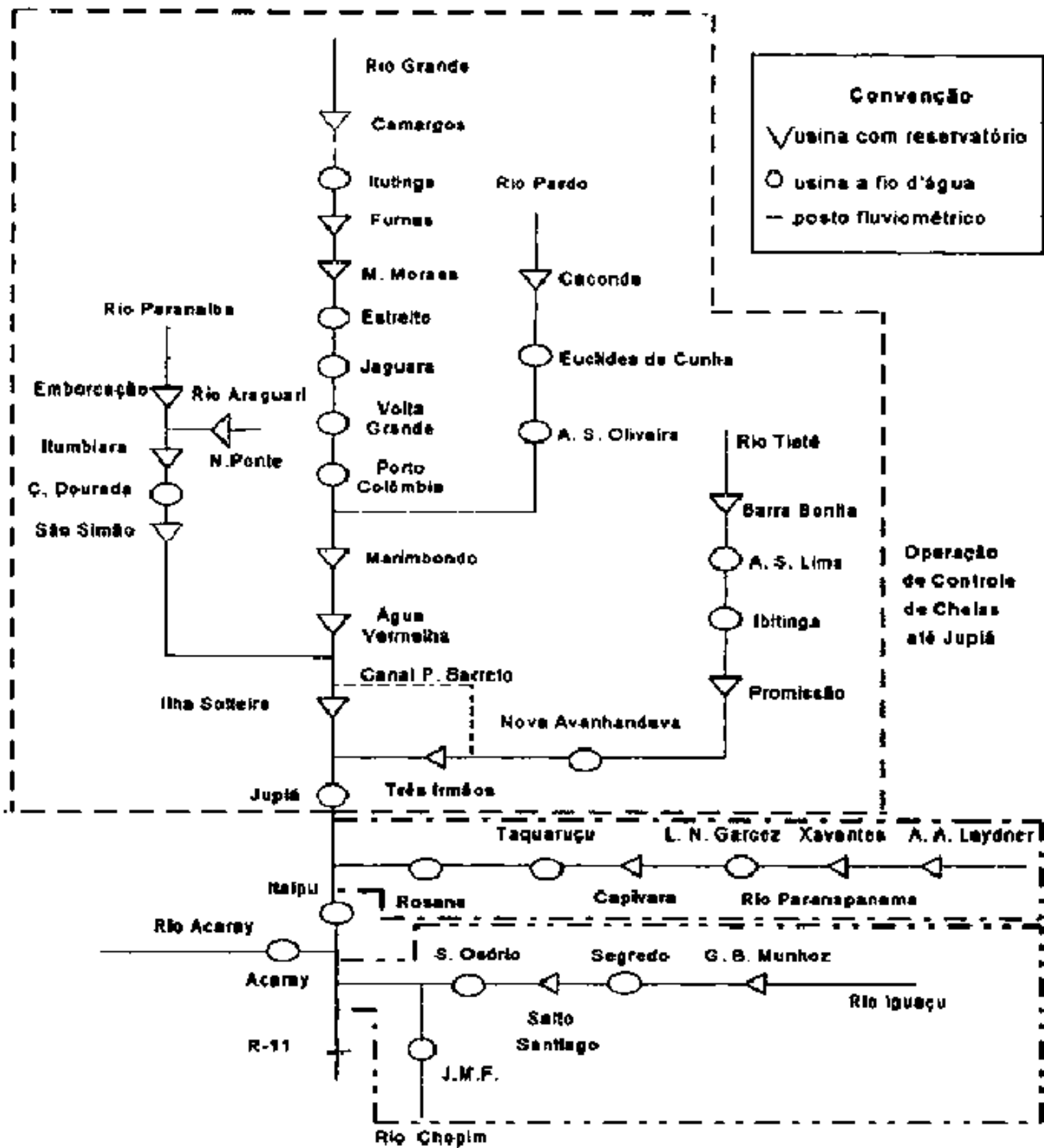


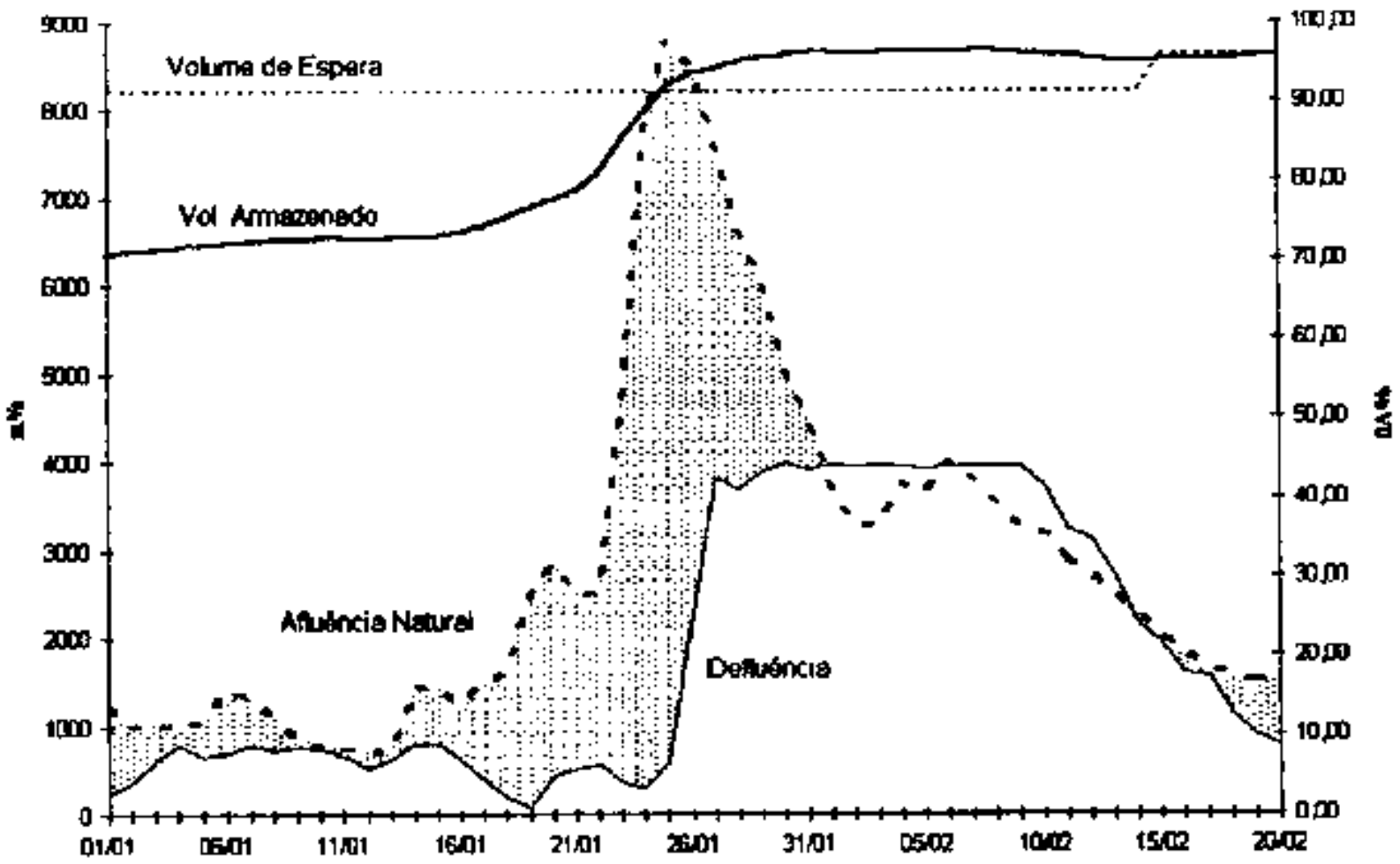


