Impacto de Proyectos Hidroeléctricos sobre Economías Regionales

Valoración en base a Beneficios

Dr. Ing. Alberto Del Rosso • Ing. Andrés Ghia

Cámara Argentina
de la Construcción

CAMARA ARGENTINA DE LA CONSTRUCCIÓN

IMPACTO DE PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS SOBRE ECONOMÍAS REGIONALES - VALORACIÓN EN BASE A BENEFICIOS

Dr. Ing. Alberto Del Rosso – Ing. Andrés Ghia

Noviembre, 2007

IMPACTO DE PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS SOBRE ECONOMÍAS REGIONALES - VALORACIÓN EN BASE A BENEFICIOS

Informe Técnico de Investigación

ÍNDICE GENERAL

1. Introducción y Objetivos del Trabajo 5

2. Actividades a escala Mundial 7
2.1. Creación de la Comisión Mundial de Represas - CMR 7
2.2. Sintesis Historica 7
2.3. Beneficios derivados de las inversiones 10
2.4. Base de Conocimientos de la CMR 11
2.5. Resultados Técnicos, Financieros y Económicos 12
2.6. Ecosistemas y Grandes Represas 13
2.7. Población y Grandes Represas 14
2.8. Opciones para el Desarrollo de los Recursos de Agua y Energía 14
2.9. Toma de Decisiones, Planificación y Cumplimiento de las Normas Establecidas 15
2.10. Conclusiones 16

3. El concepto de valor en una obra hidroeléctrica 17

4. Marco para la Evaluación integral de un proyecto hidroeléctrico 18
4.1. Categorías de Valores 18
4.2. Atributos de valoración 18
4.2.1. Generación de electricidad: Energía 19
4.2.2. Generación de electricidad: Capacidad 19
4.2.3. Almacenamiento de Energía 19
4.2.4. Servicios Complementarios 19
4.2.5. Generación Libre de Carbono 21
4.2.6. Potencial Futuro 21
4.2.7. Eco-culturales: Cantidad y Calidad de Agua 22
4.2.8. Factores Eco-culturales: Recursos Terrestres 22
4.2.9. Factores Eco-culturales: Sustentabilidad 22
4.2.10. Influencias Socioeconómicas: Control de Crecidas 22
4.2.11. Influencias Socioeconómicas: Irrigaciones 23
4.2.12. Influencias Socioeconómicas: Suministro de agua 23
4.2.13. Influencias Socioeconómicas: Navegación 23
4.2.14. Influencias Socioeconómicas: Valor de la Propiedad 23
4.2.15. Influencias Socioeconómicas: Empleo 23
4.2.16. Influencias Socioeconómicas: Energía de Bajo Costo 24
4.2.17. Influencias Socioeconómicas: Recreación y Turismo 24
4.3. Evaluación de los Atributos 25

5. Aplicación de Metodologías de Valoración a Obras en Argentina 26
5.1. Objetivo 26
5.2. Descripción de los Emprendimientos donde se Aplica el Marco de Evaluacion 26
5.2.1. Alto Valle de Río Negro y Neuquén 28
5.2.2. Centrales Hidroeléctricas de la Región 42
5.2.3. El Valle Bajo Riego 49
5.3. Aplicación del Marco de Evaluación 49
5.4. Categoría I: Producción de Energía 50
5.5. Categoria II: Influencias Socioeconómicas 51

5.5.1. Atributo: Irrigación ... 51
5.5.2. Atributo: Valor de la Propiedad ... 51
5.5.3. Atributo: Creación de empleo ... 52
5.5.4. Atributo: Control de crecidas ... 53

6. Resumen y Conclusiones ... 56

7. Referencias ... 58

8. ANEXO 1: Agua, Desarrollo y Grandes Represas ... 59
8.1. Necesidad de agua a escala mundial ... 59
8.2. Crecimiento económico y desarrollo ... 59
8.3. Distribución del ingreso y estilos de vida ... 60
8.4. Competencia por la utilización de agua ... 60
8.5. Disponibilidad y calidad del agua ... 62
8.6. El desarrollo y las grandes represas ... 63
8.7. Las represas en el siglo XX ... 64
8.8. Enfoque regional actual en construcción de grandes represas ... 65
8.9. Cese de operaciones de grandes represas ... 66
8.10. Las grandes represas como instrumentos de desarrollo ... 66
8.11. Agua de irrigación que suministran las grandes represas ... 68
8.12. El agua para uso industrial y en centros urbanos ... 69
8.13. Generación eléctrica para la red nacional ... 70
8.14. Protección contra inundaciones ... 70
8.15. Problemas asociados con las grandes represas ... 71
8.16. Impactos eco-sistémicos fluviales ... 72
8.17. Consecuencias sociales de las grandes represas ... 72
8.18. Entender el debate sobre las grandes represas ... 73

9. ANEXO 2: Desempeño Técnico, Financiero y Económico ... 74
9.1. Proyectos de Infraestructura ... 74
9.2. Estructura y metodología ... 74
9.3. Costos y calendarios de construcción ... 75
9.4. Costos de capital de proyectos de grandes represas ... 75
9.5. Calendarios de implementación del proyecto ... 77
9.6. Represas de Irrigación ... 79
9.6.1. Área irrigada e intensidad en cosechas ... 79
9.6.2. Pautas de rendimiento, cosechas, producción agrícola y valor bruto de la producción ... 81
9.6.3. Rentabilidad financiera y económica ... 82
9.6.4. Recuperación de costos ... 84
9.6.5. Recuperación de costos de operación y mantenimiento ... 84
9.6.6. Recuperación de costos de capital ... 85
9.7. Represas Hidroeléctricas ... 85
9.7.1. Provisión de servicios y beneficios ... 85
9.7.2. Eficiencia técnica y servicios auxiliares ... 89
9.7.3. Rentabilidad financiera y económica ... 89
9.8. Represas para Suministro de Agua ... 91
9.8.1. Suministro de agua en grandes cantidades ... 91
9.8.2. Rentabilidad financiera y económica ... 93
9.9. Represas para Control de Inundaciones ... 93
9.9.1. Beneficios del control de inundaciones ... 93
9.9.2. Limitaciones de las operaciones de control de inundaciones ... 95
9.9.3. De control de inundaciones a gestión integrada de inundaciones ... 96
9.10. Represas con Fines Múltiples ... 97
9.11. Aspectos de sustentabilidad física ... 98
9.12. Seguridad de las Represas ... 99
9.13. Sedimentación ... 100
9.14. Saturación y Salinidad ... 102
9.15. Hallazgos y Lecciones ... 104

10. ANEXO 3: Represas en la Republica Argentina ... 106
10.1. Cantidad de Represas en la Republica Argentina ... 106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Río Negro (Fuente: Referencia [14]) 27
Figura 2: Ubicación de las represas sobre el río Limay (Fuente: Referencia [14])..... 27
Figura 3: Zona del Alto Valle 29
Figura 4: Configuración de los Canales y ubicación de las Usinas Hidroeléctricas Provinciales..... 39
Figura 5: Mapa de la región del Comahue 43
Figura 6: Vista área de la Represa Alicurá..... 44
Figura 7: Represa Piedra del Águila. 45
Figura 8: Represa Pichi Picún Leufú..... 45
Figura 9: Represa El Chocón (Fuente: Referencia [14])..... 47
Figura 10: Complejo Cerros Colorados..... 48

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Número de represas por país 9
Gráfico 2: Producto Bruto Geográfico de Río Negro..... 32
Gráfico 3: Producto Bruto Geográfico de Río Negro. Participación Relativa de los Sectores..... 33
Gráfico 4: Producto Bruto Geográfico de Neuquén. 34
Gráfico 5 Producto Bruto Geográfico de Neuquén. Participación Relativa de los Sectores..... 34
Gráfico 6: Extracción de Petróleo y Gas Natural. Río Negro..... 36
Gráfico 7: Energía Generada por las Centrales: Piedra del Águila, Chocón, Alicurá y Arroyito..... 37
Gráfico 8: Energía Eléctrica Facturada. Provincia de Río Negro..... 42
Gráfico 9: Cantidad de Represas ordenadas en forma cronológica. 108
Gráfico 10: Cantidad de Represas Habilitadas por Década. 109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de los Atributos 19
Tabla 2: Principales características de las Represas Hidroeléctricas. 49
Tabla 3: Resumen de la Valoración de Atributos para las Obras consideradas..... 50
Tabla 4: Ingresos por Energía Media Vendida..... 51
Tabla 5: Represas más importantes de Argentina, ordenadas cronológicamente. 108

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Indicadores Macroeconómicos y Poblacionales. 31
Cuadro 2: Cantidad de Superficie empadronada y Cantidad de Usuarios del riego, en el Alto Valle. 40
Cuadro 3: Superficie bajo Riego por localidad. Alto Valle, Valle Medio y Valle Inferior. 41

IMPACTO DE PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS SOBRE ECONOMÍAS REGIONALES-VALORACIÓN EN BASE A BENEFICIOS

Informe Técnico de Investigación

1. Introducción y Objetivos del Trabajo

Los emprendimientos hidroeléctricos, sobre todo los de gran tamaño, han originado en los últimos años opiniones contrapuestas respecto al balance entre los beneficios y perjuicios que los mismos traen aparejados.

El desarrollo regional, la creación de empleo y la promoción de una base industrial con potencial exportador, son comúnmente mencionados como justificativos adicionales de la construcción de grandes represas. Otros objetivos incluyen generar ingresos de exportación, mediante la exportación directa de electricidad, o de productos agrícolas o de productos procesados por industrias intensivas en electricidad, como la refinación de aluminio. Claramente las represas pueden jugar un papel importante en la satisfacción de necesidades humanas.

Pero en los últimos 50 años también se han destacado los problemas de las grandes represas y sus impactos sociales y ambientales. Las grandes represas han fragmentado y transformado los ríos del mundo, mientras se estima que en el mundo entre 40 y 80 millones de personas han sido desplazadas por su construcción. En muchos países, a medida que las bases para la toma de decisiones se han vuelto más abiertas, inclusivas y transparentes, la decisión de construir una gran represa se ha tornado crecientemente controversial.

Las enormes inversiones y los impactos que pueden generar las grandes represas han creado conflictos relacionados con la ubicación y la oportunidad de su ejecución. El impacto de las grandes represas, tanto las existentes como las propuestas, es hoy uno de los asuntos más discutidos en materia de desarrollo sustentable**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Los proponentes de este tipo de obras destacan entre sus beneficios:

- Irrigación y control del recurso hídrico.
- Generación de electricidad.
- Control de inundaciones y suministro de agua.
- Desarrollo de economías regionales o zonales.
- Expansión de infraestructuras físicas y sociales como carreteras y escuelas.
- Desarrollo del turismo.
- Recreación y deportes.

Sus opositores en cambio señalan los impactos adversos de las represas:

- La carga del endeudamiento.
- Frecuencia de sobrecostos durante la construcción, originados en dificultades técnicas imprevisibles.
- El desplazamiento y empobrecimiento de personas.
- La destrucción de importantes ecosistemas y recursos pesqueros.
- La inequitativa distribución de costos y beneficios.
- Las grandes presas hidroeléctricas podrían ser no renovables debido a la sedimentación.
- Alternativas energéticas e hídricas más benignas que a menudo son ignoradas.

Claramente la decisión sobre la construcción de grandes emprendimientos hidroeléctricos, debe realizarse con una evaluación exhaustiva de todos los elementos positivos y negativos de este tipo, y la

consideración de una regla global de desarrollo, donde todos estos aspectos se articulen para dar una respuesta integrada a las demandas de prosperidad económica y social a la que debe tender una obra de infraestructura de considerable magnitud.

El informe de la Comisión Mundial de Represas "Dams and Development: A New Framework for Decision-Making" (Represas y Desarrollo: Un Nuevo Marco para la Toma de Decisiones) aborda todos estos aspectos en forma integral. Es el resultado de un estudio en el cual participaron cientos de expertos a nivel mundial en todos los aspectos relacionados con lo emprendimientos hidroeléctricos. El estudio es exhaustivo y proporciona la primera revisión comprehensiva, global e independiente sobre la eficacia y los impactos de las represas. Asimismo presenta un nuevo marco para el desarrollo de los recursos de agua y energía.

Se destaca en primera medida que el presente Informe Técnico de Investigación, no intenta abordar en forma integral la evaluación de la eficacia de las grandes represas para promover el desarrollo y las alternativas para el aprovechamiento de los recursos de agua y energía, ni la problemática sobre la toma de decisiones respecto de la construcción de grandes obras hidroeléctricas.

El objeto principal de este Informe es presentar un marco de referencia para la valoración de obras hidroeléctricas, teniendo en cuenta los diferentes aspectos sobre los cuales este tipo de obras tiene impacto directo. Estos son entre otros: la producción de electricidad, el control de aguas, el estímulo de economías regionales, incluyendo el turismo y el impacto cultural sobre las comunidades afectadas.

La valoración objetiva de la hidroelectricidad considerando todos los aspectos, es una tarea compleja y sujeta a discrepancias y disparidad de criterios.

Se han desarrollado y utilizado diferentes metodologías para la valorización de proyectos hidroeléctricos, pero en general la mayoría se focaliza solo en algunos de los atributos o beneficios de este tipo de obra, en algunos casos orientados de ex-profeso a resaltar los aspectos que benefician a un sector en particular.

El Electric Power Research Institute (EPRI) ha propuesto un marco de referencia para la valoración integral de emprendimientos hidroeléctricos, teniendo en cuenta todos los beneficios que tienen este tipo de obra. El objetivo es sintetizar un valor monetario que represente de alguna forma todo el impacto económico que puede tener este tipo de obra, tanto a nivel regional como nacional. Algunos de los beneficios son directamente mensurables en términos económicos, por ejemplo la producción de electricidad, Otros beneficios, como por ejemplo el control de crecidas, también representan un impacto económico directo, sin embargo su evaluación y valoración como atributo asignable a una obra hidroeléctrica en particular resulta más complejo. Asimismo, existen otros beneficios cuya valoración en términos económicos es más dificultosa y sujeta a apreciaciones subjetivas, por ejemplo la disponibilidad de agua de buena calidad para consumo residencial y comercial. Este marco de evaluación propuesto por el EPRI busca considerar todos los aspectos de una obra hidroeléctrica para obtener un valor monetario que represente los beneficios directos e indirectos de la misma.

Este informe se desarrolla de la siguiente forma: La Sección 1 es la presente introducción y descripción de los objetivos. En la Sección 2 se presenta un resumen del informe Comisión Mundial de Represas (CMR) sobre las actividades de la hidroelectricidad a nivel mundial. El objetivo de tal resumen es introducir los análisis y conclusiones más importantes destacados en el estudio de la CMR, y sirven de base para establecer el contexto general sobre el que debe considerarse la valoración de una obra hidroeléctrica. La Sección 3 introduce una discusión sobre el concepto de "valor" de una obra hidroeléctrica. El concepto adoptado es el que se utiliza en la definición del marco de evaluación propuesto. La Sección 4 describe en marco de evaluación propuesto por EPRI. Se introducen los conceptos de categorías de valores y atributos de las categorías, y una descripción de las metodologías disponibles para evaluar cada uno de estos atributos. En la Sección 5 se presenta una aplicación de este marco de valoración a emprendimientos hidroeléctricos en Argentina. Se ha elegido en particular las centrales de la región Comahue, dado que las mismas tienen un impacto directo sobre el desarrollo de una de las zonas productivas más importantes del país, el Alto Valle de Río Negro. Se incluye una descripción de cada uno de los atributos considerados en la evaluación, así como el criterio seguido para su valoración. En la Sección 6 se elaboran las principales conclusiones del trabajo. Finalmente se incluyen los Anexos 1 y 2 los cuales son un resumen con los puntos más significativos del reporte de la Comisión Mundial de Represas. En el Anexo 3 se presenta un resumen de la cantidad de represas en Argentina que tiene registrado el ORSEP (Organismo Regulador de Seguridad de Presas), con un análisis cronológico de la puesta en marcha de las represas registradas.

2. ACTIVIDADES A ESCALA MUNDIAL

2.1. CREACIÓN DE LA COMISIÓN MUNDIAL DE REPRESAS - CMR

En abril de 1.997, con el auspicio del Banco Mundial y de la Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN), representantes de distintos intereses se reunieron en Gland, Suiza, para discutir cuestiones muy controvertidas relacionadas con las grandes represas, a la luz de un informe del Banco Mundial.

Una de las propuestas que se adoptó en la reunión fue que todas las partes trabajaran juntas para constituir la Comisión Mundial de Represas (CMR) cuyo mandato consistiría en:

- Revisar la eficacia de las grandes represas para promover el desarrollo y evaluar alternativas para el aprovechamiento del agua y la energía.
- Formular criterios aceptables internacionalmente, donde fueran modeladas guías y normas, para la planificación, diseño, evaluación, construcción, funcionamiento, inspección y desmantelamiento de represas.

La Comisión Mundial de Represas (CMR) comenzó su labor en mayo de 1998, sus miembros fueron seleccionados para representar una diversidad de regiones y perspectivas de diferentes intereses afectados por las represas.

La Comisión realizó la primera Revisión Global, comprensiva e independiente sobre la eficacia y los impactos de las grandes represas, y las opciones disponibles para el desarrollo del agua y la energía.

Las consultas públicas y el acceso a la información de la Comisión fueron elementos esenciales en el proceso.

El informe final de la Comisión Mundial de Represas, "Dams and Development: A New Framework for Decision-Making" (Represas y Desarrollo: Un Nuevo Marco para la Toma de Decisiones), fue publicado en noviembre del 2.000.

El informe de la CMR constituye un hito en la evaluación de las represas como una opción para el desarrollo. El debate sobre las represas es un planteo sobre el significado mismo, los propósitos y las vías para alcanzar el desarrollo. En su Revisión Global sobre la eficacia de las represas, la Comisión presenta una evaluación integral de cuándo, cómo y porqué los proyectos de represas tienen éxito o fracasan en alcanzar sus objetivos en materia de desarrollo.

El objetivo fue proveer argumentos para un cambio mayor en la evaluación de opciones, en la planificación, y en el ciclo de proyectos para el desarrollo de los recursos de agua y energía eléctrica.

2.2. SINTESIS HISTORICA

Desde hace miles de años se construyen represas para:

- Controlar las inundaciones.
- Aprovechar el agua como energía hidráulica.
- Suministrar agua para usos domésticos.
- Suministrar agua para usos industriales.
- Suministrar agua para usos de riego.

Hacia 1.950 los gobiernos, o en algunos países el sector privado, estaban construyendo un número creciente de represas, mientras aumentaba la población y la actividad económica. Por lo menos 45.000 represas han sido construidas para satisfacer demandas de agua o energía. Hoy en día casi la mitad de los ríos del mundo tiene al menos una gran represa.

A inicios de este nuevo siglo un tercio de los países del mundo depende de la energía hidráulica para satisfacer más de la mitad de sus suministros eléctricos, y las grandes represas generan el 19 % de la electricidad mundial total. La mitad de las grandes represas del mundo fueron construidas exclusiva o principalmente para la irrigación, y cerca del 30 a 40 % de los 271 millones de hectáreas que se irrigan en el mundo, dependen de represas. Las represas han sido promocionadas como un importante medio para satisfacer necesidades de agua y energía y también como inversiones estratégicas a largo plazo, capaces de producir múltiples beneficios adicionales.

Algunos de esos beneficios son típicos de cualquier gran proyecto de infraestructura pública, otros son propios de las represas o de algunos proyectos en particular. El desarrollo regional, la creación de empleo, y la promoción de una base industrial con potencial exportador, son comúnmente mencionados como justificativos adicionales de la construcción de grandes represas. Otros objetivos incluyen generar ingresos de exportación, mediante la exportación directa de electricidad, o de productos agrícolas o de productos procesados por industrias intensivas en electricidad, como la refinación de aluminio. Claramente las represas pueden jugar un papel importante en la satisfacción de necesidades humanas.

Pero en los últimos 50 años también se han destacado los problemas de las grandes represas y sus impactos sociales y ambientales. Las grandes represas han fragmentado y transformado los ríos del mundo, mientras se estima que entre 40 y 80 millones de personas han sido desplazadas por su construcción. En muchos países, a medida que las bases para la toma de decisiones se han vuelto más abiertas, inclusivas y transparentes, la decisión de construir una gran represa se ha tornado crecientemente controversial.

Las enormes inversiones y los impactos generalizados de las grandes represas han inflamado conflictos relacionados con la ubicación y la oportunidad de su construcción. Los impactos de las grandes represas, tanto las existentes como las propuestas, son hoy uno de los asuntos más discutidos en materia de desarrollo sustentable.

Sus proponentes destacan las demandas de desarrollo económico y social que las represas intentan satisfacer, como irrigación, electricidad, control de inundaciones y suministro de agua.

Sus opositores señalan los impactos adversos de las represas, como la carga del endeudamiento, los sobrecostos durante la construcción originados en dificultades técnicas imprevisibles, el desplazamiento y empobrecimiento de personas, la destrucción de importantes ecosistemas y recursos pesqueros, y la inequitativa distribución de costos y beneficios.

Las conclusiones globales de la Comisión sobre las grandes represas se basan en un acuerdo básico sobre la relación que existe entre el agua, las represas y el desarrollo.

Se considera una Gran Represa cuando poseen las siguientes características:

- Según la Comisión Internacional de Grandes Represas (ICOLD), una gran represa tiene una altura mínima de 15 metros (desde los cimientos).
- Represas de 10 a 15 m de altura con un embalse de más de 3 millones de m^3, también son clasificadas como grandes represas.
- Utilizando estas definiciones, existen más de 45.000 grandes represas en el mundo.

Uno de los mayores desafíos a los que se enfrenta el mundo en este nuevo siglo es el de repensar la forma en que se manejan los recursos de agua dulce. Una serie de iniciativas globales y de informes han documentado el dramático impacto de nuestra extracción de agua de los lagos, ríos y acuíferos subterráneos del mundo. La extracción anual de agua dulce es estimada hoy en día en 3.800 kilómetros cúbicos, el doble que hace 50 años.

La necesidad de proveer de agua a una población y economía en crecimiento, en una situación en la que los acuíferos subterráneos están sobre-explotados, la calidad del agua esta declinando y las limitaciones para la extracción de aguas superficiales aumentan, ha llevado el tema del manejo sustentable de los recursos de agua a encabezar la agenda de desarrollo global. Esta presión sobre los recursos de agua conlleva muchos peligros, pero también impulsa a buscar nuevas oportunidades y cambios de política.

En las últimas décadas la sociedad ha pasado de ver al agua como un bien libre, a verla como un recurso natural limitado, y más recientemente como un bien económico y un derecho humano. Así, el agua es reconocida como un recurso natural escaso, cuya asignación genera cuestiones de equidad.

En cuanto al tema de cuánta agua necesita una persona, o un habitante de una ciudad, es un tema bastante variable. El consumo per-capita de agua varía mucho de una región a otra en el mundo. Aunque lo que constituye un nivel adecuado de consumo de agua doméstica depende del clima y la cultura, diversas organismos internacionales y expertos han propuesto que se necesitan 50 litros de agua por persona al día para satisfacer las necesidades humanas básicas de consumo, limpieza, higiene y cocina. En 1.990, más de 1.000 millones de personas disponían de una cantidad inferior. Al mismo tiempo, los hogares de los países industrializados y los habitantes ricos de las ciudades de los países en desarrollo utilizan entre 4 a 14 veces más agua.

Represas y Desarrollo toma nota de las proyecciones realizadas por destacados analistas que prevén el aumento de la competencia entre demandas alternativas de agua, para satisfacer necesidades agrícolas, industriales y de consumo.

- Los tres mayores usuarios en términos globales:
    - ✓ Agricultura (67 %);
    - ✓ Industria (19 %); y
    - ✓ Usos municipales y residenciales (9 %).
- Un componente del consumo que puede ser de importancia en los países de clima seco es la evaporación de los embalses, que se estima llega ya al 5 % del total de las extracciones de agua.
- Una proyección preparada por "Alimentación y Desarrollo Rural" estima que la irrigación por si sola puede demandar de 15 % a 20 % más agua para el 2.025.
- Para el 2.025 habrá un total de 3.500 millones de personas viviendo en países con escasez de agua. Evidencias empíricas sugieren que en muchos países, una dotación de agua limitada, en conjunto con las actuales prácticas agrícolas y el crecimiento de población, pueden constituir una barrera para alcanzar la autosuficiencia alimentaria, aumentando la preocupación en relación con la seguridad alimentaria y de otros recursos ambientales.
- Dos mil millones de personas carecen de electricidad y la demanda de electricidad continua creciendo en los países en desarrollo.
- Las especies de agua dulce, particularmente los peces, están crecientemente amenazadas, ya se ha perdido un porcentaje significativo de los humedales del mundo, y está declinando rápidamente la capacidad de los ecosistemas acuáticos de producir muchos de los bienes y servicios de los que depende la sociedad, todo lo cual justifica una consideración especial a la necesidad del agua para la naturaleza.

Durante el siglo pasado, una gran parte del mundo recurrió a las represas para contribuir a satisfacer la creciente demanda de agua. De hecho, entre las décadas del 30 y 70 la construcción de grandes represas se convirtió, a los ojos de muchos, en sinónimo de desarrollo y progreso económico. Vistas como símbolo de modernización y de la habilidad humana para controlar y utilizar los recursos de la naturaleza, la construcción de represas aumentó espectacularmente. Esta tendencia alcanzó su apogeo en la década de los 70, cuando se iniciaba una media de 2 a 3 nuevas grandes represas por día en alguna parte del mundo.

Desde entonces ha sido igualmente espectacular el declive en la construcción de represas, especialmente en Norteamérica y Europa, donde los lugares más atractivos desde el punto de vista técnico ya han sido utilizados.