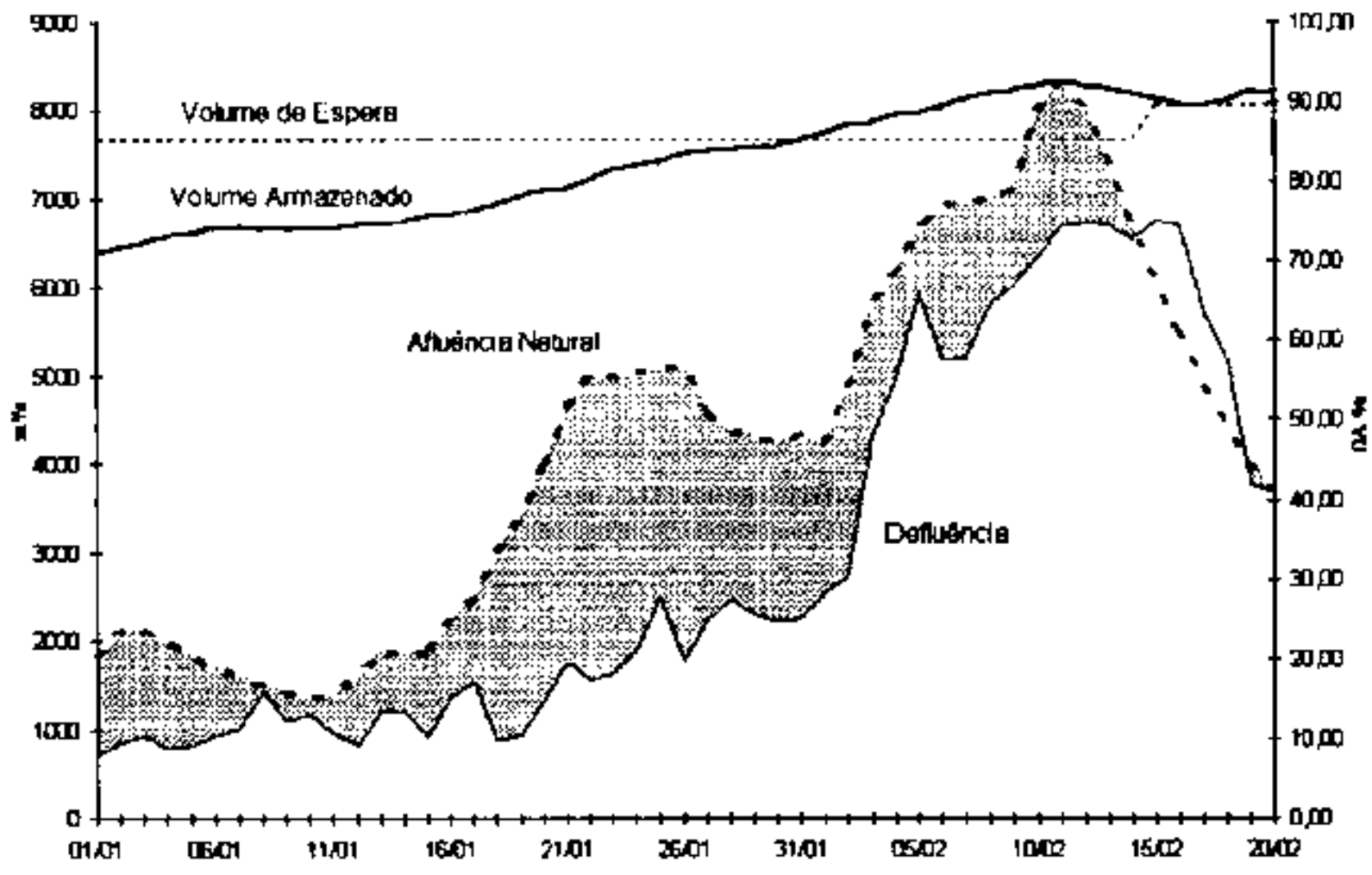


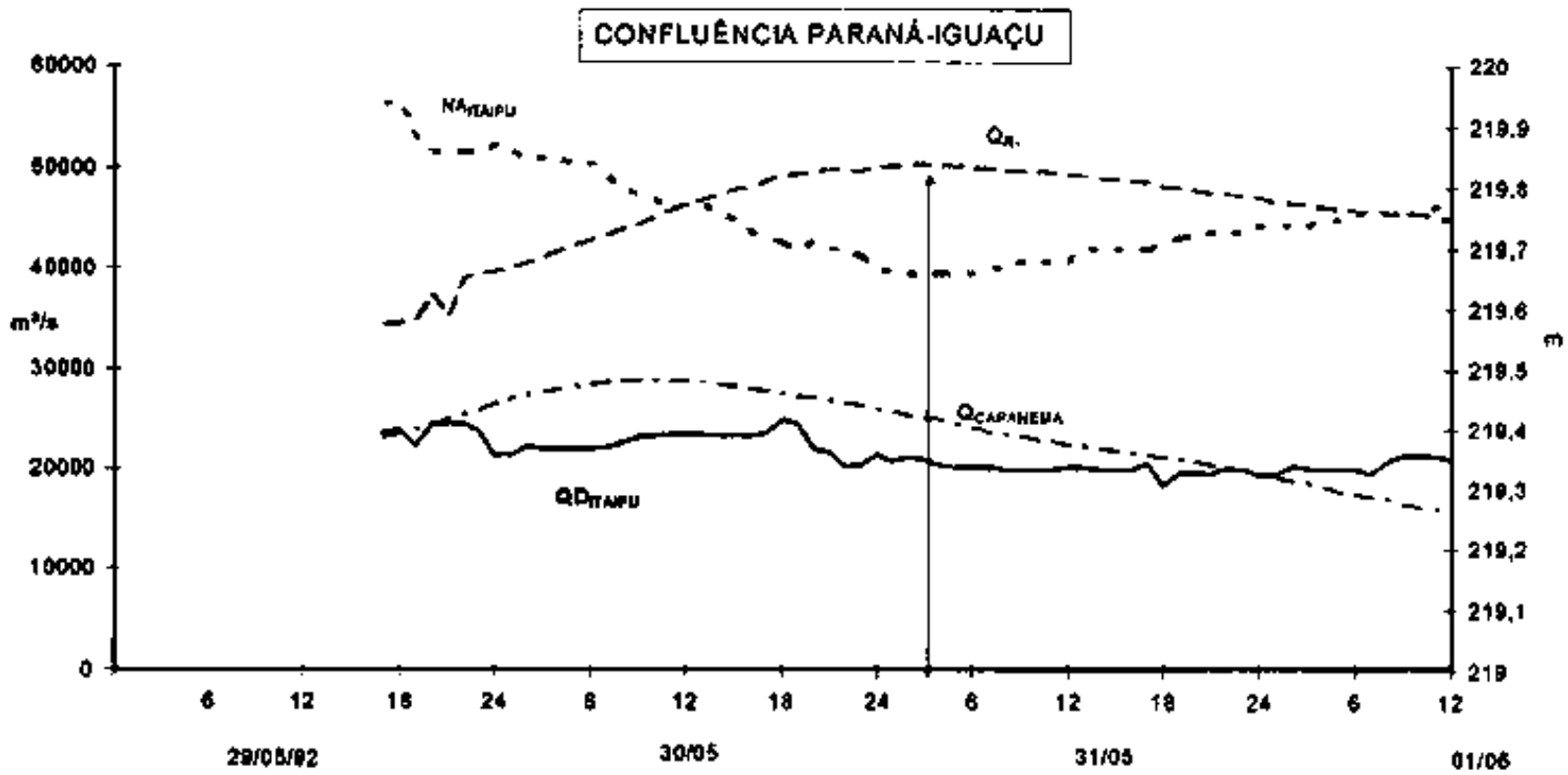


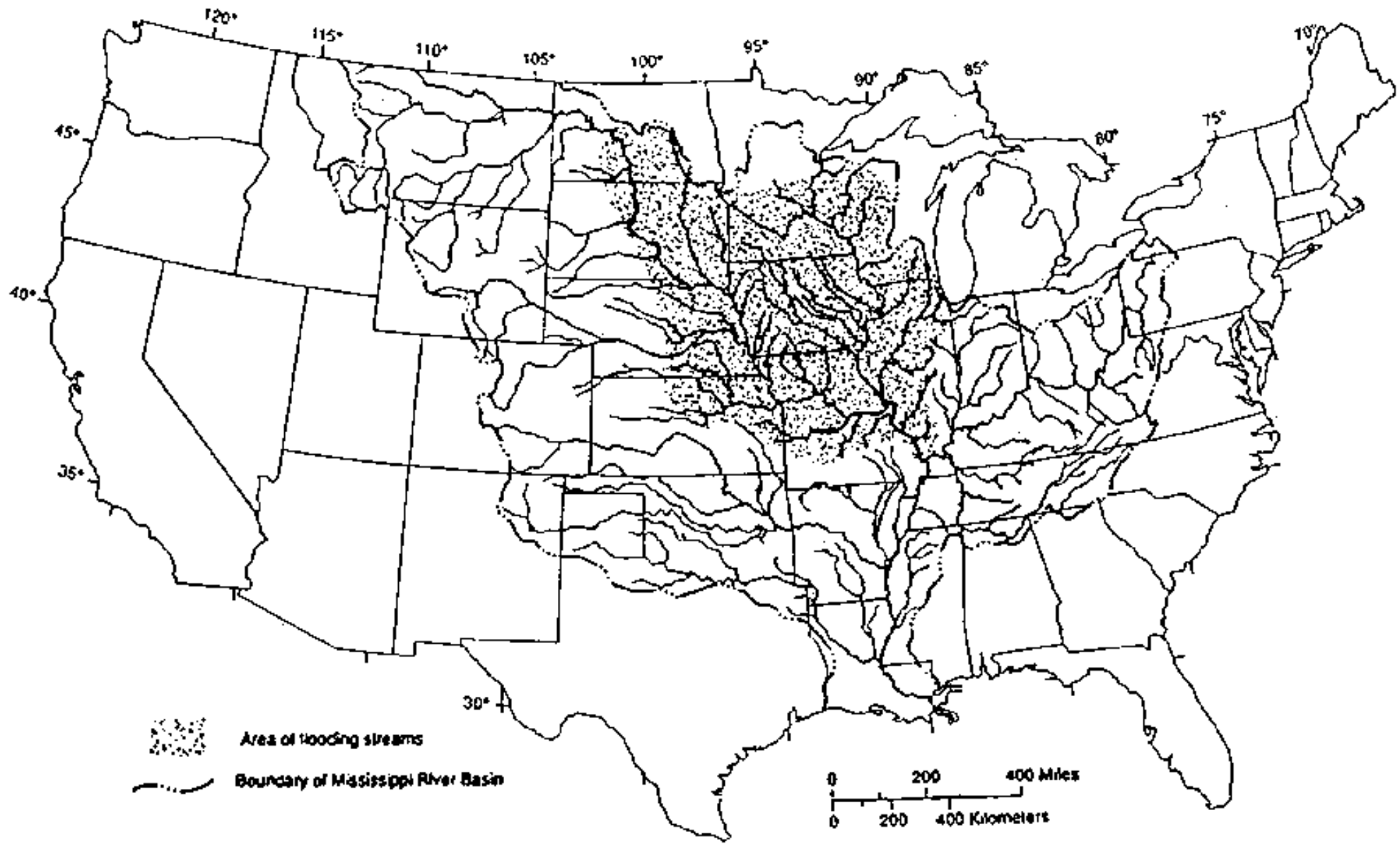