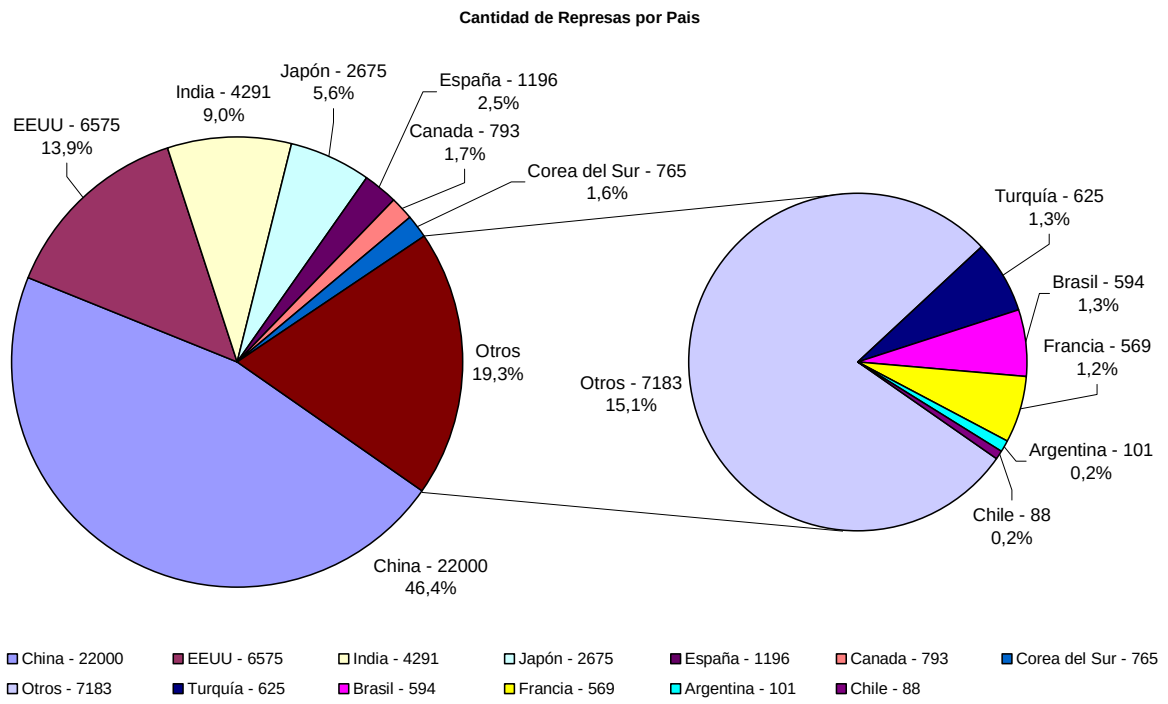
Aunque los beneficios inmediatos se solían considerar como suficientes para justificar las enormes inversiones que se hacían (la inversión total en grandes represas en el mundo se calcula en más de 2 billones de USD), también se solían mencionar con frecuencia beneficios secundarios y terciarios. Estos incluían aspectos de seguridad, empleo local y desarrollo de destrezas, electrificación rural y la expansión de la infraestructura física y social como carreteras y escuelas. Los beneficios se consideraban como evidentes en sí mismos, en tanto que los costos de construcción y operación tendían a ajustarse a consideraciones económicas y financieras que justificaban las represas como una opción altamente competitiva.

A medida que se fue acumulando experiencia y se fue disponiendo de mejor información sobre el desempeño y consecuencias de las represas, el costo total de las grandes represas fue viéndose como una preocupación pública.

La información acerca de los impactos de las represas en las personas, en las cuencas fluviales y en los ecosistemas, fue paulatinamente convirtiéndose en un debate global acerca de los costos y beneficios de las represas.

Los 5 países con más represas suman más de las tres cuartas partes de todas las grandes represas del mundo (véase el Gráfico 1), y aproximadamente dos tercios de ellas se encuentran en los países en desarrollo.

Gráfico 1: Número de represas por país



Fuente: Cálculo aproximado de la CMR, basado en ICOLD y otras fuentes.

La energía hidroeléctrica suministra cerca del 90 % de la electricidad de 24 países, como en Brasil y Noruega. La mitad de las grandes represas se construyen exclusivamente para riego, y se calcula que las represas contribuyen con un 12 a un 16 % de la producción mundial de alimentos. Además, en al menos 75 países se han construido grandes represas para controlar inundaciones. Para muchas naciones, las represas continúan siendo las mayores inversiones individuales.

Antes se consideraba que estos servicios de hidroelectricidad, irrigación, suministro de agua, y control de inundaciones, eran suficientes para justificar las importantes inversiones que se realizaban en las represas, y a menudo se citaban también otros beneficios, como el impacto de la prosperidad económica en una región, debido a las nuevas cosechas múltiples, la electrificación rural y la expansión de infraestructuras físicas y sociales como carreteras y escuelas. Los beneficios se consideraban evidentes, y cuando se los comparaba con los costos de construcción y operación (en términos económicos y financieros), parecían justificar que las represas eran la alternativa más competitiva.

En la actualidad se tienen en cuenta también otras actividades recreativas, deportivas y turísticas que se agregan a las actividades principales, de tal forma que la ecuación económica de las nuevas represas, incorporan todos los posibles beneficios de los emprendimientos, de manera de hacerlo más atractivo a los capitales y gobiernos, mejorando la performance de los proyectos.

2.3. BENEFICIOS DERIVADOS DE LAS INVERSIONES

Según el informe de la CMR, los beneficios derivados de las inversiones realizadas en represas han sido crecientemente cuestionados. El tema de los costos versus los beneficios obtenidos se convirtió en una preocupación pública, debido a la creciente experiencia y conocimiento de los resultados y las consecuencias de las represas. La oposición comenzó a crecer, motivada por la investigación y la información respecto a los impactos de las represas sobre la gente, las cuencas y los ecosistemas, así como por los datos sobre sus resultados económicos. En una primera fase, el debate y la polémica se centraron en represas específicas y sus impactos a escala local. Pero gradualmente estos conflictos locales se convirtieron en un debate más general que acabó siendo global.

Las cuestiones que se plantean en torno a las represas son las mismas que se plantean en torno al agua, al modo en que se toman decisiones relacionadas con el agua, y a como se evalúa la contribución que un proyecto hace al desarrollo. La polémica pública es poca cuando se trata de la elección entre una represa de terraplén o gravedad, o entre utilizar tierra, hormigón o rocas. Los problemas están todos relacionados con el impacto que tendrá la represa sobre el curso del río, con los derechos de acceso al agua y a los recursos del río, con la posibilidad de que la represa desarraigue los asentamientos existentes, afecte la cultura y los medios de subsistencia de las comunidades locales, y reduzca o

degrade los recursos ambientales, y también con la cuestión de si la represa representa la mejor inversión económica de fondos y recursos públicos.

El debate es en parte acerca de lo que ocurrió en el pasado y continúa ocurriendo hoy, y en parte acerca de lo que pueda suceder en el futuro si se construyen más represas. En algunos países, está impulsado fundamentalmente por preocupaciones sociales y ambientales específicas; en otros, por consideraciones más amplias en materia de desarrollo. En Estados Unidos, donde la tasa de desmantelamiento de viejas represas es mayor que la tasa de construcción de nuevas, el debate es quizá tan intenso como en la India, pero cualitativamente diferente, puesto que la India junto con China son los países donde más represas se construyen hoy en día.

Los dos polos principales del debate ilustran la gama de opiniones respecto a la experiencia del pasado en materia de grandes represas. Una perspectiva se centra en la diferencia entre los beneficios prometidos y los resultados alcanzados. La otra ve los desafíos del desarrollo de agua y energía desde una perspectiva de "construcción nacional" y de la asignación de recursos. Para sus defensores, la respuesta a cualquier pregunta relacionada con los resultados pasados es auto-evidente. Ellos sostienen que, en general, las represas han dado buenos resultados, que son una parte integral de las estrategias de desarrollo del agua y la energía en más de 140 países y que, salvo excepciones, han proporcionado una variedad esencial de servicios hídricos y energéticos.

Los oponentes sostienen que existen opciones para satisfacer las necesidades de agua y energía, que a menudo han sido ignoradas a pesar de ser mejores más baratas y benignas. Entre ellos se pueden citar los siguientes:

- Sistemas descentralizados de suministro de agua y energía en pequeña escala;
- Aumento de la eficiencia en el suministro y en los usos finales; y
- Manejo de la demanda.

Los oponentes argumentan que frecuentemente se ha escogido construir represas cuando otras opciones podrían alcanzar los objetivos de agua y energía a un costo inferior, o brindar los beneficios de un desarrollo más sustentable y más equitativo.

Aunque puede haber acuerdo en la necesidad de tomar más en serio los costos ambientales y sociales de las represas y consultar sistemáticamente a las personas afectadas, existen profundas diferencias entre defensores y oponentes, en un número de cuestiones financieras, económicas, sociales y ambientales. Entre las más inextricables están:

- En que medida las alternativas a las represas son viables para alcanzar diversos objetivos en materia de desarrollo, y si dichas alternativas son complementarias o mutuamente excluyentes.
- En que medida, los impactos ambientales y sociales adversos pueden considerarse aceptables.
- El grado en que se pueden evitar o mitigar los impactos ambientales y sociales adversos.
- En que medida el contar con el consentimiento local debería determinar las decisiones futuras en materia de desarrollo.

La decisión de construir una gran represa raramente es hoy en día solo una decisión local o nacional. El debate ha pasado de ser un proceso local de evaluación de costos y beneficios, a ser un proceso en el que las represas en general son el foco de un debate global sobre las estrategias y las alternativas del desarrollo.

2.4. BASE DE CONOCIMIENTOS DE LA CMR

Para cumplir con el mandato de revisar la eficacia de las grandes represas para promover el desarrollo y evaluar las alternativas para el aprovechamiento de los recursos de agua y energía, la Comisión realizó ocho estudios de casos detallados de grandes represas, estudios de países para la India y China, y un sumario para el caso de Rusia y los Nuevos Estados Independientes. También se llevó a cabo una revisión de 125 grandes represas, y 17 revisiones temáticas sobre cuestiones sociales, ambientales, económicas, de alternativas a las represas, sobre gobernabilidad y procesos institucionales. Se recibieron y consideraron 947 propuestas, además de las presentaciones realizadas en cuatro Consultas Regionales.

Todos estos aportes constituyeron el núcleo de la Base de Conocimientos de la CMR que sirvió para informar a la Comisión sobre las principales cuestiones relacionadas con las represas y sus alternativas.

La evaluación del desempeño de los proyectos que realizó la CMR se basó en los objetivos establecidos

al proponerse las grandes represas, es decir, en los criterios en los que se basaron los gobiernos para su aprobación y financiación. El análisis de la Comisión hizo especial hincapié en los motivos del porqué, cómo y cuándo las represas no alcanzaron los resultados esperados, o produjeron resultados no previstos.

Una parte integral de la investigación consistió en la documentación de buenas prácticas que han surgido como respuesta a las limitaciones y dificultades del pasado. El análisis no pasa por alto los importantes beneficios que se derivan de las represas, y más bien responde a la pregunta de por que algunas represas alcanzan sus objetivos mientras otras fracasan.

2.5. RESULTADOS TÉCNICOS, FINANCIEROS Y ECONÓMICOS

Según el informe, el grado en que las grandes represas incluidas en la Base de Conocimientos de la CMR aportaron los servicios y los beneficios netos planeados varió substancialmente de un proyecto a otro, y un número considerable no alcanzó sus objetivos físicos o económicos. A pesar de ello, los servicios que aportan las represas son considerables.

Independientemente de la relación entre metas y resultados, la Base de Conocimientos confirmó la longevidad de las grandes represas. Muchas de ellas continúan generando beneficios después de 30 o 40 años de funcionamiento.

Una revisión sectorial de los resultados técnicos, financieros y económicos de las represas en la Base de Conocimientos comparando los resultados originalmente esperados y los realmente alcanzados, sugiere lo siguiente:

- Las grandes represas diseñadas para suministrar servicios de irrigación generalmente no han alcanzado sus objetivos físicos; no recuperaron los costos y su rentabilidad en términos económicos ha sido menor que la inicialmente prevista.
- Las grandes represas construidas para suministrar energía hidroeléctrica suelen estar cerca pero aun por debajo de los objetivos previstos; generalmente logran sus objetivos financieros pero muestran resultados económicos variables, con algunas represas superando y otras quedando por debajo de los objetivos económicos previstos inicialmente.
- Las grandes represas construidas para abastecer de agua industrias y municipios generalmente no alcanzan los objetivos previstos en cuanto a las fechas y volúmenes de suministro de agua; y exhiben pobres desempeños económicos y financieros.
- Las grandes represas con un componente de control de inundaciones han proporcionado importantes beneficios en este sentido, pero al mismo tiempo han incrementado la vulnerabilidad ante inundaciones debido al aumento de los asentamientos en zonas que todavía corren riesgos de inundación, y en algunos casos han empeorado los daños provocados por las inundaciones por una serie de razones, incluido la deficiente operación de las represas.
- Las grandes represas de objetivos múltiples tampoco llegan a alcanzarlos, y en algunos casos presentan rendimientos inferiores a las represas de un solo propósito, lo que muestra que los objetivos iniciales son con frecuencia demasiado optimistas.

Los resultados sugieren dos conclusiones adicionales:

- Las grandes represas consideradas mostraron una marcada tendencia a sufrir retrasos en la ejecución y sobrecostos significativos.
- La creciente preocupación por los costos y la eficacia de las grandes represas y las medidas estructurales asociadas, ha llevado a que se adopte una gestión integrada de inundaciones que enfatiza una combinación de políticas y medidas no estructurales para reducir la vulnerabilidad de las comunidades a las inundaciones.

También se examinaron factores relativos a la sustentabilidad física de las grandes represas y sus beneficios, y se confirmó que:

- Garantizar la seguridad de las represas requerirá mayor atención y mayores inversiones debido a que las represas existentes envejecen, los costos de mantenimiento aumentan, y los cambios climáticos pueden alterar el régimen hidrológico utilizado como base para diseñar los desagües de las represas.
- La sedimentación y la consecuente pérdida a largo plazo del volumen de agua almacenado es una preocupación mundial, y sus efectos se harán notar en particular en cuencas con un alto

índice de erosión geológica o de erosión provocada por la población, en represas que se encuentran en las cuencas bajas de los ríos y en represas con volúmenes de agua reducidos.

- La saturación de suelos y la salinización afectan una quinta parte de toda la tierra irrigada, incluida la tierra irrigada por las grandes represas, y resultan en severos impactos de largo plazo, en los suelos, en la agricultura y en los medios de subsistencia de las comunidades donde no se emprenden tareas de rehabilitación.

Utilizando la información sobre los resultados de las grandes represas recogidos en la Base de Conocimientos de la CMR, el informe de la comisión muestra que se pueden mejorar considerablemente la elección de los proyectos y el funcionamiento de las grandes represas existentes así como las infraestructuras asociadas.

Teniendo en cuenta el enorme capital invertido en las grandes represas, es sorprendente que las evaluaciones sustantivas del desempeño de estos proyectos sean tan pocas, sus enfoques sean tan estrechos y la consideración integrada de las diferentes categorías y escalas de impactos sea muy limitada.

2.6. ECOSISTEMAS Y GRANDES REPRESAS

Es preocupación para la CMR, el que cada vez se conoce mejor la naturaleza genérica de los impactos que tienen las grandes represas sobre los ecosistemas, la biodiversidad y los medios de subsistencia río abajo. En función del estudio de la CMR es evidente que las grandes represas han provocado:

- La pérdida de bosques y de hábitat's naturales, de poblaciones de especies, y la degradación de las cuencas río arriba debido a la inundación de la zona de los embalses.
- La pérdida de la biodiversidad acuática, de las pesquerías río arriba y abajo, y de los servicios brindados por las planicies de inundación río abajo, por los humedales, y por los ecosistemas de las riberas, y estuarios adyacentes.
- Impactos acumulativos en la calidad del agua, en las inundaciones naturales y en la composición de las especies, cuando en el mismo río se construyen varias represas.

En general los impactos sobre los ecosistemas han provocado, en muchos casos, pérdidas significativas e irreversibles de especies y ecosistemas. Algunos casos, sin embargo, han resultado en el enriquecimiento de ecosistemas, mediante la creación de nuevos humedales, hábitat para peces y oportunidades de recreación generadas por el nuevo embalse.

La Comisión encontró que todos los embalses analizados hasta ahora por científicos emiten gases invernadero, como también lo hacen los lagos naturales, debido a la descomposición de la vegetación y a la entrada de carbón procedente de la cuenca. La magnitud de esas emisiones es muy variable. Los datos preliminares del estudio del caso de una represa hidroeléctrica en Brasil muestran que el nivel bruto de estas emisiones es significativo si se lo compara con una planta termo-eléctrica equivalente. No obstante, en otros embalses estudiados (en particular los de zonas boreales), las emisiones brutas de gases invernadero son considerablemente más bajas que una alternativa térmica. Una comparación exhaustiva requeriría medir las emisiones de los hábitat's naturales antes de la creación de un embalse. Es necesario investigar más sobre la base de casos concretos para demostrar la capacidad que tiene la energía hidroeléctrica para compensar el cambio climático.

Los esfuerzos que se han realizado hasta la fecha para contrarrestar los impactos de las grandes represas sobre los ecosistemas han tenido un éxito limitado debido a la falta de atención a la hora de anticipar y evitar esos impactos, a la pobre calidad y la incertidumbre de los pronósticos, a la dificultad de hacer frente a todos los impactos, y a la aplicación incompleta y el éxito parcial de medidas de mitigación. En particular:

- No es posible mitigar muchos de los impactos causados en los ecosistemas y en la biodiversidad por la creación de embalses, y los esfuerzos realizados para "rescatar" la fauna y flora han tenido, a largo plazo, poco éxito.
- La utilización de canales para peces, a fin de mitigar el bloqueo de peces migratorios, ha tenido poco éxito, ya que con frecuencia la tecnología no se ha diseñado a la medida de lugares y especies específicas.
- Una buena mitigación es el resultado de una buena base de información, cooperación temprana entre los ecólogos, el equipo de diseño de la represa y las personas afectadas, y el control y la información asidua respecto a la eficacia de las medidas de mitigación.

- Requerimientos de descargas ambientales (incluyendo descargas para provocar inundaciones controladas) son crecientemente utilizados para reducir los impactos de los cambios en el flujo de agua río abajo, en los ecosistemas acuáticos y costeros y en las planicies de inundación.

Dado el limitado éxito de las medidas de mitigación tradicionales, actualmente la legislación da mayor importancia a la necesidad de evitar o minimizar los impactos ecológicos, mediante la conservación de segmentos específicos del río, o la cuenca, en su estado natural, y mediante la selección de proyectos, localizaciones y diseños alternativos. Además, los gobiernos están experimentando con un enfoque "compensatorio" a fin de contrarrestar la pérdida de ecosistemas y biodiversidad causada por grandes represas, mediante la inversión en conservación, regeneración y a través de la protección de otros lugares amenazados, que tengan un valor ecológico equivalente.

Por último en un número de países industrializados (en particular en Estados Unidos) se está llevando a cabo una restauración de ecosistemas, como resultado del desmantelamiento de grandes y pequeñas represas.

2.7. POBLACIÓN Y GRANDES REPRESAS

En términos de los impactos sociales de las represas, la Comisión encontró que con frecuencia los efectos negativos no se valoraban ni se tomaban en cuenta adecuadamente. Existe una gran variedad de impactos que abarcan las vidas, los medios de subsistencia y la salud de las comunidades que dependen de los ambientes ribereños afectados por las represas:

- Entre 40 y 80 millones de personas han sido desplazadas en todo el mundo por las represas.
- Millones de personas que viven río abajo de las represas (en particular aquellas que dependen de las planicies de inundación naturales y de la pesca), han visto sus medios de subsistencia seriamente dañados y se ha puesto en peligro la productividad futura de sus recursos.
- Muchos de los desplazados no fueron reconocidos (o registrados como tales) y por lo tanto o fueron reasentados o indemnizados.
- En los casos en los que se entregó una indemnización, ésta fue con frecuencia insuficiente, entre los desplazados reconocidos como tales, muchos no fueron incluidos en programas de reasentamiento.
- A los que fueron reasentados, rara vez se les restituyó sus medios de subsistencia, ya que los programas de reasentamiento se han centrado en el traslado físico, y no en el desarrollo económico y social de los afectados.
- Cuanto mayor es el número de los desplazados, menos probable es que los medios de vida de las comunidades afectadas puedan ser restaurados.
- Aún en la década de los 90, en muchos casos, los impactos en los medios de subsistencia de las comunidades río abajo no eran valorados adecuadamente, ni tratados en la planificación y el diseño de las grandes represas.

Resumiendo, la Comisión demostró una falta de compromiso generalizado, o una falta de capacidad, para hacer frente al desplazamiento de población.

Adicionalmente, las grandes represas analizadas en la Base de Conocimientos han tenido también considerables efectos adversos en el patrimonio cultural debido a la pérdida de los recursos culturales de las comunidades locales y el sumergimiento y degradación de monumentos arqueológicos y cementerios.

En los hechos la rentabilidad económica real de las grandes represas continúa siendo difícil de establecer ya que no se consideraron suficientemente los costos ambientales y sociales en términos económicos.

2.8. OPCIONES PARA EL DESARROLLO DE LOS RECURSOS DE AGUA Y ENERGÍA

La Revisión Global de la CMR, examinó las opciones para satisfacer las necesidades de energía, agua y alimentarias en las circunstancias actuales, así como los obstáculos y las ventajas que determinan la elección o adopción de opciones particulares. En la actualidad existen muchas opciones, incluidas el manejo de la demanda (DSM), aumentar la eficiencia de la oferta, y nuevas opciones de suministro. Todas ellas pueden mejorar o expandir los servicios de agua y energía, y satisfacer las necesidades en materia de desarrollo de todos los segmentos de la sociedad. El considerar estas opciones de un modo

integrado, en lugar de sector por sector, sugiere las siguientes conclusiones generales y lecciones:

- El manejo de la demanda (DSM) incluye la reducción del consumo, el reciclaje y las tecnologías y políticas que promueven un uso más eficiente del agua y la energía por parte del usuario final. Dichas opciones poseen un considerable potencial sin explotar y ofrecen una gran oportunidad para reducir la demanda de agua y energía y obtener otros beneficios como la reducción de las emisiones de gases invernadero.
- Mejoras en la gestión del sistema pueden aplazar la necesidad de nuevas fuentes de suministro, al mejorar la eficiencia en la producción y transporte de los sistemas existentes. Pérdida innecesaria de agua y energía se puede evitar, reduciendo las fugas del sistema, con mantenimiento adecuado, y mejorando la tecnología de control, transmisión y distribución del sector energético.
- El manejo de las cuencas, mediante acciones forestales y estructurales ofrece la oportunidad de reducir la sedimentación de embalses y canales, de manejar el calendario y el volumen de flujos máximos, estacionales y anuales, así como de recargar los acuíferos subterráneos.
- Ha surgido un número de opciones relativas al suministro de agua y energía que son adecuadas localmente y desde el punto de vista ambiental, viables económicamente y aceptables para el público, incluido el reciclaje, el almacenamiento del agua de la lluvia y la energía eólica.

La capacidad de distintas opciones para satisfacer las necesidades actuales y futuras o para sustituir los sistemas de suministro convencionales, depende de cada contexto específico, pero en general ofrecen un potencial significativo, individual y colectivamente.

2.9. TOMA DE DECISIONES, PLANIFICACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS ESTABLECIDAS

Según el informe de la CMR, como una elección de desarrollo, las grandes represas han sido a menudo un foco de interés para los políticos, los principales organismos gubernamentales, los organismos financieros internacionales y la industria de construcción de represas.

La ayuda exterior ha representado menos del 15 % de la financiación total de las represas en los países en desarrollo. A pesar de ello, los fondos suministrados (más de cuatro mil millones de dólares al año entre 1.975 – 1.984, el período en que más se prestó), desempeñaron un importante papel a la hora de promover y financiar grandes represas en países que han construido unas pocas.

En menor medida, esta ayuda ha apoyado a países grandes que han construido muchas represas (incluida China, la India y Brasil), principalmente mediante financiamiento.

En cuencas compartidas por varios países, la falta de acuerdo sobre la utilización del agua es una preocupación creciente y una causa de tensiones. En particular cuando la demanda aumenta y las decisiones unilaterales que toma un país al construir grandes represas altera los flujos de agua en la cuenca, con consecuencias considerables para los demás estados ribereños.

La evaluación de la planificación y del ciclo de los proyectos de grandes represas reveló una serie de limitaciones, riesgos y fallas en el modo en que se habían planificado, evaluado y operado:

- Por lo general, la participación y la transparencia de los procesos de planificación de las grandes represas no fue inclusivo ni abierto.
- La evaluación de opciones con frecuencia ha estado limitada en su alcance y reducida a comparar mayormente parámetros técnicos y a una estrecha aplicación del análisis de costos y beneficios económicos.
- El escaso control y evaluación, una vez que se ha construido una gran represa, ha impedido aprender de la experiencia.
- Muchos países no han establecido todavía plazos de licencia de operación que aclaren las responsabilidades del propietario hacia el final de la vida efectiva de la represa.

El efecto neto de estas dificultades es que, una vez que una propuesta de nueva represa ha pasado los exámenes preliminares sobre su viabilidad técnica y económica, y atrae el interés de los gobiernos, de los organismos financieros externos, o intereses políticos, el empuje del proyecto a menudo prevalece sobre las evaluaciones adicionales. Como consecuencia, muchas represas no fueron construidas basándose en una evaluación comprehensiva de los criterios técnicos, financieros y económicos aplicables en la época, y menos aún basándose en los criterios sociales y ambientales que se aplican hoy en día.

Según la CMR, los conflictos relacionados con represas provienen también del hecho de que sus promotores y las agencias financieras no llegan a cumplir los compromisos adquiridos, no observan los reglamentos establecidos por la ley o no acatan sus directrices internas. En algunos casos, las oportunidades de corrupción posibles en estos grandes proyectos de infraestructura distorsionaron aún más la toma de decisiones, la planificación y la ejecución de dichos proyectos.

Aunque se han mejorado substancialmente las políticas, los requisitos legales y las guías para la evaluación, en particular en la década de los 90, parece que se sigue aplicando las prácticas usuales cuando llega el momento de la planificación y de la toma de decisiones reales. Además, cuando surgen diferencias considerables entre los promotores y los potenciales afectados, los esfuerzos para modificar los planes y las decisiones deben recurrir a menudo a acciones legales u otras acciones fuera del proceso de planificación normal.