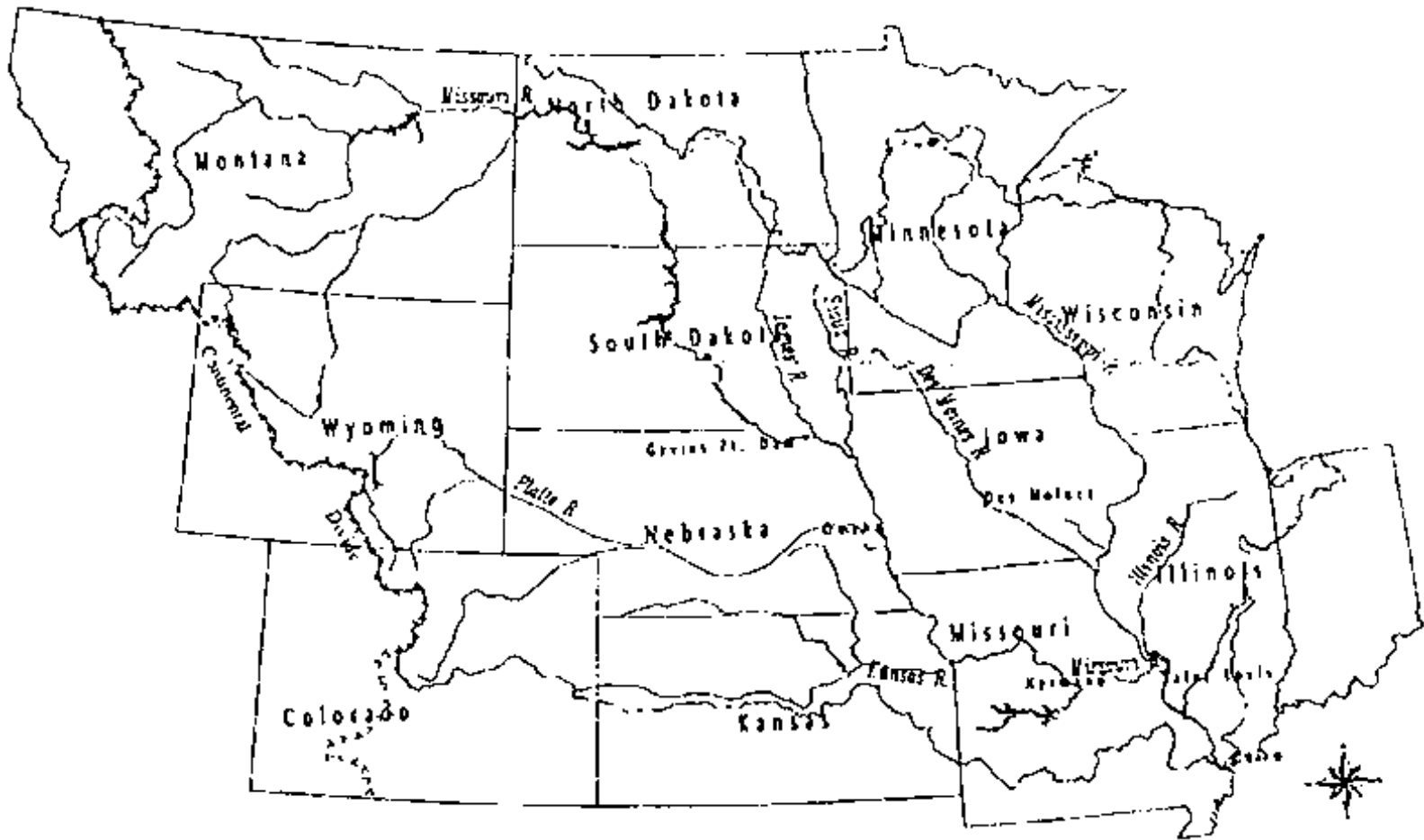


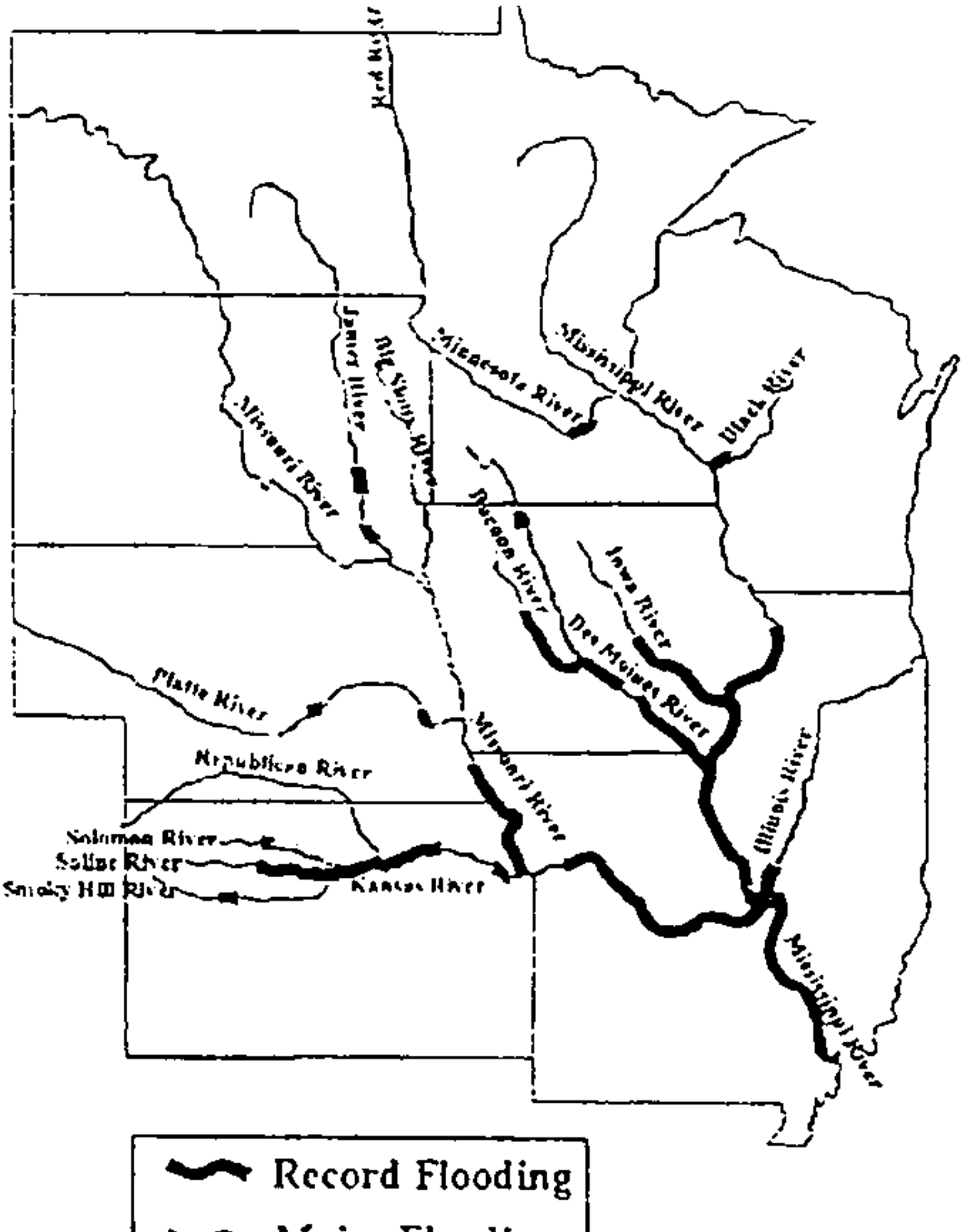