A todo lo largo de la Revisión Global se presenta ejemplos e ilustraciones recientes de buenas prácticas, que sientan las bases para el optimismo de la Comisión en cuanto que, se pueden superar los problemas y las barreras pasadas, y a que las dificultades no son inevitables. Para reducir los impactos negativos y conflictos estas experiencias indican que hay oportunidades, y en verdad una responsabilidad para:

- Aumentar la eficiencia de los sistemas existentes.
- Evitar y minimizar los impactos sobre los ecosistemas.
- Realizar un análisis de opciones participativo y múlticriterios.
- Garantizar que se mejoran los medios de subsistencia de las personas desplazadas y afectadas por los proyectos.
- Efectuar una supervisión regular y revisiones periódicas.

Las recomendaciones de la Comisión, ofrecen una vía para mejorar la planificación, la toma de decisiones y el cumplimiento de las normas establecidas y de esta forma aprovechar mejor las opciones existentes (sean estas tecnológicas, de política o institucionales), para arribar a soluciones que satisfagan las necesidades futuras de agua y energía en forma económicamente más eficiente, socialmente más equitativa y ambientalmente sustentable.

2.10. CONCLUSIONES

La conclusión a la que arriba la CMR, es que se necesita un monitoreo mejor y más continuo del desempeño técnico, financiero y económico de los proyectos de inversión en represas de agua. Se esta a tiempo de mejorar mucho los rendimientos de las presas existentes y el de involucrar todas las variables estudiadas aquí, para una mejor predicción de los posibles problemas, para poder anticiparse técnicamente y revertir la disminución del rendimiento económico planificado del proyecto integrado.

La tendencia actual es el de sumar a los proyectos de represas, todos los beneficios adicionales que incorporan los proyectos, como turismo, recreación, deportes acuáticos, navegación, vida salvaje, camping, etc., de tal forma de contrarrestar los efectos negativos y los impactos ambientales normales que poseen todas las obras de infraestructura.

La planificación y el ordenamiento y control de las prioridades de explotación de los recursos naturales de una Nación, es una función inalienable del Estado puesto que hace a la soberanía política y económica de los pueblos.

En el Anexo 1 y Anexo 2, se presenta el detalle de los estudios realizados por la CMR y a los fines de este estudio de investigación, se han extractado los ítems más relevantes con el objetivo de observar como son evaluados los proyectos de represas a escala mundial, los análisis pre - post proyecto, los beneficios, sus consecuencias, experiencias a reunir, indicadores importantes a evaluar, caminos a seguir y variables a incorporar al momento de la toma de decisión de realizar una represa de agua.

3. EL CONCEPTO DE VALOR EN UNA OBRA HIDROELÉCTRICA

Las centrales hidroeléctricas y el correspondiente control de los recursos hídricos proporcionan numerosos beneficios, incluidos la producción de electricidad de bajo costo, los servicios auxiliares necesarios para mantener la estabilidad y confiabilidad del sistema así como la energía limpia y renovable. Además, los proyectos hidroeléctricos proporcionan estímulo económico a sus comunidades mientras prestan servicio a múltiples necesidades, tales como el control de inundaciones, riego, así como al turismo y recreación basado en el uso de los espejos de agua. Adicionalmente, las inversiones que se realizan destinadas a protección, mejoramiento y mitigación de los efectos no deseados proporcionan un valor adicional a este tipo de emprendimientos.

El valor significativo de los múltiples beneficios que presentan las obras hidroeléctricas generalmente no es reconocido en toda su magnitud, tanto por los mercados como por la comunidad. En algunos países (EE.UU. por ejemplo), existe conciencia entre concesionarios y operadores de centrales hidroeléctricas, de que son necesarios nuevos enfoques y metodologías de valoración que permitan cuantificar de manera sistemática y objetiva los beneficios de estas obras.

Un mayor reconocimiento de los atributos y valores de la energía hidroeléctrica, incluyendo reconocimiento de la energía hidroeléctrica como una fuente libre de emisiones, y una muy beneficiosa fuente de energía renovable, pueden llevar a una ponderación más favorable de este tipo de energía frente a otras opciones energéticas.

El primer paso para el desarrollo de una metodología de valoración integral de emprendimientos hidroeléctricos es identificar y definir claramente el concepto de valor aplicable a este tipo de obras.

Tradicionalmente la valoración de instalaciones hidroeléctricas se ha basado en la caracterización de bienes y servicios provistos por el desarrollo del proyecto. Esto incluye tanto el producto eléctrico como elemento básico y los productos derivados no relacionados directamente con la producción de energía. La aplicación de esta caracterización a los beneficiarios o destinatarios de los beneficios de la obra es lo que define el concepto de valor de uso. Se distinguen los siguientes valores de uso:

- Valor de uso asociado a bienes y servicios de mercado: son atributos que tienen un precio y son vendidos en un mercado de comodity:
  - Electricidad de bajo costo, de fuente renovable y sin emisiones.
  - Suministro de agua para uso residencial, industria, comercial y agropecuario.
  - Pesca comercial (con limitaciones).
  - Propiedades y oportunidades de negocio (derivadas del uso del peri lago y desarrollo del área).
- Valor de uso asociado a bienes y servicios fuera de mercado: son los atributos cuya valoración no se determina a partir de los mecanismo del mercado, sino que es mayormente subjetiva y se basa en encuestas, principalmente en opiniones y apreciaciones de los usuarios:
  - Recreación (pesca, remos, kayak, rafting, etc.).
  - Uso de los terrenos aledaños para recreación (camping, caza, ciclismo, hiking).
  - Goce del mejoramiento estético.
  - Servicios ecológicos (criaderos, tierras húmedas, conservación del terreno).

Para los valores de uso asociados a bienes y servicios de mercados se puede determinar una cifra a través de los mecanismos propios del mercado (energía, capacidad, servicios complementarios). A través de modelos económicos convencionales, se puede determinar un valor monetario para estos atributos con un relativamente de elevado grado de certeza o confianza. Sin embargo, arribar a un consenso respecto a la estimación del valor de los atributos fuera de mercado resulta significativamente más complejo, y sujeto a discrepancias y subjetividades.

La percepción del valor de estos atributos varía considerablemente entre los distintos actores y usuarios involucrados o afectados por una obra hidroeléctrica. Los concesionarios del servicio, el operador del sistema, el regulador y otras instituciones del sector eléctrico, reconocen los beneficios técnicos específicos, y sus decisiones de inversión están sujetas a la apreciación y valoración de los atributos de mercado. Los destinatarios directos e indirectos aprecian los beneficios de este tipo de obra de distinta manera y en general no buscan dar una valoración económica de los mismos en términos monetarios.

4. MARCO PARA LA EVALUACIÓN INTEGRAL DE UN PROYECTO HIDROELÉCTRICO

Un estudio llevado a cabo por el EPRI (Electric Power Research Institute) muestra que no existe hasta el presente una metodología que aborde de manera integral la valoración de un emprendimiento hidroeléctrico teniendo en cuenta todos los atributos y beneficios de este tipo de obras.

La ausencia de tal metodología integral se debe al hecho de que relacionados con una obra hidroeléctrica hay muchos beneficiarios de muy diferentes características. Así por ejemplo, el concesionario en la construcción, explotación y mantenimiento de una instalación, se interesa principalmente en la obtención de los beneficios de la producción de energía. Estos beneficios a su vez, se entregan y proporcionan prestaciones a los consumidores de electricidad. Un pescador o productor pesquero puede estar particularmente interesado en como se gestionan los recursos fluviales, de manera de maximizar el crecimiento de ciertas especies que puedan proporcionar excelentes oportunidades de pesca. El propietario de un terreno aledaño al embalse estará interesado en la calidad estética, las oportunidades recreativas, y las posibilidades de incremento del valor de mercado del lugar.

Se han desarrollado y aplicado una cantidad de metodologías para determinar el valor de las obras hidroeléctricas, sin embargo las mismas se centran en valorar una estrecha gama de atributos, generalmente sesgados hacia los intereses de las entidades que patrocinan los estudios.

En la referencia [4] se presenta un esquema de valoración integral, que más que una metodología sintética o modelo de valorización, es la definición de un marco de evaluación que busca capturar la valoración de todos los posibles atributos de las obras hidroeléctricas.

El marco de evaluación se estructura definiendo tres categorías de valores, dentro de las cuales se identifican una cantidad de atributos característicos.

4.1. CATEGORÍAS DE VALORES

Las categorías de valores son las siguientes:

- *Producción de energía*: Se refiere a los valores de los productos relacionados con la producción de energía eléctrica de las centrales hidroeléctricas que son reconocidos en los mercados, especialmente la energía y la capacidad. Asimismo, incluye dentro de esta categoría los valores disponibles en los mercados de la energía verde y créditos de carbono.
- *Factores Eco-Culturales*: Son valores que provienen de beneficios de los proyectos hidroeléctricos no relacionados directamente con el producto eléctrico.
- *Influencias Socioeconómicas*: Son valores socioeconómicos relacionados con los objetivos de emprendimientos hidroeléctricos de fines de múltiples. Por ejemplo, control de inundaciones, navegación, suministro de agua, y el riego. En esta categoría también se incluyen los estímulos económicos que proporcionan los proyectos a las comunidades afectadas.

A cada una de estas categorías se le asignan atributos, cuyo valor es evaluado a través de metodologías específicas o bien estimadas en base a datos disponibles.

4.2. ATRIBUTOS DE VALORACIÓN

Los “atributos” son los bloques básicos de la metodología de valuación. Una vez que se ha determinado el valor correspondiente a cada atributo, el valor total se obtiene como la suma de los valores de los atributos individuales.

La metodología propuesta por EPRI identifica una cantidad de atributos de valoración para ser tenidos en cuenta en la valuación de un proyecto hidroeléctrico. Si bien otros atributos podrían ser identificados, se entiende que los especificados permiten capturar los valores más importantes de cualquier obra hidroeléctrica. La identificación de atributos es exhaustiva y es claro que no todos los atributos se aplican a todos los proyectos.

Los atributos más importantes que identifica el marco general de evaluación para cada una de las categorías de valores, se presentan en la siguiente Tabla 1. Se destaca que el marco propuesto por EPRI propone algunas otros atributos a ser considerados, sin embargo no se han incluido en la presente descripción, por que se entiende que los mismos no han sido claramente definidos en la propuesta de EPRI, o no se aplican de ninguna forma al caso Argentino.

Tabla 1: Descripción de los Atributos

Producción de Energía	Factores Eco-culturales	Influencias Socioeconómicas
Generación eléctrica: - Energía - Capacidad Almacenamiento de energía Servicios complementarios Libre de carbono Potencial futuro	Cantidad y Calidad de Agua Recursos terrestres Calidad de aire Sustentabilidad	Control de crecidas Irrigación Suministro de agua Navegación Mejoramiento económico: - Valores de propiedad - Empleo - Energía de bajo costo Recreación y deportes.

Se presenta a continuación la descripción de cada uno de estos atributos. Se incluye en cada caso la indicación de donde proviene el valor de cada atributo, así como de los destinatarios de los beneficios de los mismos:

4.2.1. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD: ENERGÍA

El Valor deriva de: Venta de energía.

Destinatario de los beneficios: Consumidores de electricidad, la comunidad local y/o regional.

La generación de electricidad es el principal atributo, normalmente la causa primera de una central hidroeléctrica. La energía eléctrica (MWh) es el producto básico.

En el caso del mercado eléctrico argentino, esta energía se vende ya sea en el mercado spot a un precio horario o en el mercado a término a un precio fijado por las condiciones de contratación. La valuación monetaria de la venta de energía se realiza mediante un análisis económico, teniendo en cuenta las condiciones de funcionamiento del mercado y realizando una estimación de la evolución futura del mismo.

4.2.2. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD: CAPACIDAD

El Valor deriva de: Venta de capacidad.

Destinatario de los beneficios: Consumidores de electricidad, la comunidad local y/o regional.

La habilidad y la capacidad para suministrar energía es otro de los atributos de la generación. Esta capacidad, que se mide en MW, en el mercado eléctrico argentino se vende a los grandes clientes y a los distribuidores a través de contratos en el mercado a término. Los generadores reciben un cargo por potencia puesta a disposición, que la determina el Organismo Encargado del Despacho (CAMMESA) mediante una metodología específica. En la valoración integral de un emprendimiento hidroeléctrico, este atributo puede evaluarse en forma precisa mediante un análisis económico convencional.

4.2.3. ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

El Valor deriva de: la diferencia de precio de la energía en horas de pico y de valle.

Destinatario de los beneficios: Consumidores de electricidad, la comunidad local y/o regional.

La energía almacenada en el agua detrás de las presas hidroeléctricas, es un bien valioso dentro de los sistemas eléctricos. Este almacenamiento podría ser derivado a una central convencional con capacidad de regulación o bien a una central de bombeo, construida específicamente para el almacenamiento.

El almacenamiento se utiliza en algunos casos para optimizar la producción de centrales de base, por ejemplo nucleares, “guardando” el exceso de producción de estas centrales en horas de mínima demanda para ser usado en horas de demanda pico.

4.2.4. SERVICIOS COMPLEMENTARIOS

El Valor deriva de: de la venta de los servicios, ya sea en forma directa al operador del sistema a por un mecanismo de mercado.

Destinatario de los beneficios: Consumidores de electricidad, la comunidad local y/o regional.

Los servicios complementarios (SC) son servicios adicionales que prestan los generadores aparte de los servicios específicos de provisión de energía y potencia. Estos servicios son esenciales para el correcto funcionamiento del sistema eléctrico. Entre estos se incluyen la regulación primaria y secundaria de frecuencia, regulación de tensión, arranque en negro.

Los Servicios Complementarios (SC) se definen en cada país según las necesidades y características propias de la estructura del sistema y de su organización institucional. Así por ejemplo para la Federal Energy Regulatory Commission (FERC) de los EEUU, estos servicios son aquellos necesarios para proveer el servicio básico de transmisión a los consumidores, para la National Grid Company (NGC) son necesarios para proveer seguridad y estabilidad al sistema, aplicando nuevas técnicas de control y operación o, para la Comisión Reguladora de España, son aquellos productos necesarios para hacer viable la entrega de energía eléctrica en condiciones de calidad y seguridad aceptables.

La forma y condiciones en que se proveen los servicios complementarios, varían entre los diferentes mercados. Se encuentran diferencias tanto en las obligaciones para los agentes respecto a la participación en la provisión de los distintos SC, así como en los mecanismos de remuneración y en las sanciones o penalidades por incumplimiento.

Los posibles mecanismos que pueden implementarse para la provisión y remuneración de los servicios complementarios dependen fuertemente de la naturaleza de cada servicio en particular y de la cantidad de agentes que puedan proveer el mismo en las mismas condiciones de cantidad y calidad. Hay servicios que son:

- Opcionales.
- Universalmente obligatorios para un sector.
- Obligatorios para un agente en particular.

El control secundario de frecuencia, como ejemplo, puede ser ejercido por cualquier generador dentro de un área determinada, por lo que en este servicio en particular es factible implementar un esquema de provisión opcional en el cual el generador que provee el servicio sea adecuadamente remunerado. En algunos sistemas la provisión de este tipo SC está basada en un esquema de mercados de competencia, donde los posibles proveedores ofertan precios por la prestación.

En el caso de otros SC, como por ejemplo el control de tensión/potencia reactiva, y en muchos casos la regulación primaria de frecuencia, son elementos estándar en los generadores y por ello el sistema de precios/costos declarados incluye los costos asociados y en todo caso se puede establecer la alternativa de transferir obligaciones cuando existen restricciones en las unidades generadoras. Estos SC se suelen implementar como universalmente obligatorios para un sector, en este caso los generadores.

Otros SC, como por ejemplo el Arranque en Negro, aislamiento manteniendo servicios auxiliares, etc., se necesitan en determinados nodos del sistema de transmisión y se suele implementar generalmente un esquema acordado en los contratos de conexión, u obligatorios para los que se conectan en ese punto. En algunos mercados, como el caso de República Checa, el Operador del sistema puede contratar la provisión de este tipo de SC mediante contratos bilaterales con proveedores seleccionados de acuerdo a las necesidades locales. El precio se determina sobre la base de los costos del servicio, más una adecuada utilidad. En el sistema eléctrico de Australia se ha implementado un mercado específico en el cual distintos generadores pueden competir por la prestación de SC.

En estos casos, ya sea mediante contrato con el Operador del sistema o mediante un proceso de mercado de competencia, los agentes obtienen un ingreso adicional a la actividad principal que es la venta de energía y capacidad o potencia. Si bien los ingresos por SC son generalmente marginales, los mismos deben tenerse en cuenta cuando corresponda en la valorización de una central hidroeléctrica.

Los SC en el sistema eléctrico Argentino

En el caso de la Argentina la provisión de control de tensión y regulación primaria de frecuencia es obligatoria para los generadores, y existe un mecanismo de penalización por falta de cumplimiento de las obligaciones de prestación de los servicios.

La regulación secundaria de frecuencia es voluntaria. Los generadores ofertan mensualmente un precio como un porcentaje del precio spot de la energía. El operador del sistema asigna la provisión del servicio de acuerdo a los precios ofertados. Los agentes consumidores del Mercado Eléctrico, pagan por el servicio un monto calculado mensualmente, igual a la sumatoria de la remuneración horaria de todas las horas del mes, en proporción a su demanda máxima.

En el sistema eléctrico no hay exigencia respecto a la provisión del servicio de arranque en negro, pero se puede exigir a las máquinas que se incorporan al sistema.

Si una máquina presta servicio de arranque en negro, reciben una compensación por cada arranque exitoso, la cual se determina en función del valor del cargo anual reconocido por operación y mantenimiento de las instalaciones de arranque en negro correspondientes y la cantidad de arranques en negro fallidos y exitosos ocurridas desde su instalación. Si por el contrario la máquina falla al ser requerido su arranque en negro, recibe una penalización.

4.2.5. GENERACIÓN LIBRE DE CARBONO

El Valor deriva de: las transacciones de créditos de carbono.

Destinatario de los beneficios: la comunidad internacional en su conjunto.

Este atributo se refiere específicamente al valor que puede representar para la generación hidroeléctrica el mercado de créditos de carbono. En efecto, una de las particularidades de nuevos proyectos hidroeléctricos es que pueden ser incluidos dentro de los mecanismos de desarrollo limpio (MDL) en el marco del Protocolo de Kyoto y con ello recibir una remuneración por evitar la emisión de gases de efecto invernadero (CO2) a la atmósfera (créditos de carbono).

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) es un mecanismo de Mercado que fue introducido bajo el Protocolo de Kyoto de la UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). Bajo este protocolo, los países incluidos en el ANEXO B del Protocolo (países desarrollados) están obligados a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a valores menores a los del año 1990.

El Protocolo de Kyoto abre un mercado no sólo para emisiones GEI, sino también un mercado para reducciones de GEI. Esto significa que los países industrializados pueden cumplir con sus obligaciones de reducción por medio de la participación en proyectos que reduzcan los GEI en países en vías de desarrollo. Esto es lo que el Protocolo de Kyoto llama el Mecanismo de Desarrollo Limpio. Es por este medio que los países en vías de desarrollo participan en el mercado de emisiones.

El MDL habilita a los países desarrollados a cumplir con sus pautas de reducción de emisiones de GEI en una forma eficiente y flexible. Esto permite a entidades públicas y/o privadas de los países del ANEXO B a invertir en proyectos que mitiguen los GEI en países en vías de desarrollo. Como resultado de esta inversión reciben créditos o certificados de reducción de emisiones (CRE) que pueden utilizar para cumplir con sus metas de reducción bajo el Protocolo de Kyoto. Subyace en este mecanismo que la reducción de la emisión de GEI puede hacerse en cualquier parte del mundo y por lo tanto no necesariamente en los países desarrollados.

Mientras que las empresas de países desarrollados obtienen ganancias por MDL, por cumplir con sus restricciones de emisiones a costos menores que los que hubiesen tenido de tener que afectar los procesos productivos en sus respectivos países, la ganancia en los países en vías de desarrollo resultan de mayores inversiones, mejor tecnología y desarrollos locales que de otra forma no hubiesen sido competitivos.

Para que un proyecto sea elegible para obtener certificados de reducción de emisiones (CRE) se debe verificar que ellos reducen, en una forma real y mensurable, las emisiones de GEI. La reducción es calculada observando cual hubiese sido el nivel de emisiones de GEI en ausencia del proyecto. A tal efecto resulta necesario definir una condición de referencia llamada “línea base”. Cuanto mayor sea el nivel de emisiones en las condiciones de línea base mayor serán los créditos asignados al proyecto.

4.2.6. POTENCIAL FUTURO

El Valor deriva de: reconocimiento futuro de la hidroelectricidad como energía renovable.

Destinatario de los beneficios: Consumidores de electricidad, la comunidad local y/o regional.

El marco de evaluación identifica este atributo, que está relacionado con la posibilidad que tienen algunas obras hidroeléctricas existentes de ser ampliadas o repotenciadas. Representa un valor de “opción”. En la valorización de un emprendimiento hidroeléctrico existente, la consideración de este atributo implica reconocer el potencial de ampliación o mejora de la eficiencia del proyecto con respecto al estado actual. La evaluación de este atributo es necesariamente especulativa, y debe basarse principalmente en el juicio profesional experto para estimar cual podría ser la posibilidad de considerar este atributo y como valorarlo.

4.2.7. ECO-CULTURALES: CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA

El Valor deriva de: el valor de reemplazo por otra fuente de agua que permite obtener los mismos estándares de calidad.

Destinatario de los beneficios: la comunidad local y/o regional.

Las represas hidroeléctricas frecuentemente tienen dentro de sus objetivos el suministrar agua para uso de la comunidad. Si bien el suministro de agua puede resultar en un retorno monetario, debido al cobro de tarifas y derechos de agua, este ingreso puede resultar mucho menor en comparación con lo que costaría una fuente alternativa de agua. Es decir, se trata de considerar un costo de reemplazo. Este es un valor que generalmente no se reconoce, sin embargo, el marco de evaluación propone incluirlo como un atributo más dentro del conjunto de beneficios de una obra hidroeléctrica.

4.2.8. FACTORES ECO-CULTURALES: RECURSOS TERRESTRES

El Valor deriva de: mejoramiento y protección de los terrenos en las cercanías del proyecto.

Destinatario de los beneficios: la comunidad local y/o regional.

El valor considerado para este atributo esta relacionado con la conservación, preservación y mejoramiento del hábitat. No se refiere al valor de la propiedad o mejoramiento económico de los terrenos cercanos, y que estos valores están considerados en otros atributos dentro de la Influencia Socioeconómica.

Este atributo incluye por ejemplo considerar el valor que puede representar un curso de agua controlado en el desarrollo de actividades recreacionales y el disfrute estético. La referencia [4] señala que un estudio del Departamento de Energía de EE.UU. (U.S. Department of Energy and the Commission of the European Commission, “Estimating the Externalities of the Hydro Fuel Cycles”, Report No. 6, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge Tennessee, December 1994.), estima este valor en 266 USD por acre.

4.2.9. FACTORES ECO-CULTURALES: SUSTENTABILIDAD

El Valor deriva de: reducción de los costos de reemplazo.

Destinatario de los beneficios: Consumidores eléctricos, comunidad local y/o regional.

Las instalaciones de energía hidroeléctrica son bienes durables, que han demostrado tener una capacidad de operar mucho más de allá de su vida útil normalmente considerada en evaluaciones económicas y contables. Además pueden ser sujetos a remodelaciones y modernizaciones de los equipamientos e instalaciones, tanto eléctricas como hidromecánicas, lo que permite mejoras sustanciales del rendimiento y capacidad de generación. Sin embargo, en estas remodelaciones las estructuras básicas son mantenidas, lo que demuestra que las mismas presentan una longevidad destacable.

Esta calidad de sustentabilidad de largo plazo presenta un valor muy importante para la sociedad, que no es directamente tenido en cuenta en los esquemas de contabilidad económica-financiera. El valor económico de este atributo está relacionado mayormente con el costo de reemplazo de instalaciones obsoletas. Esto es, el costo de reemplazar una instalación de generación por obsolescencia es mucho mayor que el costo de la instalación que está siendo reemplazada.

4.2.10. INFLUENCIAS SOCIOECONÓMICAS: CONTROL DE CRECIDAS

El Valor deriva de: los daños evitados a las comunidades protegidas por la obra.

Destinatario de los beneficios: comunidad local y/o regional.

El beneficio económico del control de las inundaciones se puede medir por los daños evitados aguas abajo, que se producirían como consecuencia de un evento hidrológico.

La identificación de los beneficios específicos relacionados con el control de inundaciones en un emprendimiento de fines múltiples es compleja, y debe tener en cuenta el tiempo e intensidad de los eventos hidrológicos, la capacidad de almacenamiento y regulación de la represa.

El cuerpo de ingenieros de EE.UU. (U.S. Army Corps of Engineers) ha desarrollado una metodología para la estimación del valor que representa el control de inundaciones.

Algunas de las represas más importantes de la República Argentina, han sido construidas con el principal objetivo de controlar las crecidas que impactan fuertemente sobre las comunidades localizadas en las cuencas de los ríos. Este es el caso por ejemplo de las represas de la región del Comahue, tal

como se describe en la Sección 5 de este trabajo.

4.2.11. INFLUENCIAS SOCIOECONÓMICAS: IRRIGACIONES

El Valor deriva de: agricultura.

Destinatario de los beneficios: comunidad local y/o regional.

Algunas represas aportan un valor sustancial a la economía de la región al permitir disponer y controlar de agua para el riego.

El valor para la obra que proviene de este atributo está dado por la producción de los sembradíos bajo riego, y tal valor no ha sido considerado dentro de otro atributo, por ejemplo en el control de crecidas.

El valor mínimo a considerar en este atributo de irrigación proviene, por supuesto, del pago de los derechos de riego que abonan los usuarios.

4.2.12. INFLUENCIAS SOCIOECONÓMICAS: SUMINISTRO DE AGUA

El Valor deriva de: suministro público de agua.

Destinatario de los beneficios: comunidad local y/o regional.

En algunos casos los emprendimientos hidroeléctricos suministran agua para uso residencial, comercial e industrial. En estos casos, al igual que con la irrigación, el mínimo valor económico que representa para la obra es lo que pagan los usuarios por el servicio de suministro de agua.

4.2.13. INFLUENCIAS SOCIOECONÓMICAS: NAVEGACIÓN

El Valor deriva de: los mercados que se benefician del transporte fluvial.

Destinatario de los beneficios: comunidad local y/o regional.

La navegación representa un valor económico importante.