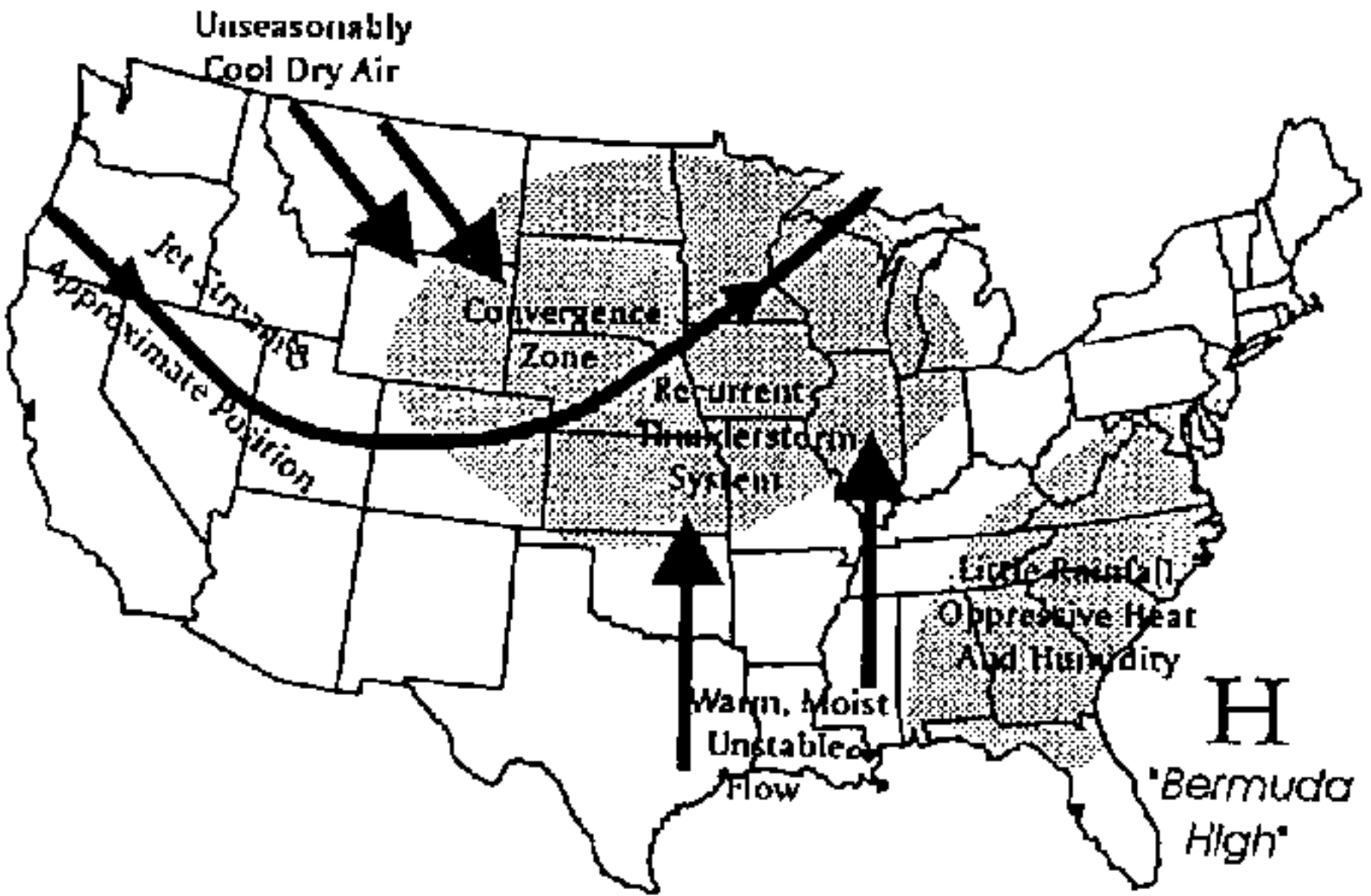