Un ejemplo importante del valor que representa este atributo, se puede extraer de la situación de la navegación fluvial en EEUU. El Cuerpo de Ingenieros del Ejército mantiene más de 12.000 millas de vías navegables interiores y opera 235 represas y cursos navegables. Estos cursos de agua que supervisa el Cuerpo llevan alrededor de una sexta parte del transporte nacional de mercancías entre ciudades; El costo por Tonelada millas es de aproximadamente la mitad del costo de ferrocarril y una décima parte del costo de transporte por carretera [4].

En el caso de represas cuyas instalaciones contribuyen a la navegación, los beneficios económicos de esta actividad deben ser tenidos en cuenta en la valorización del emprendimiento. Este beneficio puede determinarse evaluando el costo incremental que representaría utilizar un medio alternativo de transporte.

4.2.14. INFLUENCIAS SOCIOECONÓMICAS: VALOR DE LA PROPIEDAD

El Valor deriva de: mercado inmobiliario, impuestos asociados, calidad de vida.

Destinatario de los beneficios: comunidad local y/o regional.

El valor de la propiedad de los terrenos en las cercanías de una represa, normalmente presentan un valor mucho mayor que el tenía antes de la construcción de la misma. Las rutas y otras obras de infraestructura asociadas a la construcción de represas facilitan el desarrollo de emprendimientos comerciales e inmobiliarios.

El atractivo visual y la disponibilidad de agua que facilitan el desarrollo de emprendimientos turísticos multiplican el valor de la propiedad.

La magnitud de esta revalorización de la propiedad (antes y después del desarrollo), puede evaluarse mediante métodos convencionales de tasación de bienes raíces.

4.2.15. INFLUENCIAS SOCIOECONÓMICAS: EMPLEO

El Valor deriva de: mercado laboral a nivel regional.

Destinatario de los beneficios: comunidad local y/o regional.

Las instalaciones hidroeléctricas contribuyen directamente a las economías en sus alrededores con la creación de una cantidad importante de puestos de trabajo. Investigaciones recientes llevadas a cabo

por el EPRI en EE.UU., derivadas de entrevistas y encuestas, han demostrado que los empleos relacionados con los emprendimientos hidroeléctricos, son los mejores puestos de trabajo disponibles en el área de influencia, y que las personas en esos puestos de trabajo tienen un alto grado de satisfacción en el trabajo [4].

Además es un principio económico conocido que por cada puesto de trabajo directo, se derivan una cantidad de empleos adicionales indirectos en la comunidad local.

La estimación del impacto sobre el empleo de obras hidroeléctricas, sobre todo de los indirectos, depende fundamentalmente de las características de la región de emplazamiento de la obra.

4.2.16. INFLUENCIAS SOCIOECONÓMICAS: ENERGÍA DE BAJO COSTO

El Valor deriva de: estimulo para el comercio y la industria.

Destinatario de los beneficios: comunidad local y/o regional.

La producción de energía de bajo costo tiene influencias directas e indirectas en la económica de la región y del país en general. Para el cliente residencial, gastar menos en energía eléctrica implica disponer de una mayor cantidad de dinero para gastar en otras necesidades y gustos, lo cual tiene un impacto notable en la economía tanto regional como a nivel país.

Por otro lado, la energía de bajo costo es un elemento fundamental para estimular las economías regionales. Se pueden mencionar algunos ejemplos a nivel internacional sobre este aspecto; en la región noroeste de los EE.UU., la disponibilidad de generación hidroeléctrica proporciono las bases para el desarrollo de la industria del aluminio en esa región. Esto a su vez impulso el desarrollo de la industria aeronáutica (gran consumidor de aluminio). Se ha detectado en los últimos año incluso, que la industria del aluminio ha comenzado a migrar a otra regiones donde el costo de la electricidad es menor. De esta forma se visualiza que la energía de bajo costo presenta una ventaja comercial sustancial y puede producir cambios socioeconómicos importantes en las comunidades regionales.

En el caso de la Argentina hay algunos ejemplos significativos sobre este aspecto. La construcción de las obras hidroeléctricas Nihuiles I y II en el sur de Mendoza a fines de la década del 70, impulso la instalación de la planta de ferro aleaciones Carbometal en las proximidades de estas usinas hidroeléctricas. Otras condiciones económicas adversas produjeron el cese de la producción de esa planta en años posteriores.

El caso de la central hidroeléctrica Futaleufú es más notable aún, dado que la central se construyo con el principal propósito de suministrar energía a la planta de aluminio de ALUAR.

La evaluación del impacto económico de la energía de bajo costo a nivel regional y nacional es compleja, y requiere tanto de cierta especulación y formulación de hipótesis como de un estudio detallado. Este se lleva a cabo con modelos computacionales de simulación económica. Estos modelos de análisis “input - output” permiten un análisis de sensibilidad con respecto a la variación de los datos y entradas del modelo (inputs), por ejemplo el costo de la energía en ciertas regiones. El modelo IMPLAN ha sido utilizado por el Departamento de Energía de los EE.UU. para evaluar el efecto de la hidroelectricidad en la economía de la nación [4].

El estudio de la referencia [4] indica sin embargo, que la aplicación de estos modelos económicos es limitado, los mismos son herramientas útiles para análisis de corto plazo. Para estudios de largo plazo (varios años) pueden resultan muy imprecisos y la valoración en esos casos se basan más en el “arte” de analistas expertos, que en los resultados del modelo.

4.2.17. INFLUENCIAS SOCIOECONÓMICAS: RECREACIÓN Y TURISMO

El Valor deriva de: oportunidades de desarrollo turístico y de recreación.

Destinatario de los beneficios: comunidad local y/o regional, y a nivel nacional.

La recreación y desarrollo turístico es uno de los beneficios más reconocidos de los emprendimientos hidroeléctricos. En la Argentina hay numerosos ejemplos de represas en las que se han desarrollado importantes centros turísticos.

El valor que representan las actividades turísticas asociadas a las represas, pueden estimarse a partir de datos e información estadística y económica de las entidades relacionadas con la actividad. Sin embargo, la correlación de esa valuación con la valoración del emprendimiento hidroeléctrico, no es en todos los casos directa y puede estar sujeta a disparidad de criterios.

4.3. EVALUACIÓN DE LOS ATRIBUTOS

El marco de valoración integral de represas basado en atributos, permite la utilización de diferentes metodologías y procedimientos para evaluar los distintos atributos. El reporte del EPRI describe algunos métodos y modelos desarrollados utilizados en EE.UU. Estos procedimientos están por lo general adaptados a las condiciones particulares de ese país, sin embargo ciertas conclusiones y estimaciones generales pueden aplicarse al caso argentino.

Valor de Mercado: Los atributos relacionados con la generación de electricidad, incluyendo los créditos de carbono y la energía limpia, pueden evaluarse con procedimientos estándar de valuación económica, tal como se describió anteriormente.

Mecanismos de clasificación: El informe destaca cuatro metodologías para evaluar los méritos de una central hidroeléctrica.

- *FERC: Federal Energy Regulatory Comisión*: FERC regula las instalaciones hidroeléctricas de todo EE.UU. (aproximadamente 50.000 MW), y ha desarrollado una serie de metodologías que ha implementado y mejorado través de los años. La metodología básica descripta en la guía para la evaluación de 1.989 [5], se basa en la determinación del valor presente neto (NPV) y la tasa de retorno, y hace ciertas recomendaciones respecto del uso de tales metodologías para evaluar los costos de mitigar efectos no deseados de los emprendimientos. Sin embargo, no incluye mecanismos para la evaluación de los atributos secundarios como recreación y otros no relacionados con la producción de energía.
- *IHA - International Hydropower Association:* El IHA ha desarrollado una guía "Sustainability Guidelines" para la revisión de los diversos aspectos relacionados con el desarrollo y operación de la energía hidroeléctrica. El protocolo denominado “IHA’s Sustainable Criteria Protocol “C,” Appraisal of Hydropower Operation and Management”, evalúa la sustentabilidad de las centrales hidroeléctricas existentes. Este sistema de evaluación proporciona una visión amplia de la energía hidroeléctrica relacionada con la administración del recurso.
- *LIHI - Low Impact Hydropower Institute:* El LIHI ha establecido criterios para la certificación de la "energía hidroeléctrica de bajo impacto". Los criterios del LIHI proceden de ocho elementos que suelen representar las recomendaciones de las agencias estatales y federales para la licencia de proyectos hidroeléctricos. Para poder obtener la certificación LIHI, las instalaciones deben cumplir con todos los requerimientos.
- *Power Scorecard*: Es un método de evaluación de impacto ambiental refrendado por seis Organizaciones ecologistas. El método utiliza un esquema de calificación de tres partes, donde se evalúan los efectos sobre la calidad del aire, los recursos hídricos y los recursos de la tierra.
- *Modelos económicos*: En 1.996, la U.S. Departamento de Energía, patrocinó un estudio para examinar los beneficios económicos asociados con la producción de energía hidroeléctrica como una industria en su conjunto. El estudio se realizó con un modelo económico denominado "IMPLAN", que permite estimar la contribución de la energía hidroeléctrica a la producción total de la industria, el empleo y la compensación a los trabajadores, tanto en el plano nacional como regional de EE.UU.
- *Modelos de actividades de Recreación*: La U.S. Fish and Wildlife Service, ha desarrollado metodologías para la valoración de los beneficios económicos netos de las actividades de recreación. La Universidad de Michigan también tiene un modelo para estimar la valoración monetaria de la recreación y el turismo.

5. Aplicación de Metodologías de Valoración a Obras en Argentina

5.1. OBJETIVO

Se presenta en esta sección una aplicación del marco general de valoración de proyectos hidroeléctricos al caso de una región que tiene una serie de emprendimientos hidroeléctricos que transformaron la hidrografía, y en consecuencia, modificaron las actividades socio-económicas de la zona.

El marco de valoración ha sido simplificado para este caso, manteniendo solo los atributos que son relevantes para el emprendimiento en cuestión y sobre los cuales puede realizarse una estimación de su valorización razonable, sobre la base de la información disponible.

Los atributos considerados son los siguientes:

- Generación de Energía:
  - Energía.
  - Potencia.
- Influencias Socioeconómicas:
  - Irrigación.
  - Valoración de la propiedad.
  - Empleo.
  - Recreación y deporte.
  - Navegación.
  - Control de crecidas.

Los factores identificados en el marco de evaluación como Factores Eco-Culturales, son también aplicables a los emprendimientos hidroeléctricos que se analizan en esta sección. Sin embargo, su valoración es compleja y requiere del aporte de disciplinas relacionadas tanto con el problema medio ambiental como con las ciencias sociales y económicas. Un estudio de tal naturaleza esta fuera de los alcances de este trabajo. No obstante esto, se ha incluido en este informe la descripción el marco general de evaluación con los distintos atributos, a los efectos de presentar una visión completa de lo que puede ser una valoración integral de obras hidroeléctricas, y como propuesta de trabajo futuro en esta área.

5.2. DESCRIPCIÓN DE LOS EMPRENDIMIENTOS DONDE SE APLICA EL MARCO DE EVALUACION

Se aplicará la metodología estudiada y los impactos socio-económicos a una de las regiones más representativas de la República Argentina. El Alto Valle de las provincias de Río Negro y Neuquén, representan uno de los mejores ejemplos de planificación en obras hidroeléctricas; obteniendo una serie de beneficios colaterales que modificaron el destino natural de una zona semidesértica, transformándola en una región prospera que aprovechó los designios de la naturaleza en pos de sus beneficios, convirtiéndolo en un valle con miles de hectáreas cultivadas bajo riego, centrales hidroeléctricas que exportan la energía generada, represas que fomentan el turismo y la recreación, y diques que contienen y regulan las crecidas de los ríos, tornándola una zona segura para la explotación agroindustrial y la supervivencia de los habitantes nativos de la región.

Por lo tanto para el ejemplo de análisis se ha elegido la cuenca del río Limay, que es la más importante en términos energéticos por contar con la mayor cantidad de obras de control de crecidas y generación hidroeléctrica de la República Argentina. En el Anexo 3 se presentan la totalidad de represas que hay en el país, empadronadas en el ORSEP, que es el Organismo Regulador de Seguridad de Presas.

Sobre el río Limay se encuentran en cascada cuatro de las principales centrales hidroeléctricas: Alicurá, Piedra del Águila, Pichi Picún Leufú, El Chocón y Arroyito. El río Limay, en su confluencia con el río Neuquén, forman el río Negro que corre en dirección sureste desde la base de los Andes hacia el océano Atlántico, desembocando en las cercanías de Viedma. Sobre la cuenca de este río se ha conformado una de las zonas más productivas del país, el Alto Valle del Río Negro.

En la Figura 1 se muestra el aspecto físico de las cuencas de estos ríos, mientras que la Figura 2

presenta la ubicación relativa en altura sobre el nivel del mar de las cuatro represas ubicadas sobre el río Limay.

Resulta claro en este caso que el valor de los atributos que corresponden a los Factores Económico-Culturales y a las Influencias Socioeconómicas no resulta atribuible a una sola de estas represas en forma aislada sino que corresponden al conjunto de las mismas. Así por ejemplo, el control de crecidas, que es uno de los aspectos más importantes de estas obras, no depende solo de una de las represas en particular sino del control coordinado del caudal que se realiza entre las distintas centrales. Por lo tanto resulta apropiado asignar en forma particular a cada central, el valor económico que representa el control de crecidas.

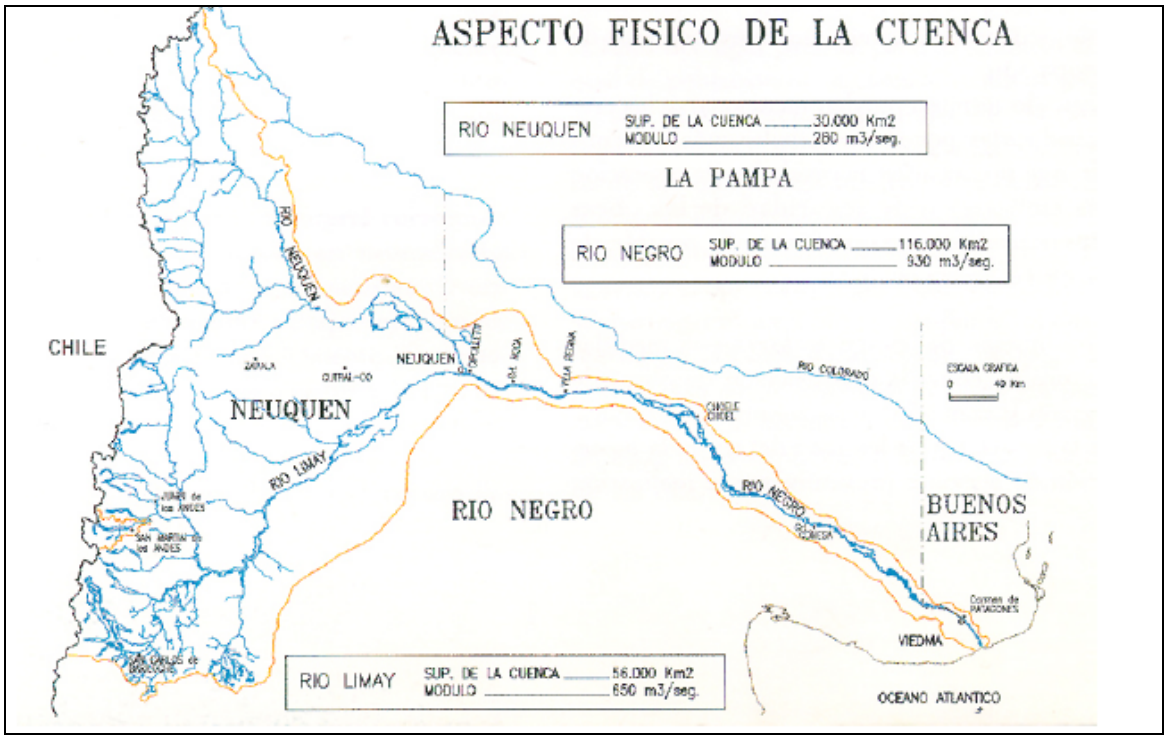


Figura 1: Cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Río Negro (Fuente: Referencia [14])

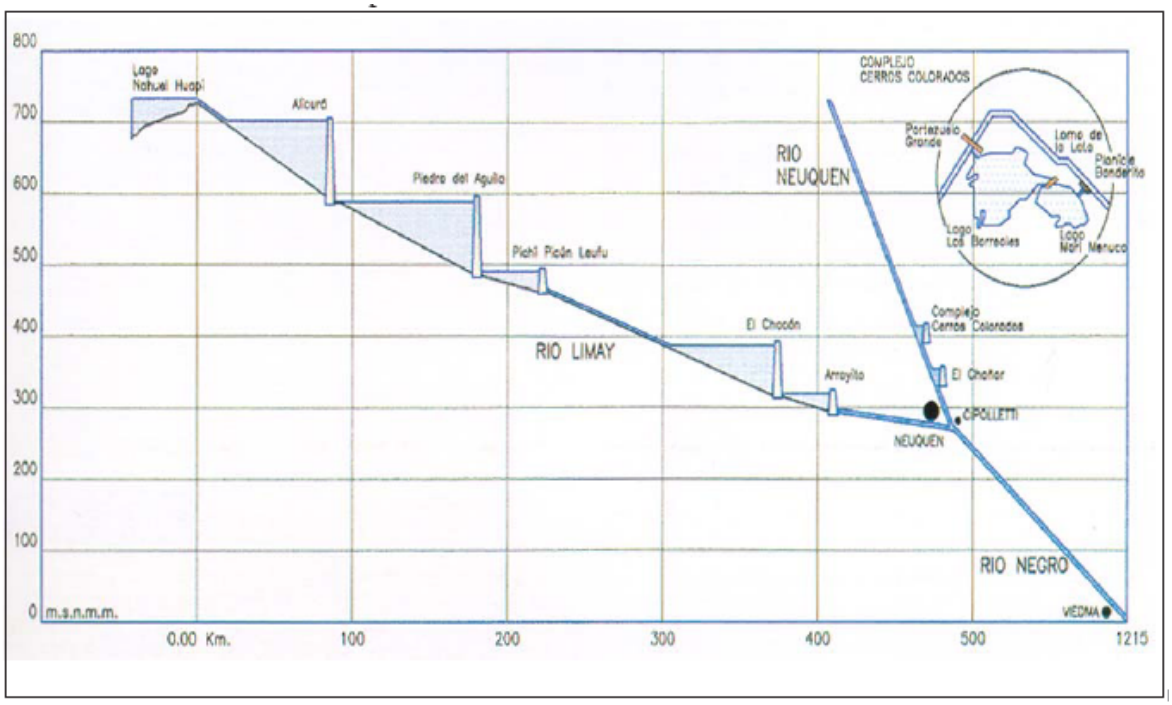


Figura 2: Ubicación de las represas sobre el río Limay (Fuente: Referencia [14])

5.2.1. ALTO VALLE DE RÍO NEGRO Y NEUQUÉN

a) *Caracterización de la Zona del Alto Valle*

a.1) Aspectos Históricos

Previa a la conquista española, la zona correspondiente al Alto Valle del río Negro, estaba habitada por los indios Tehuelches Septentrionales, tribus nómades cuyo establecimiento mutaba estacionalmente; en verano se situaban en las proximidades de la cordillera y en sus lagos, mientras que en invierno en la cercanía de la costa atlántica. Las migraciones costa-cordillera seguían por lo general los cursos de los ríos patagónicos.

Las tierras y costas rionegrinas fueron avistadas y exploradas por navegantes y misioneros, sin embargo, no se produjeron asentamientos fijos. Magallanes en su viaje de circunvolución terrestre fue el primero en dar con sus costas, mientras que los Misioneros Mascardi y Falkner, en sus viajes por la Patagonia, recorrieron su interior.

Los mapuches del lado occidental de la cordillera andina (lo que hoy sería Chile), presionados por el avance de los españoles en sus tierras, provocaron, entrado el siglo XVII, un éxodo que cambió radicalmente las costumbres de los habitantes nativos del Valle y de la actual Provincia de Río Negro, ya que estos fueron prácticamente absorbidos culturalmente por los nuevos grupos aborígenes.

Francisco Fernández de Viedma desembarcó en la costa sur del río Negro y se instaló con los colonos que lo acompañaban. Sin embargo, una gran inundación los obligó a los dos meses a trasladarse a la orilla opuesta dando origen a Carmen de Patagones. El asentamiento sur fue repoblado denominándose Mercedes de Patagones.

Durante el siglo XIX, Mercedes de Patagones se convierte en parroquia y centro de la vida pública de la región. Hasta 1.878 la zona fue tránsito y escenario de disputas entre exploradores y los malones mapuches que se asentaron en esta región que les era propicia para atacar a las estancias del sur bonaerense. La denominada "Conquista del Desierto" (1.879) encabezada por el General Roca, expulsó a los aborígenes de la región y sentó las bases para la colonización criolla en Río Negro.

En 1.879, Mercedes de Patagones cambia su nombre por Viedma en homenaje a su fundador. Desde el año anterior y hasta 1.884, la región formó parte del territorio de la Patagonia, en este año se crea el territorio de Río Negro con Viedma como capital y con Lorenzo Vintter como primer gobernador.

De esta decisión comienzan a surgir las ciudades de los valles del río Negro. Primero, General Roca como bastión para consolidar el avance de las tropas expedicionarias que redujeron a los mapuches. Creada en 1.879, cuatro años más tarde se convierte en colonia agrícola (1.883) atrayendo la instalación de 700 alemanes. Esta ciudad es destruida por una inundación en 1.899 y reconstruida en su emplazamiento actual al noroeste del lugar original.

Un grupo de colonos franceses, con la colaboración de tropas militares y bajo la dirección de Hilarión Fourques, construyó el primer canal de riego del Alto Valle, denominado “canal de los milicos”, que fue la base de la gran producción agrícola e industrial que se iniciaría en esa época y se consolidaría con la llegada del ferrocarril en 1.899.

El siglo XX marca el nacimiento de nuevas colonias agrícolas en la zona de los valles, especialmente en la región conocida como Alto Valle: Cipolletti en 1.903, al lado del viejo fortín Primera División, Allen en 1.907, Ingeniero Huergo en 1.912 por obra de inmigrantes valencianos y Villa Regina en 1.924, por obra de la Compañía Italo Argentina de Colonización.

Con el ferrocarril, comenzó a poblarse el valle, pero su consolidación se dio desde la construcción del Dique Ballester, en 1.928, que permitió asegurar el riego. Así se fueron desarrollando sus localidades: Neuquén, Cipolletti, General Roca, Allen, Cinco Saltos, Cervantes, Huergo, Villa Regina.

Las nuevas colonias comenzaron una explotación conjunta de frutales, comenzando la plantación de manzanas entre los años 1.922 y 1.925. Hacia 1.930 se instalaron las primeras plantas procesadoras, produciendo un desarrollo agroindustrial de características muy singulares y que hicieron progresar rápidamente a todo el Alto Valle.

a.2) Aspectos Geográficos

La provincia de Río Negro forma parte de la región Patagónica. Limita al Norte con la provincia de La Pampa, al Este con Buenos Aires y el Océano Atlántico, al Sur con Chubut y al Oeste con Neuquén y Chile.

El Valle del río Negro es un oasis en medio de la meseta patagónica. La geografía de la provincia posee lagos, montañas y bosques en el oeste, costas y acantilados en el este, pero el resto es casi toda planicie y jarilla.

Grandes extensiones de estepa dedicadas a la ganadería ovina. Sin embargo, en la zona del río Negro, que corta el norte de la provincia, se constituyó desde el siglo XIX en un verdadero centro productor de frutas de pepita, principalmente manzanas y peras. La zona inferior del río, en Viedma, y la del medio, en Choele Choel, también producen frutas, pero la zona frutícola por excelencia de la provincia es la que se llama el "Alto Valle".

Al norte de la región Patagónica argentina se encuentra la cuenca que contiene al Alto Valle. Se trata de un valle donde la confluencia de los ríos Neuquén y Limay da origen al río Negro. Este valle de forma de “Y”, se encuentra limitado en ambos lados por barrancas de formación sedimentaria y se extiende a lo largo de 65 km junto al río Neuquén, 50 km a lo largo del Limay y 120 km aguas abajo de la confluencia.

Figura 3: Zona del Alto Valle

Durante el Período Cretácico, la región bajo un clima cálido y húmedo, fue densamente arbolada y con una rica variedad de fauna, como lo demuestran la gran cantidad de restos fósiles vegetales y animales encontrados en la zona.

El surgimiento de la cadena montañosa de los Andes (en la era Terciaria), transformó abruptamente el panorama. Se transformó en un paisaje semi-desértico similar al del resto de la estepa patagónica, variando solamente a la orilla de los distintos cursos de agua, donde la vegetación encontró un ámbito más favorable para su desarrollo.

En la región norte de la provincia la meseta es cortada por los ríos Colorado y Negro, que atraviesan toda la geografía territorial rionegrina originando la formación de oasis verdes con suelos de aptitud agrícola. Son las zonas conocidas como Alto Valle y Valle Medio.

a.3) Hidrografía

Los vientos cargados de humedad que atraviesan los valles transversales de la cordillera, explican la presencia allí de un sistema fluvial vigoroso en el que los lagos actúan como reguladores. Esto explica la presencia de importantes ríos que no solo han sido aprovechados para riego, sino además en su capacidad hidroeléctrica.

Los principales ríos de la región son: el Colorado, el Limay, el Neuquén y el Negro.

El río Colorado constituye el extremo norte de la Patagonia y a su vez marca el límite entre las provincias de Río Negro y La Pampa. Se ubica en un área de transición entre la región árida del oeste y la Patagonia y recorre un área con pocos habitantes y centros poblados.

El Limay, es afluente del lago Nahuel Huapí y al salir del lago recorre el valle Encantado. En la unión con el Collón Cura inicia su trayecto por una región de mesetas hasta unirse con el Neuquén para formar el río Negro. Tiene un caudal medio de 280 m^3/seg. y su régimen es pluvionival.

El Neuquén nace en las laderas del volcán Domuyo, en el norte neuquino. Esto hace que sus caudales aumenten considerablemente durante la época del deshielo en la Cordillera.

El río Negro, que nace de la confluencia del Limay y del Neuquén, corre en dirección sureste desde la base de los Andes hacia el océano Atlántico, desembocando en las cercanías de Viedma. Este río es el más importante de la provincia y de la región Patagónica, recorriendo la meseta conformando un encajonado valle cuya anchura media es de unos 15 km. En sus márgenes se escalonan tres niveles de terrazas. En la parte más ancha a la altura del Valle Medio, su cauce encierra las islas Choele-Choel. Su recorrido alcanza los 730 km. y no recibe ningún afluente.

Posee una cuenca propia de 28.000 km^2, y que, sumada a la de sus afluentes, alcanza los 125.000 km^2. Es un río de importante profundidad y caudal que alcanza los 1.014 m^3/s, y en sus puntos máximos un ancho de 3.000 metros.

La ausencia de lagos en su cuenca determina que sus crecientes sean muy violentas y temidas en el Alto Valle del río Negro por sus efectos destructivos. Las obras del Chocón-Cerros Colorados llevadas a cabo en los ríos Limay y Neuquén permiten regularizar el caudal del río Negro y lo vuelven totalmente navegable.

Hasta la década de los 70, las grandes crecidas dificultaban el establecimiento de poblaciones permanentes en sus orillas. La construcción de las grandes presas atenuaron estos inconvenientes.

El aprovechamiento del caudal es muy importante para el riego. Este río es la fuente de la economía rionegrina, gracias al oasis verde que genera en medio de la árida meseta permitiendo un importante desarrollo agrícola.

a.4) El riego

Con la llegada del ferrocarril, y con él, de los pioneros, se pone en marcha una serie de obras que, con el tiempo, demostraría ser uno de los más ambiciosos y exitosos, procesos de transformación del paisaje llevados a cabo en el país.

La construcción de canales primero; diques y presas más adelante, cumpliría la importante función de controlar las periódicas crecidas de los ríos Neuquén, Limay y Negro, así como de irrigar vastas extensiones de terreno hasta entonces estériles, generando además una serie de lagos artificiales. Ya entrado el siglo XX, la construcción de las represas hidroeléctricas del Chocón, Alicurá, Piedra del Águila y Planicie Banderita, terminaría de conformar el paisaje que actualmente tiene la región.

a.5) Flora

El suelo árido de la meseta patagónica, sumado al clima seco, predominantemente frío y con fuertes vientos, hacen que la flora regional sea la típica de las zonas semi-desérticas: arbustos de pequeño porte y poco follaje, generalmente espinoso, y adaptados al aprovechamiento máximo de la escasa humedad ambiente. Entre ellos pueden nombrarse a las jarillas, la sampa, el matasebo y el alpataco, a los que se suman especies estacionales que cumplen su ciclo vital en los meses de la primavera y dejan abundantes semillas a la espera de las próximas lluvias.

A la vera de los cursos de agua, debido a la cercanía de las napas, el paisaje cambia. La vegetación se hace más densa, (algunos arbustos alcanzan los 3 m de altura), y crecen árboles autóctonos como el sauce criollo y el coihue. A esto se suma la presencia de aves acuáticas (patos, cisne de cuello negro, garcitas), y de fauna ictícola autóctona (percas, pejerreyes), así como exótica, introducida para la práctica de la pesca deportiva (truchas marrón y arco iris).

En las zonas donde la construcción de represas o diques ha generado áreas irrigadas, domina la flora exótica, con plantaciones a escala industrial de árboles frutales, principalmente perales y manzanos, pero también vides, ciruelos, durazneros, etc. Así como especies de mayor altura utilizadas como cortinas anti-viento (álamo, ciprés, eucalipto). También en esta zona predomina la fauna exótica, introducida para su cría y comercialización: ovinos mayormente, bovinos y aves de corral en menor medida.

a.6) Estructura Económica Provincial y Regional

El siguiente Cuadro 1 presenta algunas de las características más importantes de las dos provincias.

Variables	Unidad	RIO NEGRO Capital: Viedma Superficie: 203.013 Km^2				NEUQUEN Capital: Neuquén Superficie: 94.078 Km^2			
POBLACIONALES		**2001**	**2003**	**2004**	**2005**	**2001**	**2003**	**2004**	**2005**
Población Total	Miles	573	581	584	587	485	504	513	521
Población Rural	% Pob Tot	15,5				11,4			
Población Urbana	% Pob Tot	84,5				88,6			
Densidad Poblacional	Hab/Km2	2,7	2,9	2,9	2,9	5,0	5,4	5,4	5,5
MACROECONOMICOS		**2001**	**2003**	**2004**	**2005**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**
Producto Bruto eog.. (PBG)	Mill. $ constantes'93	3.436	3.598	3.882	4.265	4.785	4.615	4.254	4.675
PBG per cápita	$ctes/Hab	5.996	6.193	6.647	7.266	10.095	9.515	8.358	9.276
PBG primario	% PBG	12,2	11,2	10,0	11,4	57,8	57,7	58,1	55,1
PBG secundario	% PBG	22,7	25,2	25,5	25,6	13,2	13,3	13,1	14,7
PBG terciario	% PBG	65,1	63,6	64,4	63,0	29,0	29,0	28,7	30,2
COMERCIO EXTERIOR		**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**
Exportaciones FOB	Mill. u$s	394	302	332	346	1.006	847	982	926
Primarias	% Expo	53,3	51,9	53,9	55,8	3,5	2,4	2,4	3,1
MOA	% Expo	12,5	9,7	13,3	12,2	3,0	2,1	2,9	2,8
MOI	% Expo	3,6	4,9	5,4	10,2	0,7	0,3	0,4	0,5
Comb. Y Enero.	% Expo	30,6	33,4	27,4	21,7	92,7	95,2	94,2	93,5
EMPLEO		**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**
Tasa Actividad	% Pob Tot	37,9	37,4	39,8	40,6	42,9	41,8	43,9	43,2
Tasa Desempleo	% PEA	15,6	8,5	8,3	3,3	18,0	7,9	6,2	8,7

Fuente: Elaboración propia en base a INDEC y la Dirección General de Estadísticas y Censos de la Prov. De Río Negro y de la Prov. De Neuquén.

Cuadro 1: Indicadores Macroeconómicos y Poblacionales.

La región Patagónica tiene una superficie de 787.291 km^2 y abarca las provincias de Chubut, Neuquén, Río Negro, Santa Cruz y Tierra del Fuego. Argentina abarca una extensión territorial de 3.761.274 km^2 cuadrados, de los cuales 2.971.810 corresponden al Continente Americano y 969.464 al Antártico e islas del Atlántico Sur.

La provincia de Río Negro, con 203.013 km^2, representa un 26 % de la Patagonia y un 5 % de la superficie total del país. Posee una población cercana a los 600.000 habitantes, con la ciudad de Viedma como capital. La provincia está dividida en trece departamentos: Adolfo Alsina, Avellaneda, Bariloche, Conesa, El Cuy, General Roca, 9 de Julio, Ñorquinco, Pichi Mahuida, Pilcaniyeu, San Antonio, Valcheta y 25 de Mayo.

La densidad de población de 2,9 hab/km^2 es muy inferior a la nacional de 13 hab/km^2. Más de la mitad de la población se concentran en el Alto Valle y el 20 % restante en San Carlos de Bariloche. Según los datos del Censo Nacional de Población (CNP) para el 2001, la población rural representaba un 15,5 % y la urbana el 84,5 % restante.

Por su parte, la provincia de Neuquén cuenta con una superficie de 94.078 km^2, lo que represente un 12 % de la Patagonia y un 2,5 % de la superficie nacional. Su población es de poco más de 520.000 habitantes y su densidad poblacional es de casi el doble de la de Río Negro, alcanzando los 5,5 hab/km^2. Del total poblacional, de acuerdo con el CNP 2001, la población rural representaba el 11,4 % y la urbana el 88,6 %.

La capital es Neuquén, perteneciente al departamento de Confluencia, donde la mayor parte de la población habita. Cuenta con dieciséis departamentos incluyendo Confluencia, ellos son: Chosmalal, Minas, Pehuenches, Ñorquin, Loncopue, Añelo, Picunches, Alumine, Zapala, Picún Leufú, Catan Lil, Huiliches, Collón Cura, Lacar y Los Lagos.

En ambas provincias se desarrollan diferentes actividades productivas como la frutícola, agrícola-ganaderas, turísticas, mineras, pesquera (Río Negro) y una importante producción de petróleo y gas natural.

a.7) Estructuras Productivas Provinciales

Para la Patagonia, las provincias de Río Negro y Neuquén son las de mayor relevancia económica y las de mayor población. Para el 2.005, estas provincias representaron casi el 60 % de la población patagónica y el 55 % de su Producto Bruto Geográfico.

El Producto Bruto Geográfico (PBG) de la provincia de **Río Negro** creció desde 1.993 al 2.005 en un 33 %, pasando de 3.211 millones de pesos a 4.265 millones de pesos constantes del año 1.993,

representando aproximadamente el 1,4 % del Producto Bruto Interno (PBI) nacional.

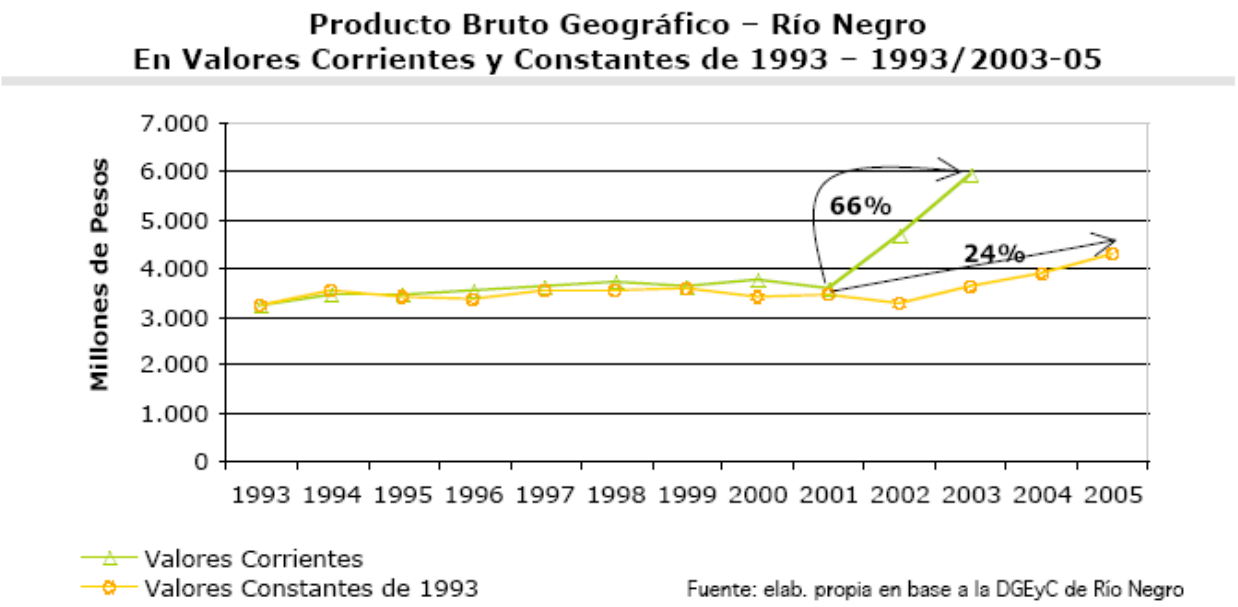


Gráfico 2: Producto Bruto Geográfico de Río Negro.

A partir del 2.001 se observa una diferencia importante de la evolución del PBG provincial medido en valores corrientes y constantes con motivo de la salida del Plan de Convertibilidad de la economía Argentina. En lo que respecta a la variación del 66 % del PBG a valores corrientes, entre el 2.001 y 2.003, la misma esta explicada por el efecto precio en más de un 90 %. El restante 10 % lo explica el efecto volumen.

Las actividades económicas se pueden agrupar en tres grandes sectores:

- **Sector Primario:** Compuesto por los siguientes ítems: agricultura, caza, silvicultura y pesca; y explotación de minas y canteras.
- **Sector Secundario:** Compuesto por los siguientes ítems: industrias manufactureras; suministro de electricidad, gas y agua; y construcción.
- **Sector Terciario:** Compuesto por los siguientes ítems: comercio al por mayor y al por menor; restaurantes y hoteles; transporte, almacenamiento y comunicación; establecimientos financieros, seguros, bienes inmuebles y servicios prestados a empresas; y servicios comunales, sociales y personales. En este último se incorporan las actividades inmobiliarias, la administración pública y defensa, la enseñanza, los servicios sociales y de salud, otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales y el servicio doméstico.

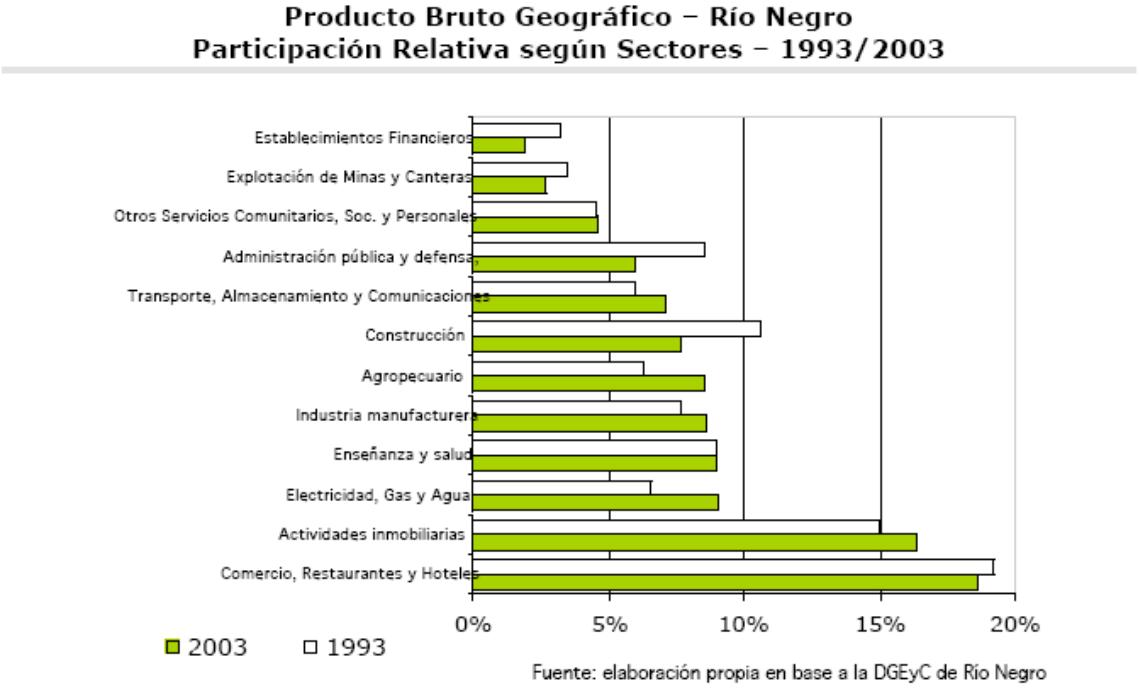


Gráfico 3: Producto Bruto Geográfico de Río Negro. Participación Relativa de los Sectores.

Dentro del PBG provincial de 2.005 la actividad terciaria es la de mayor significación con el 63 % del total, participación inferior al nivel nacional (68 %). Le sigue en importancia el sector secundario con el 26 %, similar al nivel nacional del 25 %. Por último, al sector primario le corresponde un 11%, porcentaje marcadamente superior al nacional que es del 7 %.

Dentro del sector terciario se destaca la participación de la actividad inmobiliaria con un 26 % así como el comercio al por mayor y menor con un 23 %, mientras que en tercer lugar se encuentran las actividades relacionadas con el turismo (hoteles y restaurantes) con un 11 %.

Dentro de la actividad secundaria no hay un subsector que se destaque de manera sobresaliente, ya que tanto la construcción, como la industria manufacturera ó como el suministro de electricidad, gas y agua tienen una participación de poco más del 30 %.

Por su parte, en la actividad primaria, el sector pesquero es mínimo con una participación de apenas un 3,5 %. Dentro de la explotación de minas y canteras se destaca la extracción de petróleo y gas con una contribución de casi un 24 %. Pero sin duda, la principal actividad primaria es la agricultura con un 73 % de participación, compuesto de manera casi excluyente por la producción de frutas, principalmente manzanas y peras.

Se puede afirmar entonces, que la estructura productiva de la provincia de Río Negro esta caracterizada por una marcada especialización relativa en la producción de bienes agroindustriales de exportación, donde el sector agropecuario constituye uno de los elementos sobresalientes, siendo la actividad central la explotación agrícola en áreas bajo riego, fundamentalmente la fruticultura y en segundo término la horticultura.

El turismo adquiere relevancia como generador de ingresos y empleo en la zona andina lacustre -en la que también se destacan el cultivo de frutas finas-, y en el litoral atlántico.

Por lo tanto, a lo largo de su desarrollo productivo, Río Negro aporta a la economía nacional mediante tres actividades centrales: la producción frutícola (especialmente manzana, también pera y vid), la explotación de hidrocarburos y el turismo, que se han sostenido en el tiempo por sus ventajas comparativas, aunque la evolución de las condiciones en cada una de esas actividades haya presentado altibajos y los cambios ocurridos en los mercados hayan podido deteriorar la capacidad competitiva en alguna de estas actividades.

Respecto al PBG de la provincia de **Neuquén**, éste creció desde 1.993 al 2.003 en un 47 %, pasando de 3.174 millones de pesos a 4.675 millones de pesos constantes del año 1.993, representando aproximadamente el 1,8 % del PBI nacional.

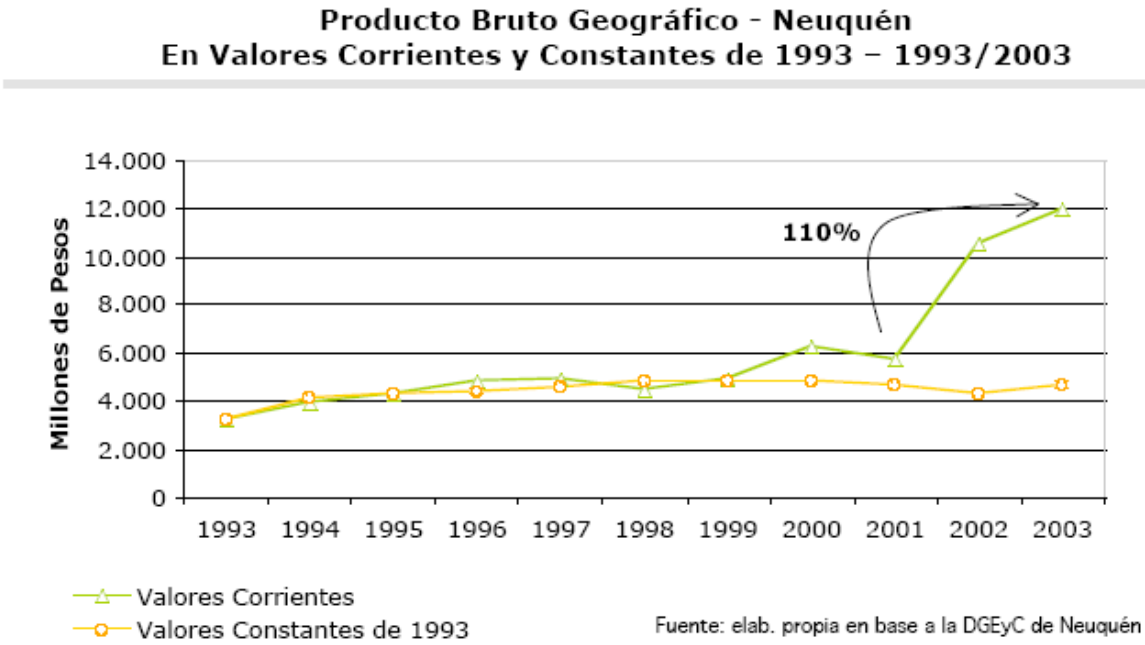


Gráfico 4: Producto Bruto Geográfico de Neuquén.

Como se comentó para el caso de Río Negro, la gran diferencia que se aprecia en el PBG a valores corrientes de Neuquén respecto al de valores constantes de 1.993 de esa misma provincia, se debió a la salida del Plan de Convertibilidad de la economía Argentina. Respecto al incremento del 110 % entre 2.001 y 2.003, el mismo esta explicado casi totalmente (más del 80 %) por el rubro "Explotación de minas y canteras", pero por el efecto precio de éste rubro, la producción de petróleo provincial ha caído en el período.

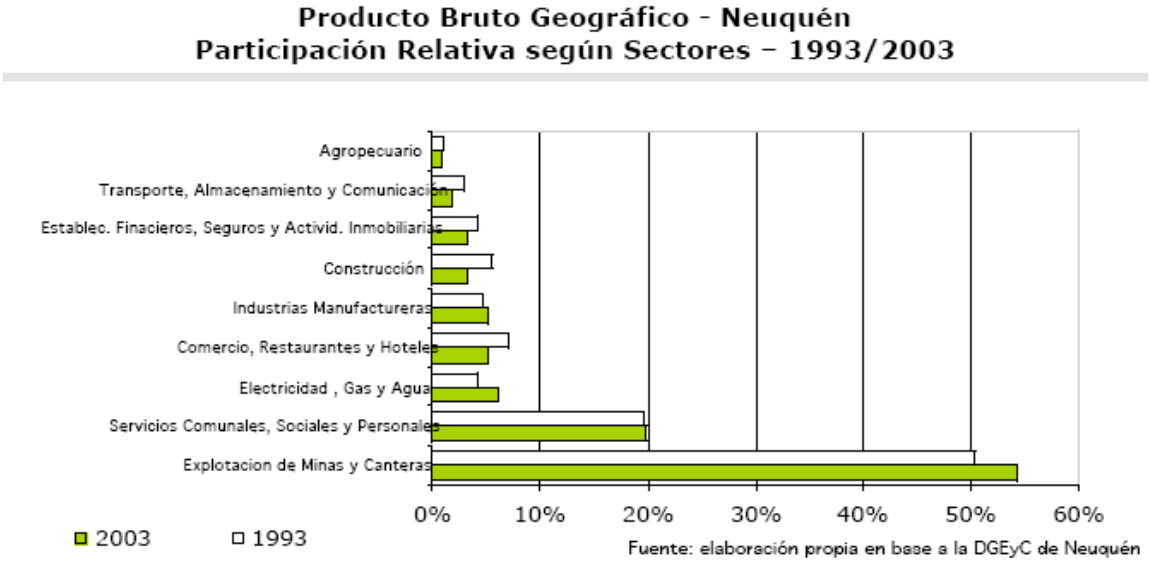


Gráfico 5 Producto Bruto Geográfico de Neuquén. Participación Relativa de los Sectores.

En Neuquén, a diferencia de Río Negro, es la actividad primaria la que tiene mayor relevancia con más del 55 %, participación muy superior que a nivel nacional (8 %). Cabe destacar que del 55 % mencionado, la explotación de minas y canteras representa más del 98 %, quedando para la agricultura una participación mínima del 2 %. Si se analiza en el total del PBG, la agricultura ha representado entre un 1 % y un 0,8 % en los últimos diez años.

La actividad terciaria es la que le sigue en importancia con un 30 %, porcentaje marcadamente inferior al nacional (63 %). De este treinta por ciento, los servicios comunales, sociales y personales representan más del 65 %, mientras que la actividad comercial, de hotelería y restaurantes constituye un 17 %.

Por último, la actividad secundaria participa con poco más del 14 %, el cual resulta inferior al nivel nacional (24 %). Dentro de este sector, el suministro de electricidad, gas y agua representó un 41,5 %, la industria manufacturera un 35,5 % y la construcción un 23 %.

Dentro del PBG provincial neuquino, la explotación de minas y canteras, donde se encuentra la actividad extractiva de petróleo y gas, representa más del 50 %. Su importancia como provincia productora de hidrocarburos ha ido aumentando desde mediados de la década del ochenta. Entre 1.990 y 1.999 la extracción de petróleo se triplicó y el gas duplicó su producción, mientras que la producción nacional de petróleo creció en ese lapso un 66 % y la de gas un 84 %.

Desde entonces, estos niveles de extracción provinciales han registrado un descenso del orden aproximado del 30 %, acompañando el comportamiento de la producción nacional. En 2.004 la caída en la extracción de petróleo fue del 11 % respecto del año anterior, mientras que en la producción de gas se registró un alza del 6,6 %. El sector eléctrico se compone de energía hidráulica y térmica (gas). Tomados en conjunto participan con más del 23 % del total generado en el país.

En la provincia se desarrolla una importante actividad turística, contando con reconocidos centros de deportes invernales que atraen al turismo nacional y extranjero. El sector industrial está estrechamente vinculado al aprovechamiento de los recursos naturales. Las principales actividades manufactureras son la destilación de petróleo, la producción de cerámicos, la elaboración de jugos (manzana y pera) y la fabricación de agua pesada.

Como se mencionó, la actividad agropecuaria tiene reducida participación en la economía provincial, siendo la agricultura el sector más importante. La misma se desarrolla exclusivamente en los valles irrigados y comparte espacialmente un mismo sistema de producción con Río Negro. La actividad está concentrada en la producción de manzanas y peras, y, en menor medida, en otras frutas de carozo y de pepita. El destino se distribuye entre el consumo en fresco, la exportación y la industrialización.

a.8) Estructura Productiva del Alto Valle

Se puede observar que las estructuras productivas de ambas provincias son marcadamente diferentes. Sin embargo tienen en común las actividades agrícolas primarias e industriales que se desarrollan en el Alto Valle.

La actividad agrícola en **Río Negro** se caracteriza por la explotación **bajo riego**, en donde se destaca la expansión de la actividad frutícola, principalmente manzanas y peras, siendo esta provincia la principal productora de ellas en el ámbito nacional, 67 % y 75 % respectivamente.

En la zona del **Alto Valle**, que representa el 30 % del área cultivada provincial, más del 70 % se destina a la producción de manzanas y peras y marginalmente a la vid, el lúpulo (con el 70 % de la producción nacional) y otras frutas (de carozo principalmente como el durazno y la ciruela) y hortalizas.

La zona del **Valle Medio** también se utiliza para la fruticultura, las forrajeras y viñedos. En esta zona, se produce principalmente tomate, zapallito y cebolla entre otros. En el valle cordillerano del Bolsón, la explotación principal es la de frutas finas, nogales y lúpulo, junto con la explotación de recursos forestales. La región boscosa andina ha permitido la explotación forestal que principalmente se utiliza como complemento de la actividad agrícola, es decir, en la fabricación de cajones de embalaje.