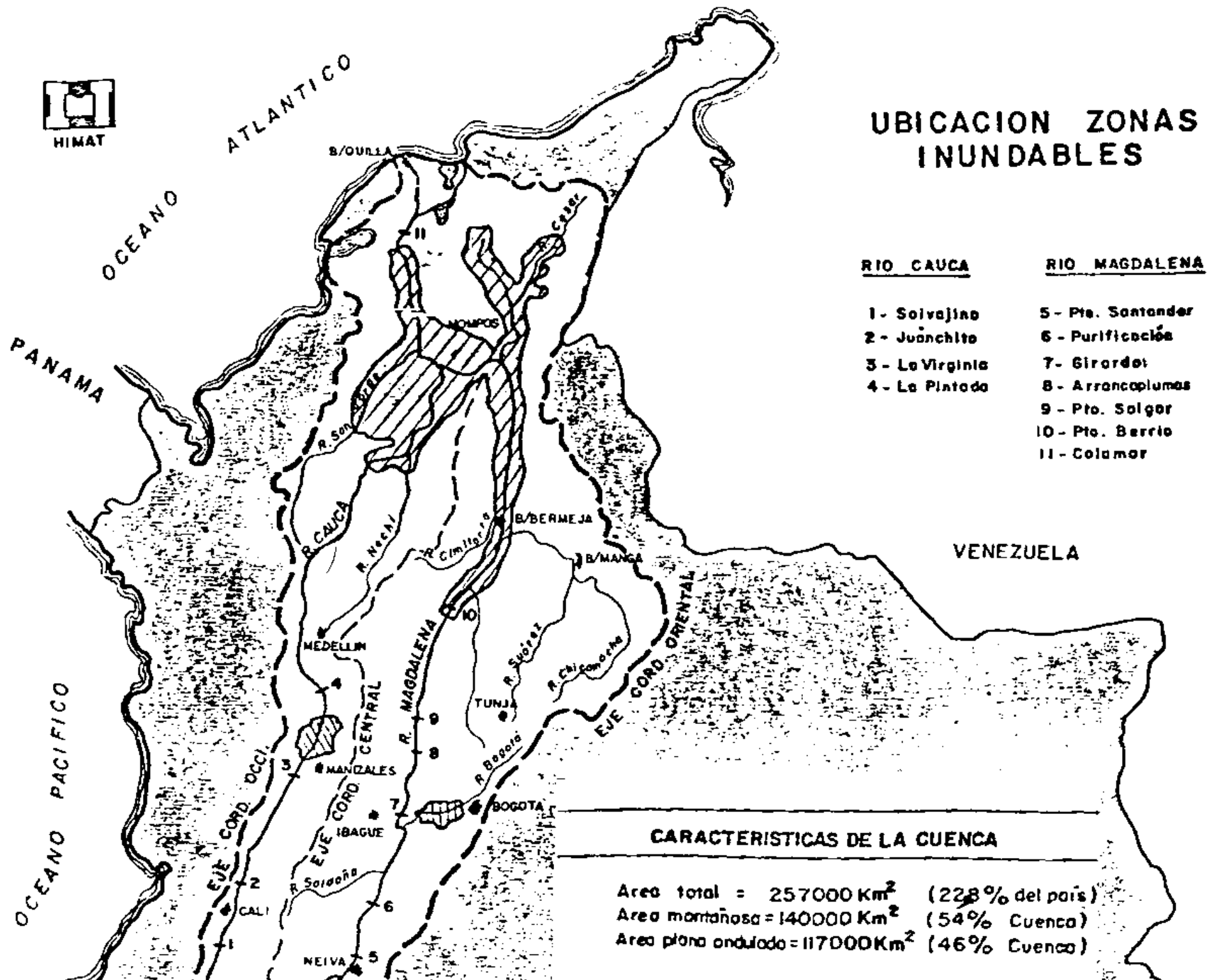


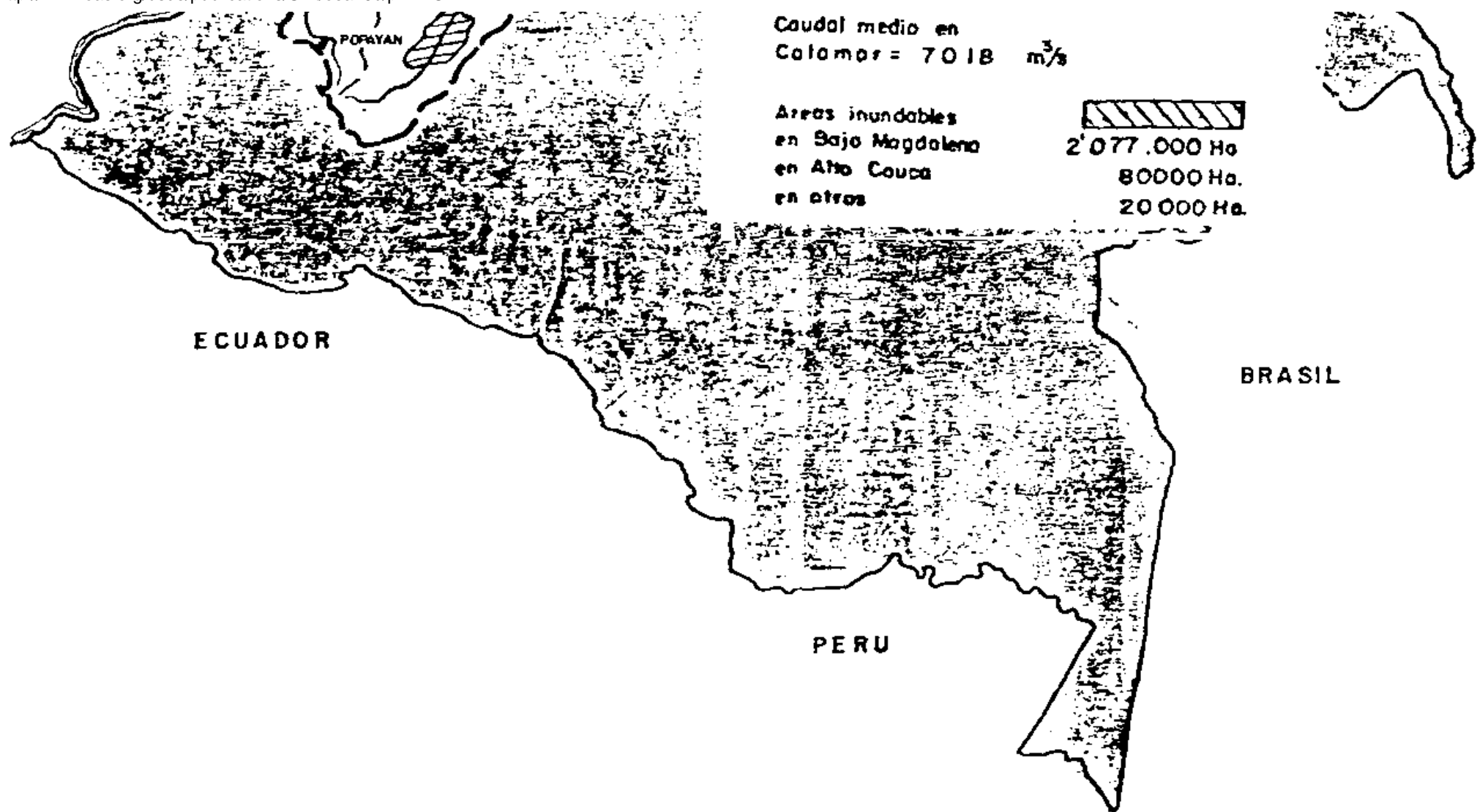




| ~~~~~ Major Flooding |



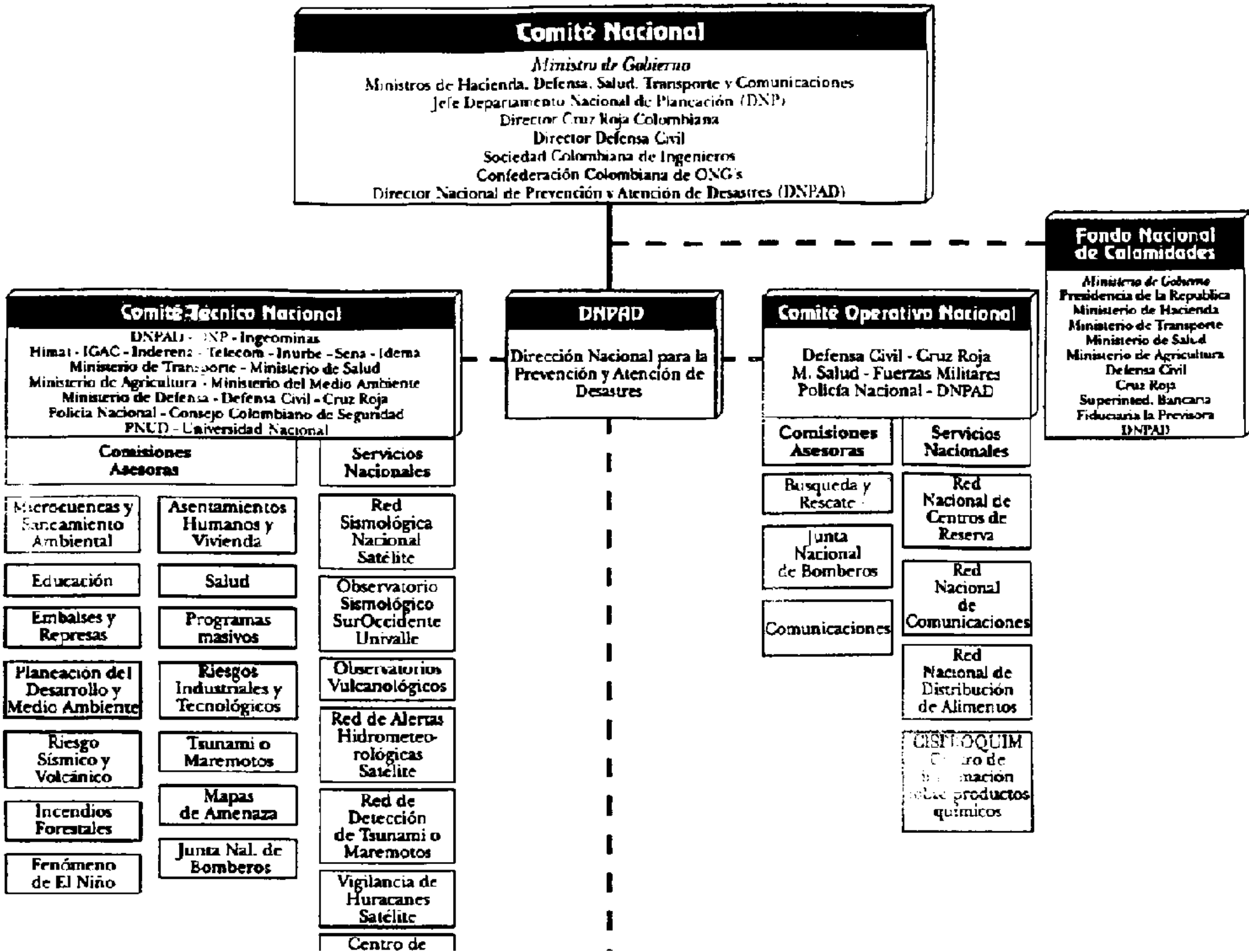




ECUADOR

PERU

BRASIL



Información
Siniestralidad