La fruticultura es el subsector más importante dentro de la actividad agrícola. La provincia de Río Negro es la principal productora de manzanas a nivel nacional, con una producción en el 2.005 de 488.800 toneladas, lo que representa el 40 % del total del país (1.206.200 toneladas). En cuanto a la distribución territorial de la producción, más del 90 % de las áreas cultivadas con manzana se localizan en el Alto Valle y Valle Medio del Río Negro. Esta provincia, también es la principal productora de peras, con una producción de 511.200 toneladas en 2.005, representando prácticamente el 68 % de la producción nacional (748.727 toneladas). Su cultivo se concentra fundamentalmente en el Alto Valle del Río Negro, si bien cabe destacar que en los últimos años se produjo una mayor expansión en el Valle Medio, debido a las inversiones en nuevas tierras que se incorporaron a la producción.

Respecto a la fruticultura de **Neuquén**, también ésta es la actividad más importante dentro de la agricultura neuquina. La misma se localiza en el área limítrofe de Río Negro y forma parte de un sistema regional integrado. La agricultura neuquina abarca, aproximadamente, 18.000 hectáreas bajo riego en los departamentos de Confluencia y Añelo. De ellas, la fruticultura ocupa cerca de 8.500 has, 68 % de las cuales corresponden a manzana y 25 % a pera, mientras que el 7 % restante está plantado con ciruelas y otros frutales de menor significación. Entre ellos existen 90 has con frambuesas y moras en la zona de Confluencia, ocupando el primer lugar como productores de fruta fina.

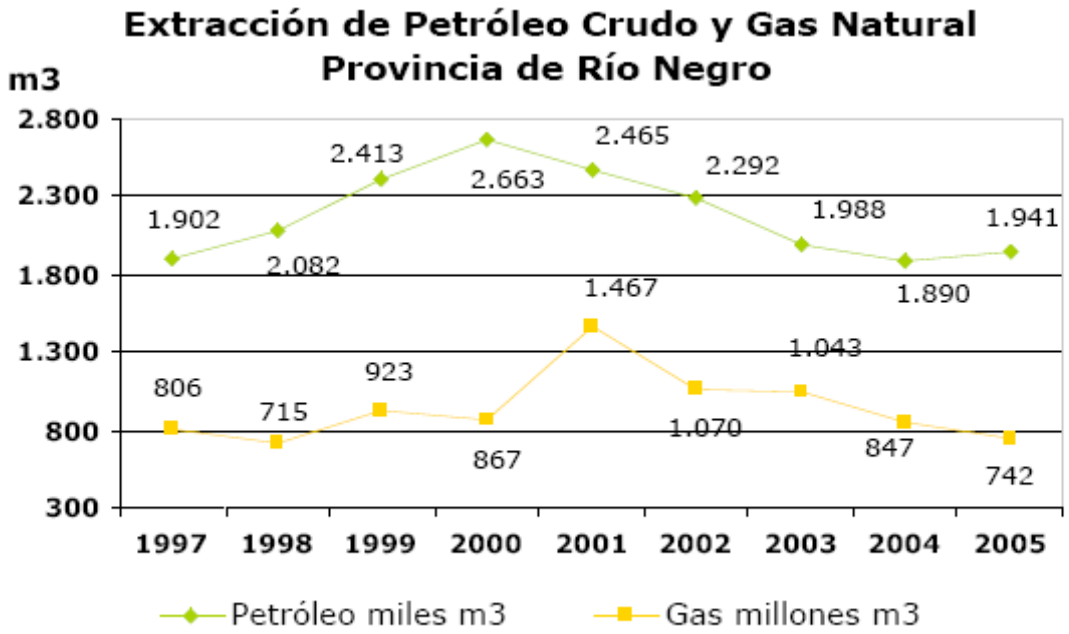
La producción de manzanas neuquina, ocupa una superficie cultivada de cerca de 6.000 has. En 2.005, la producción fue de 227.448 toneladas, aportando alrededor del 19 % de la producción nacional. Por su

parte, la pera neuquina participa con el 9 % de la producción nacional, destinándose algo menos de la mitad de la cosecha a la exportación. La producción de peras durante el año 2.005 fue de 68.280 toneladas.

Puesto que el complejo frutícola de Neuquén funciona de manera integrada con la provincia de Río Negro, parte de la fruta neuquina se envía a Río Negro para su empaque y comercialización. En contrapartida, la capacidad instalada de la industria juguera neuquina, absorbe parte de la fruta rionegrina. La producción de jugos concentrados se orienta casi en su totalidad al mercado externo, siendo su principal destino Estados Unidos.

a.9) Actividades no Agrícolas: Petróleo, Gas y Energía Eléctrica

El petróleo y el gas, según su participación en el PBG, es la segunda en importancia dentro del sector primario de la provincia de Río Negro. En 2.005 se produjeron 742 millones de m^3 de gas y 1,9 millones de m^3 de petróleo, representando aproximadamente un 2 % y un 5 %, respectivamente, de la extracción nacional para ese año. En el caso del petróleo, su producción experimentó un incremento del 2,7 % respecto al 2.004, mientras que la producción de gas descendió un 12,3 % comparado con el 2.004.



Fuente: Secretaría de Energía de la Nación

Gráfico 6: Extracción de Petróleo y Gas Natural. Río Negro.

Los yacimientos de la provincia pertenecen a la Cuenca Neuquina, que tiene una superficie aproximada de 124.000 Km^2, ocupando además del noroeste de Río Negro y la mayor parte del Neuquén, el sur de Mendoza y el sudoeste de La Pampa.

Río Negro vende aproximadamente el 70 % del crudo extraído a destilerías ubicadas en la provincia de Buenos Aires, mientras que el 30 % restante se transporta a través del oleoducto que une la localidad de Allen con Puerto Rosales, en Bahía Blanca, desde donde se exporta. Los destinos más importantes son Estados Unidos y Brasil.

Durante 1.999 se llevaron a cabo importantes descubrimientos y, consecuentemente, un aumento en la producción de petróleo, que conjuntamente con la fuerte alza en los precios del crudo, incrementaron sensiblemente los ingresos del sector. En relación con las finanzas públicas provinciales, este mayor precio de venta redunda en un aumento de ingresos por regalías. La provincia percibió por éstas en el año 2.005, 157 millones de pesos por petróleo crudo, equivalente al 5,31 % del total de regalías por petróleo y un 26 % más respecto al año 2.004. Respecto a las regalías por gas natural, Río Negro percibió 6,5 millones de pesos, un 1,04 % del total de regalías por gas y un 35 % más que en el 2.004.

La generación de energía eléctrica es otra actividad de importancia para la provincia rionegrina según su participación en el Producto Bruto Geográfico. La producción de energía eléctrica provincial se realiza, principalmente, a través de cuatro centrales hidroeléctricas asentadas sobre el río Limay: Piedra del Águila, Alicurá, El Chocón y Arroyito. Estas represas, compartidas con la provincia del Neuquén

representan, el 90 % de la generación provincial.

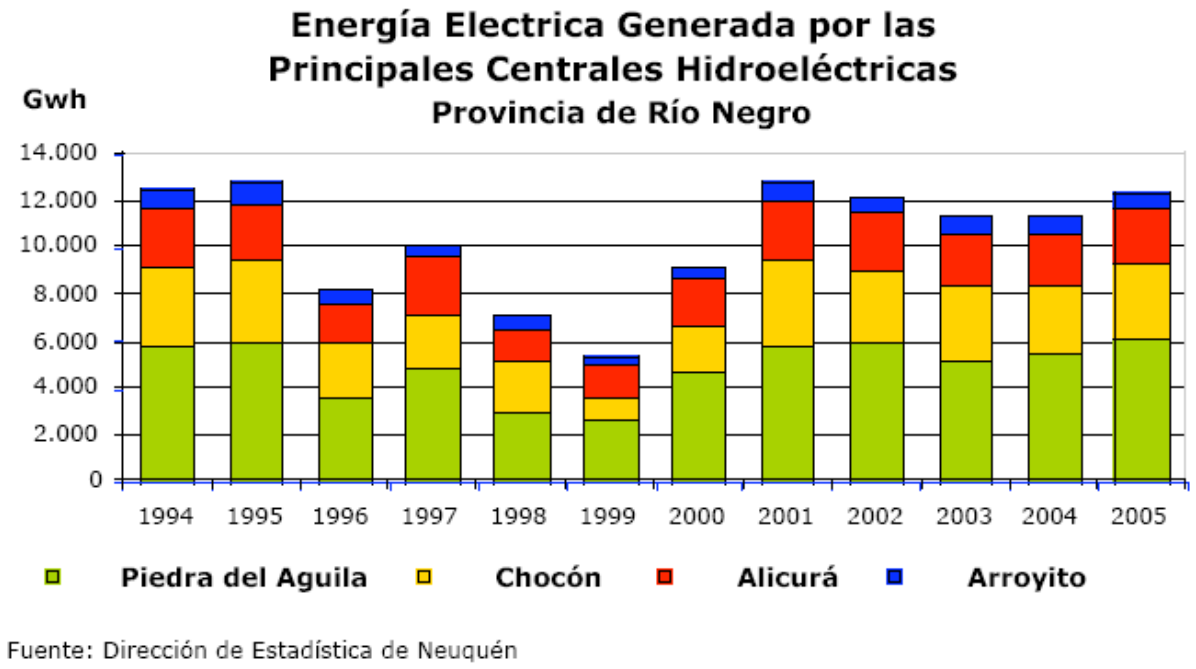


Gráfico 7: Energía Generada por las Centrales: Piedra del Águila, Chocón, Alicurá y Arroyito.

El resto de la generación se realiza fundamentalmente en una central térmica que utiliza como combustible el gas proveniente de la cuenca neuquina. El transporte de energía desde el Comahue se realiza mediante cuatro líneas de alta tensión, la última inaugurada durante 1.999 que amplió en un 40 % la capacidad de transporte en el corredor.

El sector, a juzgar por sus posibilidades de producción y la demanda que satisface, mantendrá un ritmo de crecimiento moderado en los próximos años.

Situado en la provincia de Neuquén pero con consecuencias para el Alto Valle se encuentra el Proyecto Hidroeléctrico y Agroindustrial denominado Chihuido II. Este Aprovechamiento Hidroeléctrico se encuentra ubicado en el Departamento Confluencia, Provincia del Neuquén, sobre el río Neuquén en las inmediaciones de Paso de los Indios y a 40 km de las localidades de Cutral-Có y Plaza Huincul.

El objetivo primordial del proyecto es la producción de energía eléctrica, a partir de un embalse que define un salto hidráulico de aproximadamente 52 metros con una potencia mínima instalada de 228 MW y una generación media anual no inferior a 1.052 GWh. Sin embargo, y en forma indirecta, el aprovechamiento mencionado también contribuirá por un lado al control de crecidas mediante la regulación del tramo medio del río Neuquén, y por otro, a la irrigación a partir del embalse y la instalación de una central de bombeo así como la construcción del sistema de troncal de distribución de agua para riego.

Se estima que la superficie bajo riego será de aproximadamente 7.000 hectáreas en una zona próxima a las dos localidades mencionadas, las que junto con las obras de infraestructura correspondientes permitirá el desarrollo de un polo agrícola e industrial en el área.

Otras estimaciones del Proyecto Hidroeléctrico están relacionadas a la creación de nuevos puesto de trabajo. Se calcula la creación de 1.500 puestos directos durante los 4 años de construcción, los que por su efecto multiplicador se estima se ampliarán a aproximadamente 10.000. Además, se evalúa que aportará aproximadamente unos 5.000 puestos permanentes aplicados a las múltiples labores asociadas al desarrollo de las 7.000 has de cultivos diversos y plantas agroindustriales.

La represa Chihuido I es una obra de mucho mayor volumen que Chihuido II, ya que se prevé que aumentaría la contención del agua y generaría automáticamente riego para toda el área del Valle, mientras que con Chihuido II habría que regar “hacia atrás” con bombeo para incorporar más terrenos.

El área que regaría Chihuido I se estima en 200.000 ha y uno de sus usos alternativos sería la producción de maíz para fabricar biodiesel. Este proyecto se podría pensar como una diversificación en el eje productivo del Alto Valle. También se agregarían 60.000 ha en el Valle Medio, que entrarían en producción en una zona que se llama Colonia Josefa.

El destino más probable del biodiesel, sería Europa y en ese caso la salida sería por el puerto de San Antonio o el de Bahía Blanca, que también está preparado para este tipo de exportaciones. Adicionalmente, la represa Chihuido I podría contribuir a aliviar la restricción de energía eléctrica que se presenta hoy en el Valle.

a.10) Infraestructura Hídrica y Sistema Integral de Riego

La utilización productiva del Valle de Río Negro se hizo posible cuando se ejecutaron las obras de riego indispensables a ese fin. Ya en 1.884 se inició la construcción a pico y pala del primer canal de riego, conocido como "canal de los milicos", recurriendo al trabajo de soldados, aborígenes y peones agricultores. Con una bocatoma sobre el río Neuquén, esa primitiva construcción recorría cincuenta kilómetros llegando a regar solamente mil quinientas hectáreas.

En 1.898, ante la perspectiva de producción y desarrollo del Alto valle y el resto de los valles de la provincia de Río Negro, la Ley Nacional Nº 3.727 encomienda al Ministerio de Obras Públicas de la Nación la construcción de canales de irrigación.

Para ello se contrata al ingeniero italiano Cesar Cipolletti, quien en 1.899 realiza el primer estudio y posterior informe, donde analiza la irrigación de los ríos Neuquén, Limay, Negro y Colorado, planteando los sistemas generales de obras de riego necesarios.

Pero tuvieron que pasar diez años para comenzar con las obras, esta vez a cargo de otro ingeniero italiano llamado Decio Severino, quien proyecto los dos principales objetivos del Ing. Cipolletti, un gran dique de contención llamado dique Ballester y un gran canal de derivación de las avenidas del río Neuquén hacia la cuenca Vidal (lago Pellegrini). Junto al dique se construiría la Boca Toma del Gran Canal Alimentador de la red de riego del Alto Valle.

Así, en 1.909, Decio Severino, elevo al ministerio de obras públicas un informe, en el que incluía un dique de toma de siete kilómetros y un canal de desviación. El 28 de septiembre de 1.909 fue sancionada la ley 6.546, conocida como la ley de irrigación, que autorizaba al poder ejecutivo a contratar directamente a las empresas de ferrocarriles la construcción de las obras de irrigación.

Dichas obras se iniciaron en el año 1.910, construyendo un dique sobre el río Neuquén y una red de canales que permitirían irrigar la totalidad del Alto Valle (unas 60.000 has.), desde la localidad de Contralmirante Cordero hasta la de Chichinales, en una extensión de ciento treinta kilómetros aproximadamente.

El 17 de marzo de 1.910 se inaugura el inicio de la obra del dique Cordero (hoy dique Ingeniero Ballester). Los trabajos quedaron concluidos en 1.916 y marcaron el despegue de la economía básica de la región. Las mejoras del riego se reflejaron en la creciente calidad en los cultivos, que comenzaron a diversificarse. Así tuvo lugar el lento proceso de transformación desde los cultivos anuales (alfalfa y forrajes) hacia la incipiente fruticultura y horticultura, que con el tiempo se convertirían en pilares del desarrollo.

Para 1.928 se había completado la construcción y puesta en marcha de lo que se conoce como el sistema integral de riego del Alto Valle.

El Canal Principal tiene una descarga de regulación al lago Pellegrini y es su punto de nacimiento. Es un canal de tipo telescópico, de 130 km de longitud, es decir que a medida que se originan los canales secundarios se va reduciendo su sección de modo tal que en el km uno la solera es de 45 metros y en el km 129 su solera es de 1,80 metros. Es de tierra compactada y ha recibido tratamiento o revestimientos de distintas características por sectores. Fue proyectado para conducir 45 m^3/seg y actualmente transporta hasta 72 m^3/seg.

Con posterioridad a la construcción del Canal Principal, se construyeron tres usinas hidroeléctricas provinciales, aprovechando desniveles en su curso y que durante varios años proveyeron de electricidad a la zona del valle. Sin embargo, estas usinas provocaron problemas de manejo, pues impedían cortar el agua para la limpieza del canal. En la actualidad, la existencia de otras fuentes de energía evita este inconveniente en el mantenimiento del canal.

Las centrales son:

- Julián Romero (Cinco Saltos) la cual tiene un salto de 13,67 metros y una generación anual actual de 23,6 GWH;
- Cipolletti con un salto disponible de casi 15 metros y una generación anual de 27 GWH; y
- La central de General Roca con un salto disponible de 6,7 metros y una generación de 5,2 GWH.

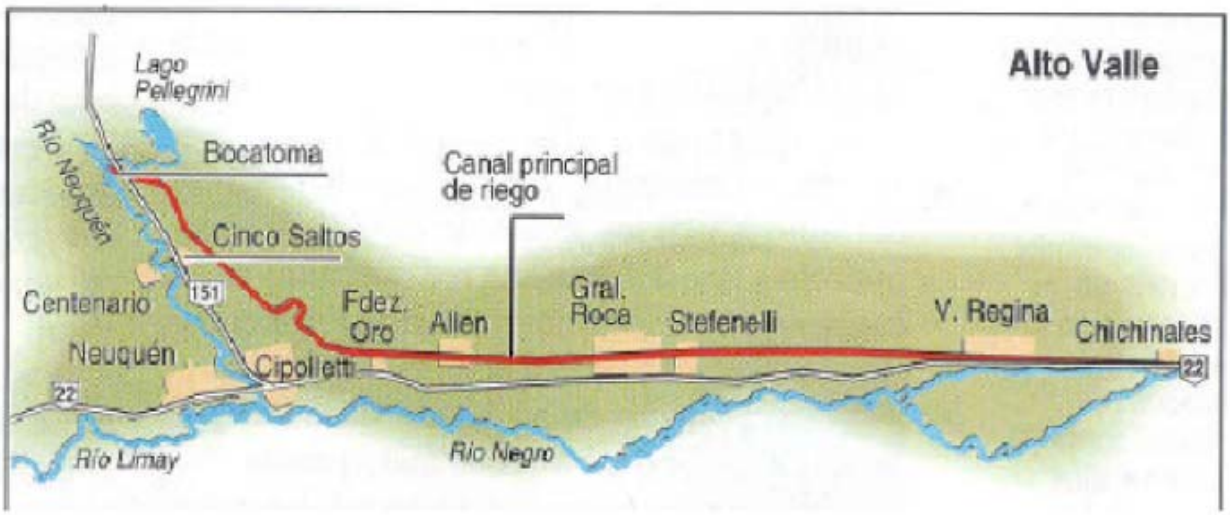


Figura 4: Configuración de los Canales y ubicación de las Usinas Hidroeléctricas Provinciales.

Además del Canal Principal, existen otros canales de la red oficial y comuneros. La red oficial esta bajo la operación y mantenimiento de los Consorcios de riego; el Canal Principal, a cargo del Consorcio de Segundo Grado, y los canales secundarios, terciarios y cuaternarios, a cargo de los Consorcios de Primer Grado. Los canales menores que alimentan las acequias, con responsabilidad de los regantes se denominan comuneros.

Las longitudes totales de estos canales son:

- Primarios (Canal Principal) 129,9 Km
- Secundarios 226,8 Km
- Terciarios 309,4 Km
- Cuaternarios 24,4 Km
- Comuneros 1.286,7 Km

Existe también una red de drenaje o desagües, así como colectores para evacuar los excesos de agua. En un comienzo, el objetivo de esta red era recolectar los excesos de riego y aguas de lluvia, pero posteriormente estos canales se profundizaron para cumplir la función de drenaje. La extensión total de la red es de 497,9 Km.

Según se desprende del estudio realizado por el Consejo Federal de Inversión (CFI – 2.003), existe una importante deficiencia de drenaje debido fundamentalmente a la gran recarga freática que producen las fuertes pérdidas por infiltración, que tienen, en general, la mayoría de los canales de la red de riego; especialmente al principio de la primavera, cuando los niveles freáticos son más profundos.

Dentro de un plan para el mejoramiento del drenaje, la provincia de Río Negro lanzó el proyecto de Sistematización del Río Negro Superior, iniciativa multipropósito destinada, además del mencionado, a la protección contra inundaciones, recuperación de tierras, generación de energía eléctrica y definición de la línea de ribera. Dicho proyecto tiene tres objetivos: proteger las poblaciones de eventuales crecidas no previstas del río, la incorporación de 6.700 hectáreas a la producción y controlar y mejorar todo el sistema de drenaje de las napas freáticas. Se proyecta la construcción de un gran terraplén a modo de defensa en la orilla norte del río Negro, de 6 metros de alto y de 15 de ancho. Este terraplén correría desde Cipolletti hasta Chichinales (unos 130 kilómetros) de manera paralela al río.

A continuación de la enorme pared de la defensa se cavaría un canal que correría la misma cantidad de kilómetros que el terraplén, por gravedad con una profundidad de entre 6 y 12 metros. Ese canal se abastecería desde el mismo río mediante obras de toma de agua y con el aporte de los desagües que colectan el drenaje de las chacras. El caudal del canal, que irá de menor a mayor, alimentaría una serie de centrales hidráulicas (entre seis y nueve) equipadas con mini-turbinas que podrían generar en conjunto más de 700 GWh anuales, un poco menos de lo que produce Pichi Picún Leufú.

Actualmente, en toda la provincia de Río Negro, se encuentran en funcionamiento 18 Consorcios que comprenden una superficie regada consorciada de 117.000 has de un total registrado como área oficial

de 136.000 has e involucra a más de 12.300 usuarios que reciben el servicio de riego gravitatorio. La diferencia entre estas dos superficies esta dada por tierras abandonas sin cultivar por problemas de drenaje o son tierras fiscales que están en estado natural.

La financiación de las actividades se realiza mediante el pago de un Canon de Riego, calculado a partir de la presupuestación de los programas anuales, que se distribuye proporcionalmente de acuerdo a la superficie empadronada de cada parcela.

En lo que respecta exclusivamente al Alto Valle de Río Negro, el mismo cuenta con siete consorcios que pertenecen al Sistema Integral, que implica una superficie empadronada de 60.200 has, equivalente a más de 7.000 usuarios. El valor del canon anual es de aproximadamente 110 pesos en promedio por hectárea. Esto da un presupuesto de 6.622.000 $ o el equivalente de 2.136.000 USD.

CONS. 1° GRADO	AREA / CONSORCIOS / RED OFICIAL	SUP. EMPADRON. (ha.)	CANTIDAD USUARIOS
ALTO VALLE			
	CONSORCIO 2° GRADO CANAL PRINCIPAL	60.201	7.039
1	CINCO SALTOS	4.248	663
2	CIPOLLETTI	7.077	1.133
3	ALLEN	9.555	1.045
4	ROCA	13.207	1.607
5	CERVANTES	4.787	457
6	ING. HUERGO - MAINQUE	7.686	735
7	VILLA REGINA	13.641	1.399
8	CAMPO GRANDE	6.401	350
9	VALLE AZUL	2.870	200

Fuente: DPA de la Provincia de Río Negro

Cuadro 2: Cantidad de Superficie empadronada y Cantidad de Usuarios del riego, en el Alto Valle.

Por último, el acceso al Riego, según los datos del Censo Provincial de Agricultura bajo Riego (CAR 2.005), son los siguientes:

- La superficie sistematizada de riego en la zona valletana asciende a las 95 mil hectáreas.
- El Alto Valle cuenta con el 55% del total;
- El Valle Medio con el 33%, y;
- El restante 12% se ubica en el Valle Inferior.

Si el análisis se concentra en las localidades, se observa que:

- Tres localidades del Alto Valle: Allen, General Roca y Villa Regina, concentran más del 42% del área sistematizada de riego.
- En el Valle Medio ocurre algo similar, ya que la localidad de Luís Beltrán, Lamarque y Pomona, representan el 66% de la superficie con riego sistematizado de dicho valle.
- En el Valle Inferior, la totalidad de la superficie sistematizada de riego se ubica en la localidad de General Conesa.

En el siguiente Cuadro 3 se observan los detalles de la cantidad de hectáreas regadas por localidad y agrupadas en los tres valles.

Superficie Sistematizada de Riego por Localidad del Alto Valle, Medio e Inferior			
Valles Rio Negro	**Localidad**	**Has. por Localidad**	**Has. por Valle**
ALTO VALLE	Allen	8.550	52.515
	Barda del Medio	133	
	Campo Grande	753	
	Catriel	2.525	
	Cervantes	3.878	
	Chichinales	1.684	
	Cinco Saltos	2.119	
	Cipolletti	6.497	
	Contralmirante Cordero	574	
	General Enrique Godoy	1.859	
	General fernandez Oro	1.636	
	General Roca	8.177	
	Ingeniero Huergo	2.754	
	Mainque	3.163	
	Sargento Vidal	647	
	Valle Azul	892	
	Villa Manzano	1.149	
	Villa Regina	5.525	
VALLE MEDIO	Choele choel	2.900	31.021
	Chimpay	3.755	
	Coronel Belisle	3.143	
	Darwin	610	
	Lamarque	6.588	
	Luis Beltran	7.658	
	Pomona	6.367	
VALLE INFERIOR	General Conesa	11601	11.601
TOTAL VALLES RIO NEGRO		95.137	95.137

Fuente: Censo Provincial de Agricultura bajo Riego (CAR 2005)

Cuadro 3: Superficie bajo Riego por localidad. Alto Valle, Valle Medio y Valle Inferior.

a.11) Transporte y Distribución de Energía Eléctrica

Desde el año 1.998 la empresa Transcomahue S.A. presta el servicio de transporte por distribución troncal de energía eléctrica en la zona del Comahue, subsistema Río Negro, por concesión otorgada por el Estado Nacional entre las localidades de Villa Regina y la central termoeléctrica “Alto Valle” en Neuquén y desde allí hasta Catriel.

Por distintas circunstancias las obras de transporte propuestas para operar y mantener el sistema de suministro con la confiabilidad necesaria no se llevaron a cabo y consecuencia de ello el trasporte no ha acompañado los incrementos de la demanda, quedando rezagado por la falta de implementación de nuevas expansiones. Por estas, entre otras razones, el Estado Provincial, a través de Transcomahue S.A. ha tomado la decisión de ejecutar las obras necesarias para el logro de un servicio que operaría con niveles de confiabilidad y seguridad acordes con las pautas prefijadas. Los criterios para diseñar este plan partirán de evaluar las consecuencias a las que se llegaría si las obras previstas no se hicieran.

En la Provincia de Río Negro la demanda, que se mantuvo deprimida a principio de la década, en los últimos años ha revertido el proceso, provocando un fuerte crecimiento. Según se aprecia en el siguiente cuadro, para esta provincia la demanda de energía crece fuertemente desde el año 2.002. La razón de este incremento fue centralmente la reactivación de la fruticultura y sus industrias anexas. En menor grado influye la industria petrolera. Estas obras de ampliación del suministro de energía, serán básicas para evitar una situación limitante para la fruticultura.

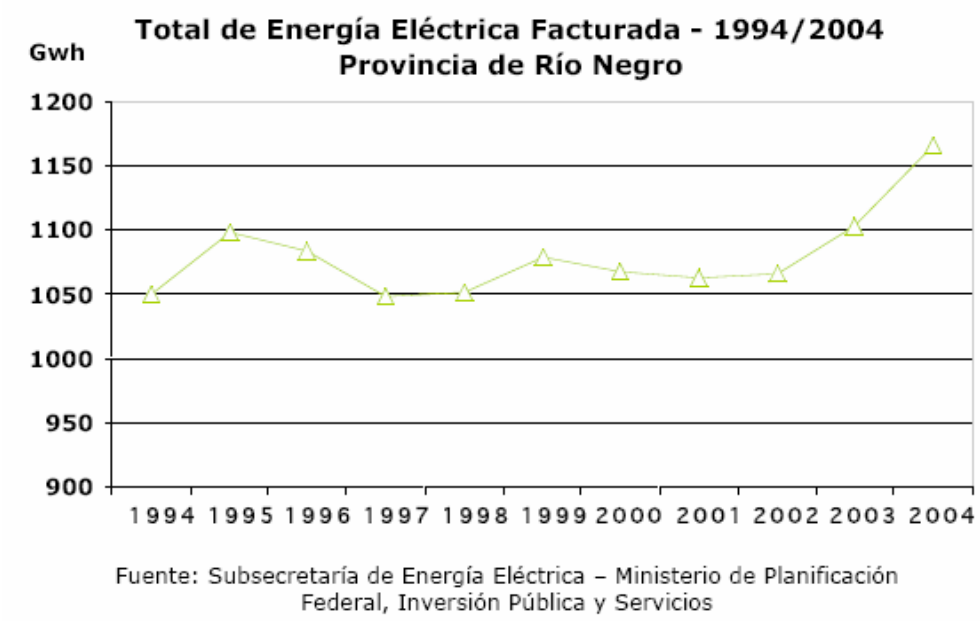


Gráfico 8: Energía Eléctrica Facturada. Provincia de Río Negro.

Al Sistema de Transporte por Distribución Troncal Comahue se vinculan las instalaciones del Ente Provincial de Energía de Neuquén (EPEN) en Neuquén, Empresa de Energía Río Negro S.A. (EDERSA) en Río Negro y Administración Provincial de Energía de La Pampa (APELP) en La Pampa, en su carácter de Agentes Distribuidores, los Generadores ubicados en la región y los Grandes Usuarios son los que en conjunto, con el trasporte, conforman una unidad típico/operativa.

El sistema de transporte de energía eléctrica en la provincia de Río Negro tiene característica radial con una sola línea de 132 KV que alimenta varios centros de consumo. Esto significa que la indisponibilidad de uno de los elementos de transporte provoca cortes del suministro o baja calidad en el suministro del servicio. Existe también en forma latente la posibilidad de un apagón de grandes dimensiones con las consecuencias sociales y económicas que el mismo implica.

Adicionalmente, el sistema de transporte en el Valle Medio depende de una antigua línea de 66 KV cuya capacidad está al límite de su posibilidad de transmisión no permitiendo el crecimiento de la demanda eléctrica, justamente en un lugar donde la producción frutihortícola está registrando un crecimiento explosivo.

5.2.2. CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DE LA REGIÓN

Neuquén es la mayor generadora de energía eléctrica de la Argentina. El aprovechamiento de los ríos neuquinos con embalses, diques compensadores, represas y otras obras de infraestructura, permiten a la provincia aportar grandes cantidades de electricidad al Sistema Interconectado Nacional. Este tipo de energía se complementa con la industria del gas y el petróleo, de los cuales Neuquén aporta el 48 % y 42 % del total nacional, respectivamente, transformándola en la mayor productora de energía del país.

Los diversos aprovechamientos hidroeléctricos que tienen hasta el día de hoy, los ríos Limay, Neuquén se presentan en el siguiente mapa de la región del Comahue:

Figura 5: Mapa de la región del Comahue

a) Represa Hidroeléctrica de Alicurá

Se ubica en la precordillera andina, en un sector del río Limay que es sin lugar a dudas privilegiado dentro de la naturaleza, a 30 km aguas arriba de la confluencia del río Limay con el Collón Curá, a 110 km aguas abajo del lago Nahuel Huapí, a 130 km al Sur se encuentra la ciudad de Bariloche y al Norte, a 190 km, la ciudad de San Martín de los Andes.

La cola del lago formado por la presa de Alicurá llega hasta la confluencia Limay – Traful, en el denominado Valle Encantado. El objetivo de este aprovechamiento es la producción de energía hidroeléctrica. Pese al reducido volumen del embalse, se pudo acrecentar el caudal del río Limay durante los periodos de aguas bajas y reducir, de forma sensible, los picos de sus crecidas.

La central ubicada sobre la margen izquierda del río es del tipo "exterior" con 4 grupos generadores del tipo Francis Vertical, con una potencia instalada de 1.000 MW y genera una energía media anual de 2.360 GWh (serie 1.985 – 1.995).

La obra está constituida por una presa de eje perpendicular al curso del río, y un canal de aducción, tuberías de presión exterior y aliviadero ubicadas sobre la margen izquierda del río. El nivel máximo es de 705 m.s.n.m. y el mínimo es de 692 m.s.n.m. Su inicio de llenado data del año 1.983.

La presa es de materiales sueltos granulares de sección heterogénea con un núcleo de material impermeable. Su altura es de 120 m, con una longitud en el coronamiento de 850 m. Las aducciones a la central y al vertedero se unifican mediante un canal alimentador, que lleva el agua a una dársena adosada al extremo de margen izquierda de la presa. Esta dársena se abre en dos ramas, una de las cuales es la obra de toma de la central, y la otra, termina en el vertedero diseñado para un caudal máximo de 3.000 m^3/s.

La obra de toma consiste en una estructura de hormigón de gravedad. La conducción de agua a la central se realiza mediante 4 tuberías de presión, exteriores, de acero de 7,50 metros de diámetro y una longitud de 200 metros.

La Figura 6 presenta un vista general de la Represa Alicurá. La información de detalle sobre las características constructivas y operativas de este emprendimiento se encuentra en la Referencia [12].

Figura 6: Vista área de la Represa Alicurá.

b) Represa Hidroeléctrica Piedra del Águila

La central hidroeléctrica de Piedra del Águila está ubicada sobre el río Limay, entre las provincias de Río Negro y Neuquén, aguas arriba del embalse y central de El Chocón. La potencia instalada es de 1.400 MW y una generación media anual de 5.500 GWh.

Su ubicación es el límite natural entre la estepa patagónica y la precordillera andina. La localidad más cercana es Piedra del Águila, a 25 km. La fisonomía del lugar es rocosa, con caprichosas formaciones naturales. El nivel máximo es de 592 m.s.n.m. y el mínimo es de 577 m.s.n.m. El inicio del llenado se comenzó en el año 1.990.

El complejo se encuentra a 240 km de San Carlos de Bariloche y a 230 km de la ciudad de Neuquén. Se trata de la mayor central construida exclusivamente en territorio argentino; consta de una presa de hormigón de gravedad con una altura de 173 metros, y un aliviadero para soportar hasta 10.000 m^3/seg. para evacuar las grandes crecidas del río Limay y la longitud de la represa es de 800 metros.

Finalmente, vierte sus aguas junto a la localidad que lleva su nombre, cabecera del Departamento homónimo, en el extremo sur-occidental del embalse Ezequiel Ramos Mejía, así pues, forma parte de la cuenca del río Limay.

Tiene como funciones la producción de energía eléctrica y la regulación del río Limay, mediante la disponibilidad de un volumen de 2.000 Hm^3, para contribuir a la atenuación de las crecidas de invierno. Está compuesta por: presa de hormigón, central, obra de toma y conducción, aliviadero y descargador de fondo.

La central hidroeléctrica, exterior, ubicada al pie de presa está equipada con cuatro grupos de 350 MWh cada uno. El proyecto prevé la adición de dos grupos similares. La obra de toma consiste en una estructura de captación abocinada, controlada por compuertas planas. El aliviadero está ubicado en la margen izquierda. El descargador de fondo ubicado en el cuerpo de la presa en margen derecha asegura un caudal mínimo hacia aguas abajo.

La Figura 7 presenta un vista general de la Represa Piedra del Águila. La información de detalle sobre las características constructivas y operativas de este emprendimiento se encuentra en la Referencia [12].

Figura 7: Represa Piedra del Águila.

c) Represa Hidroeléctrica Pichi Picún Leufú

El Aprovechamiento Hidroeléctrico Pichi Picún Leufú no tiene funciones de regulación de crecidas y se encuentra emplazado sobre el río Limay, que constituye el límite natural entre las provincias de Neuquén y Río Negro, y está ubicado a unos 230 km hacia aguas arriba de la ciudad de Neuquén.

En el embalse creado a partir de la represa, nos encontramos con gran cantidad de islas y grandes profundidades que son del antiguo curso del río y también con barrancas.

A continuación en la Figura 8, se muestra una vista del complejo Pichi Picún Leufú.

Figura 8: Represa Pichi Picún Leufú.

El Aprovechamiento Hidroeléctrico Pichi Picún Leufú consta de un cierre central a través de una Presa de materiales sueltos con paramento impermeable de hormigón, un Vertedero controlado mediante 6 compuertas radiales, una Central Hidroeléctrica y una Obra de Toma integrada a la misma.

La producción de energía es provista por 3 turbinas tipo Kaplan con sus correspondientes generadores. Completan el equipo electromecánico los respectivos transformadores elevadores de tensión y una estación de maniobras de 500 KV en SF6.

El Embalse tiene un nivel máximo de 480 m.s.n.m. y un nivel mínimo de 477 m.s.n.m. El área del embalse es de 19 km^2. El Volumen activo de operación es de 35 hm^3 y el total del embalse de 197 hm^3. El caudal medio del río es de 720 m^3/segundo.

El cierre frontal del río se materializa mediante una Presa de materiales sueltos, con una cara impermeable de hormigón que se vincula con la roca de fundación a través de una losa de hormigón denominada Plinto. La altura máxima de la Presa sobre el punto más profundo de la fundación es de 54 m, y su longitud total es de 1.045 metros, con un nivel de coronamiento de 482,70 m.s.n.m.

El Vertedero es una estructura que permite la descarga de eventuales crecidas. Permite evacuar un caudal máximo de 10.300 m^3/segundo, que corresponde al caudal necesario a erogar en caso de producirse la Crecida Máxima Probable según el proyecto en la cuenca de aporte.

El conjunto de la Obra de Toma y Central ha sido construido mediante un diseño integrado, y se encuentra emplazado en la margen derecha del valle fluvial.

La Central Hidroeléctrica está equipada con 3 turbinas tipo Kaplan cada una con una potencia nominal de 87 MW, accionando tres generadores de 90 MVA de potencia unitaria conectados a sus correspondientes transformadores de elevación de tensión a 500 KV, dotada además de todo el equipo eléctrico y mecánico auxiliar requerido para la operación y mantenimiento regular. La potencia total instalada es de 261 MW y produce una energía anual promedio de 1.080 GWh.

d) Represa Hidroeléctrica El Chocón

En 1.967 la empresa Nacional Hidronor S.A. inició las obras del complejo Chocón-Cerros Colorados con el propósito de controlar las crecidas de los ríos, disminuir los efectos de las bajantes prolongadas, aumentar las superficies bajo riego y producir energía eléctrica. Fue el primero en construirse y constituye el principal atenuador de crecidas, siendo este su objetivo prioritario. Para ello de sus 20.200 Hm^3 de capacidad de almacenamiento (a nivel máximo normal), dedica durante mayo a agosto los 3,50 m superiores (equivalentes a un volumen de 2.800 Hm^3) para almacenar los caudales de las crecidas que puedan presentarse. Se encuentra a 75 km de la ciudad de Neuquén y la localidad más cercana es Villa El Chocón.

El lago artificial embalsado con aguas provenientes del río Limay lleva el nombre de Ezequiel Ramos Mejía, formando un espejo de agua de 82.500 has, siendo más grande que el lago natural cordillerano Nahuel Huapí. El agua turbinada en El Chocón es regulada aguas abajo por el dique de Arroyito.

La central hidroeléctrica se encuentra en el extremo Norte del lago sobre la represa. Dicho complejo hidroeléctrico tiene 1.200 MW de potencia instalada y la generación media anual es de 3.350 GWh/año.

Entre 1.974 y 1.995 produjo un promedio anual de 2.700 GWh. En 1.993 se privatizó, con la concesión a Hidroeléctrica El Chocón SA.

La presa tiene 2.500 metros de longitud, y el salto producido por la misma se aprovecha en la central para generar energía mediante seis tuberías conectadas a sus turbinas. La central está en la margen izquierda del río, al pie de la presa. La altura máxima medida desde el terreno natural es de 66 m. El nivel máximo es de 381 m.s.n.m. y el mínimo es de 376 m.s.n.m. El caudal medio anual es de 713 m^3/segundo.

La presa es de materiales sueltos, con núcleo impermeable y espaldones de grava. La altura máxima sobre el nivel de fundación es de 86 metros. El nivel de coronamiento a cota s/nivel del mar es de 386 metros. El ancho de base es de 380 metros. El Aliviadero de crecidas maneja un caudal máximo de descarga de 8.000 m^3/segundo.

Las Turbinas tipo Francis de eje vertical, el salto neto nominal de funcionamiento es de 58,40 metros y la velocidad de rotación de: 88,33 rpm. Cuenta con seis generadores de 200 MW cada uno y poseen transformadores individuales de 180 MVA.

La Figura 9 presenta una vista general de la represa El Chocón. La Información de detalle sobre las características constructivas y operativas de este emprendimiento se encuentra en la Referencia [14].

Figura 9: Represa El Chocón (Fuente: Referencia [14])

e) Dique compensador ARROYITO

El dique compensador Arroyito se construyó con el objeto de regular los caudales erogados por la central de El Chocón. No participa de la regulación de crecidas del río Limay.

La Presa está constituida por un terraplén homogéneo de grava arenosa, permeable, con una altura máxima, medida desde el terreno natural de 18 m y una longitud de 3.500 m. El volumen del embalse a nivel máximo normales es de 340 Hm^3. La obra de toma y central constituyen una única estructura y forman parte del cuerpo de la presa.

La central hidroeléctrica, con capacidad para turbinar hasta 900 m^3/s, está equipada con 3 turbogeneradores tipo Kaplan con una potencia instalada de 120 MW. Cuenta con un vertedero con capacidad máxima de evacuación de 3.000 m^3/s. La energía media anual es de 560 MWh/año.

f) Represa Hidroeléctrica Planicie Banderita

La Represa Hidroeléctrica Planicie Banderita esta construida sobre el río Neuquén y debido a la importancia que tiene en la regulación de dicho río y los beneficios en el riego que trae al Alto Valle, es por eso que se la tiene en cuenta en esta caracterización.

El Complejo hidroeléctrico Cerros Colorados se encuentra ubicado en el valle inferior del río Neuquén, a 60 Km al noroeste de la ciudad de Neuquén. El complejo está constituido por las presas Portezuelo Grande, Loma de la Lata, Mari Menuco, Planicie Banderita y El Chañar y los embalses Mari Menuco, Los Barreales y El Chañar.

Las aguas del Neuquén son embalsadas por el complejo Cerros Colorados, en dos profundas depresiones naturales dando lugar a la formación de los lagos: Los Barreales y Mari Menuco. El agua acumulada en la primera se deriva a la segunda, manteniéndose una diferencia de 69 metros entre el nivel de su espejo de agua y el del río Neuquén en Planicie Banderita.

En Portezuelo Grande con obras de cabecera y canal de derivación, se derivan las aguas del río Neuquén hacia la cuenca Los Barreales, exceptuando las destinadas a riego.

En Planicie Banderita con obras de cabecera, canal de alimentación y central hidroeléctrica de 450 MW, las aguas que mueven las turbinas de la central hidroeléctrica son restituidas al río, donde una presa compensadora ajusta el escurrimiento a las necesidades.

Emplea dos generadores Siemens AG equipados con turbina Francis, c/u con una potencia de 243 MW, para generar 1.550 GWh/año. Planicie Banderita entrega la energía eléctrica generada, al Sistema Interconectado Nacional en 500 kV de tensión.

La Presa es de materiales sueltos con núcleo impermeable. La altura máxima de presa sobre nivel de la fundación es de 35,5 m. La longitud de coronamiento es de 590 m. La cota de coronamiento es de

417,5 m.s.n.m. El caudal nominal unitario es de 392 m^3/segundo.

A continuación se presenta la Figura 10 con la conformación llamada complejo Cerros Colorados.

Figura 10: Complejo Cerros Colorados.

g) Centrales Hidroeléctricas Proyectadas

Debido a las características particulares de la zona, se han proyectado aprovechamientos hidroeléctricos de tal forma de obtener el máximo beneficio de los ríos de la región.

Por este motivo las obras proyectadas construir, son las siguientes:

- Chihuido I: 852 MW.
- Chihuido II: 377 MW.
- Segunda Angostura: 120 MW.
- Michihuao: 621 MW.
- Senillosa: 101 MW.
- Plottier: 101 MW.
- Collón Cura: 376 MW.

Se observa que el potencial hidroeléctrico es de casi 2.550 MW lo que hace que la región siga teniendo un potencial energético de características extraordinarias.

h) Resumen de las características principales de las Represas Hidroeléctricas

La Tabla 2 presenta un resumen de las principales características de estos emprendimientos:

Obra	Tipo de Presa	Altura Máxima [m]	Volumen Embalse [Hm3]	Superficie del Lago [km2]	Vertedero Q Max. [m3/s]	Potencia instalada [MW]	Energía Media Anual [GWh]
Alicurá	Materiales sueltos	120	3.215		3.000	1.000	2.360
Piedra del Águila	Hormigón	170	11.300		10.000	1.400	5.500
Pichi Picún Leufú	Materiales sueltos	54	197	19	10.300	260	1.080
El Chocón	Materiales sueltos	86	20.200	816	8.000	1.200	3.350
Arroyito	Materiales sueltos	26	340		3.000	120	560

Obra	Tipo de Presa	Altura Máxima [m]	Volumen Embalse [Hm3]	Superficie del Lago [km2]	Vertedero Q Max. [m3/s]	Potencia instalada [MW]	Energía Media Anual [GWh]
Planicie Banderita	Materiales sueltos	69				450	1.550
TOTALES						**4.430**	**14.400**

Tabla 2: Principales características de las Represas Hidroeléctricas.

Se observa que la potencia instalada en centrales hidráulicas en la región representa cerca del 20 % de la potencia instalada a nivel nacional y la energía generada cerca del 30 % del total anual.

5.2.3. EL VALLE BAJO RIEGO

El valle del río Limay es una importante zona productiva bajo riego. La cuenca del Limay se extiende desde la cordillera hasta el Atlántico. En sus nacientes recibe el aporte de una densa red imbrífera que registra las mayores precipitaciones pluviales y nivales de la región debido a los vientos húmedos provenientes del Pacífico.

Cuando atraviesa la meseta patagónica lo hace como río alóctono y con caudales significativos durante todo el año. Su módulo anual es de 750 m^3/seg., con un caudal medio variable desde que nace. El Alto Valle incluye al río Neuquén tramo Cipolletti - Cinco Saltos, el Limay tramo Neuquén – Senillosa y el Negro tramo Cipolletti – Chichinales, forma un delgado corredor de 120 km de largo asociado al río, donde viven aproximadamente 500.000 personas. La economía principal de este valle es la fruticultura bajo riego. El principal producto es la fruta y sus derivados.

La producción global del conjunto de actividades agroindustriales del valle se estima en aproximadamente 300 millones de dólares/año.

En todo este sector del valle se ubican una gran cantidad de centros urbanos. De todo este sector, el departamento Confluencia en Neuquén es uno de los más poblados. A partir de los ’70 la capital neuquina creció a ritmo acelerado, superior al resto de las localidades del valle y presta actualmente funciones que trascienden los límites de la provincia, con un área de influencia que alcanza a las localidades de Cinco Saltos, Cipolletti y Allen en la provincia de Río Negro.

Alrededor de la actividad agropecuaria gira una compleja estructura económica que involucra procesos industriales y servicios vinculados a la fruta como procesos de acondicionamiento y empaque, deshidratación o elaboración de jugos para exportación. Además muchos establecimientos complementan su actividad e ingresos con animales de granja y aves de corral para la producción de carne y huevos. En cuanto a la actividad industrial, en Senillosa hay un parque industrial donde se asientan entre otras: un matadero; un frigorífico; una empresa de servicios petroleros; una planta de alimento balanceado; una fábrica de artículos de cemento y fibrocemento y una fábrica de envases y embalajes. En Plottier están dispersos por toda la ciudad: aserraderos, carpinterías, fábricas de terciados y aglomerados, bodega productora de vinos y fábrica de jugos concentrados.

Las represas hidroeléctricas ubicadas sobre el río Limay han modificado profundamente su régimen original. Con el río regulado se atenuaron los picos de crecida y la severidad de los estiajes. Esto ofrece una regularidad de caudales a lo largo del año, pero al mismo tiempo la posibilidad de cambiar significativamente el caudal en el río cuando la demanda hidro-energética lo requiere.

5.3. APLICACIÓN DEL MARCO DE EVALUACIÓN

Con la aplicación del marco de evaluación y las diferentes metodologías aplicables para valorizar sus atributos, se pretende obtener un valor monetario específico ($/año) atribuible a la obra hidroeléctrica en consideración, que sea representativo del valor económico de la misma.

En algunos atributos, como por ejemplo la venta de energía, esta valoración específica ($/año) es directa. En otros casos, como por ejemplo el valor de los terrenos, o su apreciación a partir de la construcción de la obra, es más difícil de expresar en forma específica, puesto que su valor económico no esta sujeto a la producción de un bien en el tiempo. Por este motivo, no se ha logrado en este caso arribar a una valoración expresada en $/año para todos los atributos.

En la tabla siguiente se resumen los atributos considerados en este análisis, la valoración obtenida y una breve síntesis de la metodología seguida para su estimación. Posteriormente se describe en detalle cada uno de estos atributos considerados.

Categoría/Atributo	Beneficiarios	Metodología de valuación / estimación	Valor estimado total MMUSD/año
Generación de energía			
Energía	Agentes del MEM y usuarios finales y consumidores finales	Calculado a partir de la producción media anual y precio medio de la energía.	355
Potencia	Agentes del MEM y usuarios finales	Metodología de CAMMESA para determinar el cargo por potencia puesta a disposición.	No evaluado en este caso
Servicios Complementarios	No aplica al caso del MEM		No aplica
Influencias Socioeconómicas			
Irrigación	Comunidad de la región (Economía de la región)	Estimación a partir de informes estadísticos	3,38
Valoración de la propiedad	Comunidad local e inversores en inmobiliarios	Estimación a partir de informes estadísticos	285(1)
Empleo	Principalmente la comunidad regional	Estimación a partir de datos utilizados en EE.UU. y de proyectos hidroeléctricos en Argentina.	95,7
Recreación y deporte	Economía de la región	Se requiere modelos apropiados para estimar o que es asignable a las obras hidroeléctricas.	No considerado en este caso.
Navegación	Comunidad ribereña. Economía de la región.		No se dispone de información relevante sobre este aspecto.
Control de crecidas	Comunidad local. Permite el desarrollo. Permite el desarrollo económico y social de la región.	Existen metodologías desarrolladas en EE.UU., pero no es directa su aplicación al caso Argentino. Dada la relevancia en este caso, se considera casi la totalidad de la producción agroindustrial de la región afectada.	200

(1) Valor total no referido al periodo de un año.

Tabla 3: Resumen de la Valoración de Atributos para las Obras consideradas.

5.4. CATEGORÍA I: PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

El valor de la energía media producida por las seis centrales hidráulicas de la región, se puede calcular como el producto de la energía media generada por el precio medio de la energía del mercado, dando como resultado los ingresos anuales por generación de dichos emprendimientos.

Presa	Potencia instalada [MW]	Energía Media Anual [GWh]	Precio Medio $/MWh	Energía Media Anual $/año	Energía Media Anual (tasa= 3,10$/USD) USD/año
Alicurá	1000	2360	76,46	180.445.600	58.208.258
Piedra del Águila	1400	5500		420.530.000	135.654.839
Pichi Picún Leufú	260	1080		82.576.800	26.637.677
El Chocón	1200	3350		256.141.000	82.626.129
Arroyito	120	560		42.817.600	13.812.129
Planicie Banderita	450	1550		118.513.000	38.230.000
TOTALES	**4430**	**14400**		**1.101.024.000**	**355.169.032**

Tabla 4: Ingresos por Energía Media Vendida.

Se puede observar que los ingresos medios por año están en el orden del 1.101.024.000 $. A una tasa de cambio de 3,10 $/USD, da un equivalente en dólares de 355.169.032 USD.

5.5. CATEGORIA II: INFLUENCIAS SOCIOECONÓMICAS

5.5.1. ATRIBUTO: IRRIGACIÓN

Conforme a lo que se detalló en la caracterización de la zona del Alto Valle, la financiación de las actividades de irrigación se realiza mediante el pago de un Canon de Riego, que se calcula a partir del presupuesto de los programas anuales y que se distribuye proporcionalmente de acuerdo a la superficie empadronada de cada parcela.

El Alto Valle cuenta con siete consorcios que pertenecen al Sistema Integral, que tienen una superficie empadronada de 60.200 has, equivalente a más de 7.000 usuarios. El valor del canon anual es de aproximadamente 110 pesos en promedio por hectárea. Esto da un presupuesto de 6.622.000 $ o el equivalente de 2.136.000 USD.

Según los datos del Censo Provincial de Agricultura bajo Riego 2.005, la cantidad de hectáreas con acceso al Riego son 95.137 has.

Si bien no se dispone con la información de lo que sucede con el canon de las casi 35.000 has que da la diferencia, pero haciendo la estimación de que se paga también 110 $ por hectárea, esto da un resultado final aplicado a la totalidad de las 95.137 has de un presupuesto de 10.465.070 $, que a una tasa de cambio de 3,10 $/USD, da un equivalente en dólares de 3.375.830 USD anuales.

Es importante aclarar que este canon esta solo dedicado a las actividades de operación y mantenimiento de las redes de irrigación y no tienen en cuenta los mantenimientos mayores, ni la amortización del capital invertido para dichas obras. Tampoco en el costo del canon esta incluido la previsión de nuevas obras de ampliación ni de reposición.

5.5.2. ATRIBUTO: VALOR DE LA PROPIEDAD

El valor de las propiedades es un valor en la actualidad que depende del mercado inmobiliario y este ha sufrido distintos avatares que hace que este muy convulsionado y los valores que se piden por una hectárea de tierra dependan mucho del valor a futuro del negocio, puesto que si tiene plantaciones, se calcula como el precio base de la tierra mas los ingresos esperados por las ventas de lo que produzca en un determinado tiempo, que depende de la vida de la planta mas una rentabilidad esperada por la venta.

Para el caso que nos ocupa, lo que importa es el valor base que toma la tierra por el solo hecho de tener derecho a riego o por tener agua subterránea a una profundidad mínima, que la hace productiva. Es de esperar que una tierra que no tiene estos beneficios naturales o artificiales, en el mercado tenga un valor marginal cercano a cero, puesto que la productividad al no tener agua, será cero y nadie se interesara en invertir en este tipo de negocio.

De la información recopilada del mercado inmobiliario, la hectárea antes de la crisis del 2.001, tenía un precio que oscilaba los 2.000 a 3.000 $, equivalente a dólares. También es cierto que chacras de 17 has se están vendiendo en el mes de octubre de 2.007, en 10.000 USD la hectárea, pero con todo el valor agregado que tienen las plantaciones. Como así también otra propiedad productiva de 1.200 has se vendió en septiembre de 2.007 en 25 millones de USD, significando un valor unitario de 6.250 USD/has.

Para el fin del estudio se estimara que el valor de la hectárea de tierra base sin mejoras pero con derecho al riego se encuentra en el orden de los 3.000 USD/has.

Del punto de caracterización se obtuvo que la cantidad de hectáreas productivas es de 95.137 has. Si se aplica el valor de 3.000 USD/has, el producto da el resultado de 285.411.000 USD.

Se observa que los casi 290 millones de USD estimados del valor base de las tierras productivas, no tienen en cuenta las inversiones en las plantaciones, pero si el riego no estuviera disponible y la zona segura gracias a que las represas que contienen las crecidas de los ríos, el valor marginal seria cero.

5.5.3. ATRIBUTO: CREACIÓN DE EMPLEO

El valor de la creación de empleo debido a emprendimientos hidroeléctricos está asociado tanto con la construcción de la obra, la operación y mantenimiento de la misma y todos los empleos indirectos que se desprenden de la actividad, los cuales están relacionados fundamentalmente con la prestación de servicios.

El departamento de Energía de los Estados Unidos elaboró un estudio en 1996, donde buscaba capturar los beneficios económicos asociados a la industria eléctrica. En este estudio se analizó la contribución de la hidroelectricidad al conjunto de la industria eléctrica. Para ese estudio de utilizó un modelo de simulación económica denominado IMPLAN, que permite estimar flujos de actividad económica por región o para el conjunto del país.

De los resultados de ese estudio para el caso de EE.UU. se desprende que la actividad hidroeléctrica para ese país arroja un valor estimado de 1,8 empleos por MW de potencia instalada. Resulta claro que una central de 200 MW no emplea 360 personas, por lo que tal valor está relacionado con la creación de empleo secundario fuera de la producción directa de una central.

Si se aplica esta aproximación al caso en estudio, donde la potencia total instalada de las centrales consideradas es 4430 MW, se obtiene una cantidad de empleos de 7975. Si se considera un salario medio de USD 15000 al año, se puede estimar en valor generado por estas obras en concepto de empleos como 7975 empleos*12000 USD/año = 95 700 000 USD/año.

En el caso de obras y proyectos hidroeléctricos en Argentina se puede encontrar estimaciones relativas del impacto sobre el empleo de proyectos de generación hidroeléctricas. Así por ejemplo, para el caso de Chihuido II se calcula la creación de 1.500 puestos directos durante los 4 años de construcción, los que por su efecto multiplicador se estima se ampliarán a aproximadamente 10.000. Además, se estima que aportará aproximadamente unos 5.000 puestos permanentes aplicados a las múltiples labores asociadas al desarrollo de las 7.000 has de cultivos diversos y plantas agroindustriales.

El objetivo primordial de este proyecto es la producción de energía eléctrica, a partir de un embalse que define un salto hidráulico de aproximadamente 52 metros con una potencia (mínima) instalada de 228 MW y una generación media anual no inferior a 1.052 GWh. Sin embargo, y en forma indirecta, el aprovechamiento mencionado también contribuirá por un lado al control de crecidas mediante la regulación del tramo medio del río Neuquén, y por otro, a la irrigación a partir del embalse y la instalación de una central de bombeo así como la construcción del sistema de troncal de distribución de agua para riego. Se estima que la superficie bajo riego será de aproximadamente 7.000 hectáreas en una zona próxima a las dos localidades mencionadas, las que junto con las obras de infraestructura correspondientes permitirá el desarrollo de un polo agrícola e industrial en el área.

Si bien este ejemplo muestra que hay estimaciones del impacto sobre el empleo para proyectos específicos en el país, estas estimaciones no proporcionan una referencia clara para el tipo de valoración que se pretende con la aplicación del marco de evaluación. En efecto, si se toma por ejemplo el caso anterior, se observa que la estimación comprende una cantidad de empleos durante el periodo de construcción, los cuales lógicamente desaparecen una vez finalizada la obra. No resulta directo correlacionar estos empleos con lo que genera la obra a lo largo de su vida útil, y por lo tanto no es significativo expresar los mismos referidos a un periodo de una año. La estimación que surge del trabajo de la FERC en cambio, proviene de la consideración del impacto de la generación eléctrica sobre toda la actividad económica de una región, a partir del uso de un modelo económico complejo. Por lo tanto, se entiende que esta estimación resulta más significativa para este tipo de valoración, porque es una medida del efecto global sobre el empleo que tiene este tipo de emprendimientos.

5.5.4. ATRIBUTO: CONTROL DE CRECIDAS

La valoración económica objetiva de este atributo resulta dificultosa y sujeta a disparidad de criterios en relación con su evaluación y significación. En ciertos casos, fundamentalmente en proyectos futuros, la valoración del control de crecidas se basa en la evaluación de los daños provocados por crecidas, que son evitados por la obra. Para esto debe analizarse las frecuencias e intensidad de crecidas en relación con los daños que estas provocarían en los escenarios "con la obra" y "sin la obra".

El reporte de La Comisión Mundial de Presas (World Commission on Dams - WCD) de la referencia [15] señala que las evaluaciones del MDB (Multilateral Development Bank) sobre el efecto del control de crecidas en obras hidroeléctricas están basadas en todos los casos en la reducción del daño que se logra como consecuencia de la obra. Sin embargo, el mismo reporte indica que la valoración de este atributo raramente se realiza. Al respecto el mismo informe puntualiza que ninguno de los casos estudiados por la WCD se ha incluido la valoración de este aspecto. Por otro lado se señala que en un estudio del Banco Mundial sobre emprendimientos hidroeléctricos, solo en seis de los veintiséis proyectos incluidos en el estudio se evaluó el impacto económico del control de crecidas. En los casos en los que se consideró se empleó un modelo de simulación que permite estimar las frecuencias y profundidad de las crecidas.

La valoración de los beneficios económicos derivados del control de crecidas mediante la evaluación de daños evitados resulta un problema imbricado en el caso de emprendimientos con muchos años de servicio, como es el caso de la represa El Chocón y las demás obras del río Limay. En efecto, el desarrollo económico actual de la cuenca se debe en gran medida a que el control de crecidas que proporcionaron estas obrar brindó la confianza necesaria para se produjera el asentamiento poblacional y el desarrollo agroindustrial de la región afectada. Si las obras no se hubieran concretado, el desarrollo de la zona habría muy diferente al actual. Por ende, una valoración objetiva de los daños evitados por crecidas debería considerar el estado de desarrollo de la región afectada previo a la concreción de la obra, o bien una hipótesis sobre el desarrollo que habría tenido la región si la obra no se hubiese realizado.

Una apreciación más completa de los beneficios del control de crecidas debería considerar la suma de los efectos perjudiciales de las crecidas incontroladas. Entre estos pueden mencionarse los siguientes:

- Daños a: las infraestructuras (rutas, ferrocarriles, red de riego, centros urbanos, etc.); a la capacidad de producción agrícola (erosión del suelo, destrucción de plantaciones, etc.) y a la cosecha misma.
- Falta de aprovechamiento de zonas aptas adyacentes a los ríos y por lo tanto del potencial agrícola que correspondería a su fertilidad y ubicación privilegiada.
- Falta de inversiones que hubiesen podido acelerar el desarrollo regional.

Una valorización que incluya todos estos aspectos resultaría muy compleja, puesto que debería Formularse un modelo económico que articule en forma apropiada las complejas interrelaciones que existen entre los tres aspectos mencionados.

En el caso que nos ocupa, los aprovechamientos hidroeléctricos sobre el río Limay, el control de crecidas ha sido en objetivo fundamental de las mismas, y por lo tanto puede establecerse una relación directa entre este atributo y el desarrollo económico de la cuenca a partir de la concreción de estas obras.

Se describen a continuación algunos relativos al control de crecidas en el valle productivo de Río Negro.

a) El problema de las crecidas de los ríos Limay y Neuquén

La región ocupada por la cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro se halla amenazada en mayor o menor medida por eventos naturales entre los cuales la abundancia hídrica es una de los más acuciantes.

El río Limay no poseía ningún mecanismo de atenuación y el Neuquén sólo para descabezar el pico de la crecida hasta en 2.000 m^3/seg, con lo cual el río Negro, al resultar combinación de ambos regímenes, resultaba una fuerte amenaza para las poblaciones del valle de aguas abajo a lo largo de más de 600 Km.

El estudio de la AIC [14] menciona que a fines del siglo XIX, cuando se inició el proceso de población de la cuenca, se advirtió que la acción de las crecidas naturales de los ríos, representaba una fuerte limitación para el progreso de los incipientes núcleos de población que fundaron los colonos que se aventuraron a poblar la comarca. Quienes propiciaron el poblamiento de la región se interesaron por la

construcción de sistemas integrales y eficaces para proveer de riego a importantes áreas de los valles fluviales y a posibilitar a la vez, la disminución de la vulnerabilidad de estas áreas expuestas a las crecidas naturales de los ríos. Este estudio presenta el detalle de las distintas obras que se fueron realizando a lo largo de años para dar contención al problema de las crecidas que afectaba la seguridad de la población y la economía de la región.

Con la concreción de las obras El Chocón, en el río Limay, y Cerros Colorados, en el río Neuquén, en la década del 70, se disminuyó notablemente la amenaza de ocurrencia de crecidas de mediana y gran magnitud en el tramo ubicado aguas abajo de las mencionadas obras. Las represas que se construyeron posteriormente, Piedra del Águila, Alicurá y Pichi Picún Leufú permitieron un control más completo y flexible del caudal del río y un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos del mismo.

b) Relación entre el crecimiento urbano, las crecidas de los ríos y las obras para atenuarlas

El mismo estudio de la AIC [14] presenta un análisis que relaciona el crecimiento urbano del valle con las obras que posibilitaron el control de las crecidas. El estudio señala que a partir de la culminación de las obras El Chocón y el complejo Cerros Colorados, sobre los ríos Limay y Neuquén respectivamente, la ciudad de Neuquén se expandió explosivamente. El límite sur pasó a ser arroyo Durán, cauce secundario del Limay, mientras que hacia el este, la ciudad llegó hasta las márgenes mismas del río Neuquén.

Esta mayor ocupación del suelo es el producto de una mayor confianza como consecuencia de la regulación de los ríos. Este efecto se evidenció en distinta medida en las demás ciudades y conglomerados urbanos de la cuenca, aguas debajo de las obras de regulación.

El área productiva del valle de los ríos Neuquén, Limay y Negro, amplió sus fronteras hasta el límite mismo de los cauces activos de los ríos. Este avance provocó el cerramiento de brazos secundarios, otrora activos y la degradación de la capacidad de conducción de otros.

La población urbana de la cuenca aguas abajo de las obras de regulación experimentó un incremento, entre el año 1.970 y la actualidad de aproximadamente el 277 %, y si bien ese aumento no representó un incremento directo en la ocupación de tierras cercanas a los cursos de agua, un gran porcentaje se estableció en zonas donde la amenaza había disminuido.

Las obras construidas han permitido la generación de hidroelectricidad y una mayor regulación de las crecidas, a la vez que han aumentado el potencial económico de la región por efecto de las posibilidades de ampliar las áreas bajo riego y aumentar la seguridad, aguas abajo.

El estudio de la AIC señala que si bien la incorporación de presas de embalse en una región permite moderar los efectos de las crecidas, lo cual produce numerosos beneficios, de modo alguno puede eliminar radicalmente la posibilidad de que ocurran emergencias hídricas. Como consecuencia de la construcción de represas las crecidas de los ríos controlados presentan diferentes características y frecuencias de ocurrencia respecto de las que generaba la cuenca en su estado natural. Los efectos perjudiciales se reducen significativamente pero no se pueden eliminar por completo. Las represas presentan a su vez un riesgo intrínseco asociado a la posibilidad de colapso de las mismas.

c) Riesgo por falla de la presa

El colapso de una presa aguas abajo luego de una crecida de características catastróficas que, aunque de muy baja probabilidad de ocurrencia, agrega un nuevo motivo de preocupación. El riesgo de accidente es aceptado por la sociedad, porque los beneficios de las presas en su conjunto son muy grandes.

Todo proyecto de una presa debe considerar y estudiar, las posibles situaciones de catástrofe y emergencia que pueden producirse por su presencia, y el modo de acotarla e incluir el diseño de los planes de acción durante emergencias, para salvaguardar la seguridad de vida del hombre, en asentamiento humanos en los cuales se crea el riesgo. La falla de una presa puede originar una onda de crecida, de un orden de magnitud varias veces mayor que cualquier crecida histórica y en general mayor que la crecida máxima probable.

Tal como se mencionó anteriormente, la región de los valles servidos por las cuencas de los ríos Neuquén, Limay y Río Negro, creció fuertemente en cercanías de las fuentes de agua, a orillas de los lagos y ríos, lo que facilitaba el abastecimiento de agua para el consumo humano, de los animales y para el riego de los cultivos Esta circunstancia hace que los asentamientos urbanos y rurales se hallen expuestos a la acción devastadora que provocaría la falla estructural de algunas de las represas.

El estudio de la referencia [14] señala que la disminución del riesgo se logra con medidas estructurales, como la construcción de obras de protección y control y medidas no estructurales, como la regulación de los usos del suelo, la incorporación de acciones preventivas y la realización de preparativos para la atención de emergencias, con lo cual pueden reducirse las consecuencias de un evento sobre una región.

d) Valor del control de crecidas

De la discusión anterior se desprende que en el caso de las represas consideradas, la valorización del control de crecidas va más allá de la evaluación de los daños evitados, atendiendo fundamentalmente al hecho de que el desarrollo de económico de la cuenca, se debió en gran medida a la capacidad de control de crecidas producto de la construcción de las represas. Más aún, tal como se mencionó anteriormente, el objetivo principal de estos emprendimientos hidroeléctricos fue precisamente el control de los caudales de los ríos.

La valorización de este atributo entonces está ligada a la producción total del área que fue protegida de las crecidas por estas represas, descontadas todas las otras valorizaciones sacadas a los demás atributos. Se mencionó anteriormente que la producción global del conjunto de actividades agroindustriales del valle se estima en aproximadamente 300 millones de dólares/año.

Si se aplica una valoración más desagregada de los diferentes atributos, por ejemplo si se considera el atributo de recreación y turismo, navegación, etc., habría que discriminar de estos 300 millones de dólares/año, cuanto corresponden efectivamente a cada uno de estos. Dado que en este caso esos atributos no se los ha valorizado específicamente, se puede considerar como primera aproximación que el impacto del control de crecidas es directamente el valor producido por el conjunto de actividades agro industriales, restado lo que corresponde específicamente a irrigación.

6. Resumen y Conclusiones

El objetivo principal de este trabajo es presentar un análisis de cómo los emprendimientos hidroeléctricos impactan sobre el desarrollo de la actividad económica y comunitaria de la región donde las mismas se emplazan.

A los efectos de lograr un análisis mas objetivo e integral, que abarcara todas las posibles áreas económicas donde este tipo de emprendimientos tienen impacto, se siguió el concepto de marco de valoración integral de obras hidroeléctricas propuesto por el EPRI. Este marco de referencia para la evaluación, tiene por objetivo sintetizar un valor monetario que represente de alguna forma todo el impacto económico que puede tener este tipo de obra, tanto a nivel regional como nacional, teniendo en cuenta todos los beneficios que pueden derivarse de este tipo de obras.

El marco de evaluación identifica los beneficios de obras hidroeléctricas divididos en tres categorías de valores - Producción de Energía, Factores Eco-Culturales e Influencias Socioeconómicas – dentro de las cuales identifica una serie de atributos que representan los beneficios específicos. La valoración total de la obra se logra a través de la evaluación del valor económico de cada uno de estos atributos. La valoración de estos atributos en algunos casos es directa (por ejemplo la venta de energía), en otros casos su evaluación es más compleja pero su significación económica es clara (por ejemplo la irrigación), y en otros casos, sobre todo los atributos referidos a los Factores Eco-Culturales, la valoración económica es menos objetiva y sujeta a gran disparidad de criterios.

La valoración precisa de los distintos atributos en algunos casos es compleja, y se requiere del aporte de diferentes disciplinas (economía, ingeniería, medio ambiente, sociología, etc.), y en algunos casos de sofisticados modelos económicos que utilizan una cantidad significativa de datos estadísticos.

La valoración precisa y exhaustiva de estos atributos para el caso de obras hidroeléctricas en Argentina, esta más allá de los alcances de este trabajo. No obstante esto, se llevo a cabo un análisis del impacto económico de obras hidroeléctricas en el país, tomando como base el marco de evaluación propuesto por el EPRI.

En particular se estudio el impacto económico de las represas más importantes de la región Comahue, sobre la zona productiva del Alto Valle de Rió Negro.

Con la aplicación del marco de evaluación y las diferentes metodologías aplicables para valorizar sus atributos, se pretende obtener un valor monetario específico ($/año) atribuible a la obra hidroeléctrica en consideración, que sea representativo del valor económico de la misma. En el caso estudiado pudo arribarse a una valoración de este tipo en algunos de los atributos, en otros casos, como por ejemplo el valor del terreno, la determinación de un valor específico expresado en $/año no es claramente identificable, por lo que el valor obtenido no se lo pudo expresar de esta forma.

Debe destacarse que no obstante no haberse podido aplicar el marco de evaluación en forma completa, los objetivos propuestos para el trabajo fueron alcanzados. Es decir, se logro una descripción completa y considerablemente exhaustiva del impacto que tiene las obras analizadas sobre la región de emplazamiento de las mismas.

Una valoración más precisa del impacto económico de las obras expresas en una base común (USD/año) requiere de la adquisición y procesamiento de una cantidad significativa de datos estadísticos, así como de la aplicación de sofisticados modelos económicos.

El objetivo básico era presentar metodologías de evaluación pos-obra que se están comenzando a utilizar en algunos países desarrollados, que han empezado a observar beneficios secundarios posteriores que no eran incluidos en la ecuación económica de evaluación de las obras en los momentos previos a la toma de decisiones. Cuestión que no es evaluada consensuadamente en todos los países que realizan obras de infraestructura de las envergaduras de las presas hidroeléctricas.

Nuestro país no es ajeno a esta falta de análisis pos-obra y tampoco ha tenido la metodología y/o procedimiento de evaluar todos lo beneficios que producen las grandes obras de infraestructura, yendo un paso más allá de los objetivos básicos de la planificación de una estructura de país. Por este motivo alguna información no ha sido posible obtener en forma simple, puesto que las estadísticas que se obtienen de las operaciones sociales y económicas de las regiones en cuestión, no son dirigidas para obtener la información necesaria para el armado económico de los atributos y su correcta valorización.

Sin embargo la metodología ha sido presentada y se ha estimado el mejor valor económico, dando una idea del impacto histórico – económico - geográfico que tienen las obras de infraestructura reflejadas en presas hidroeléctricas, a nivel regional y su impacto global a nivel nacional.

7. Referencias

[1] Represas y Desarrollo: Un Nuevo Marco para la Toma de Decisiones, Informe de la Comisión Mundial de Represas, Noviembre 2000.

[2] Department of Energy, Energy Information Administration (DOE/EIA) Renewable Energy

[3] Anual 2002. DOE/EIA-0603 (2002) November 2003.

[4] Carl Vansant, Mary Ann Hosko, Doug Dixon, Mike Bahleda, "EPRI Hydropower Valuation Investigation", Renewable Energy Modeling Workshop on Hydroelectric Power May 10, 2005.

[5] Federal Energy Regulatory Commission, "Order Issuing License- Project No. 2609-13" April 27, 2000.

[6] Federal Energy Regulatory Commission, Hydroelectric Power Resources of the United States; Developed and Undeveloped, Washington, DC, (pp. xi-xxxv) January 1, 1992.

[7] Federal Energy Regulatory Commission, Washington, D.C., personal communications, James Fargo, June 2004.

[8] Remarks, James Landreth, HydroVision '04; Montreal Canada; August 2004.

[9] Feldman, Marvin, "A Cost-Benefit analysis of Flow Alternatives Associated with PG&E's Rock Creek Cresta Project", Resource Decision, San Francisco CA, December 1999.

[10] Sale, Michael J., and Hadley, Stanton W. "Estimating Hydropower's Contribution to the Control of Greenhouse Gas Emissions," Waterpower XII, HCI Publications, Kansas City, MO, July 2001.

[11] Assessment of Waterpower Potential and Development Needs. EPRI, Palo Alto, CA: 2007. 1014762.

[12] Anexo I del Pliego de Bases y Condiciones del Llamado a Concurso Internacional para la venta del 59% de las acciones de Hidroeléctrica Alicurá S.A., Hicreoeléctrica el Chocón S.A. Hidroeléctrica Cerros Colorados, 1992. Disponible en http://mepriv.mecon.gov.ar/Hidronor/Descripcion.htm.

[13] FUNDACIÓN TORCUATO DI TELLA, Comunicación Nacional De Cambio Climático: Vulnerabilidad De La Patagonia Y Sur De Las Provincias De Buenos Aires y La Pampa.

[14] AIC (Autoridad Interjurisdiccional de Las Cuencas de Los Ríos Limay, Neuquen Y Negro), "El Control de las Crecidas Sistema de Emergencias Hídricas Y Mitigación Del Riesgo", Agosto 2001.

[15] World Commission on Dams, "Financial, Economic and Distributional Analysis, Thematic Review Economic and Financial Issues III.1", Final Version: February 2001.

[16] Gloria Worcel, "Diagnóstico Regional Del Alto Valle De Rió Negro", Proyecto FAO TCP/ARG/3002, Noviembre 2006.

[17] Estimating Hydropower's Contribution to the Control of Greenhouse Gas Emissions By Michael J. Sale and Stanton W. Hadley, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, USA. Referencias CAMMESA.

[18] Secretaría de Energía de la Nación, Republica Argentina.

[19] ORSEP. (www.orsep.com)

8. ANEXO 1: AGUA, DESARROLLO Y GRANDES REPRESAS

8.1. NECESIDAD DE AGUA A ESCALA MUNDIAL

La población mundial ha superado los 6 mil millones. Aunque el incremento anual probablemente llegó al máximo de unos 87 millones alrededor de 1.990, la elevada proporción de jóvenes en la mayoría de los países en desarrollo significa que la población global seguirá incrementándose de manera significativa hasta bien avanzado este siglo.

Las proyecciones más recientes de población sugieren un tope de entre 7,3 mil millones y 10,7 mil millones alrededor de 2.050 antes de que comience a estabilizarse o a descender. Estas predicciones no pueden ser precisas, porque hay otras dimensiones del desarrollo, como acceso a la salud, a la educación, el ingreso, el control de la natalidad y otros servicios, que influyen en el ritmo de crecimiento de la población.

A pesar de la enorme inversión en gestión de recursos hídricos y en particular en represas, miles de millones de niños, mujeres y hombres en zonas rurales carecen de acceso a los servicios más básicos de agua e higiene. Aunque los problemas de acceso son peores en las áreas rurales, la rápida urbanización también está incrementando la demanda de servicios relacionados con el agua.

En 1.995, el 46 % de la población mundial vivía en áreas urbanas. Si continúan las tendencias actuales (y quizá se aceleren), esta cifra podría alcanzar el 60 % para el año 2.030 y más del 70 % para 2.050. La mayor parte de este crecimiento se producirá en países en desarrollo, donde se estima que entre el 25 y el 50 % de los habitantes urbanos viven en barrios bajos empobrecidos y en asentamientos precarios. La falta de acceso al agua en áreas tanto rurales como urbanas no es sólo cuestión de oferta, se debe en parte al acceso desigual a los recursos existentes.

La urbanización conlleva una concentración creciente de la demanda de agua y de energía en mega-ciudades, un cambio hacia estilos de vida diferentes, y una pérdida de tierra agrícola productiva debido a la expansión urbana. Se suele sostener que la falta de atención al desarrollo en áreas rurales está alimentando formas insostenibles de crecimiento urbano, trasladando la pobreza de áreas rurales a urbanas, y contribuyendo al rápido crecimiento de la demanda de servicios adicionales. En países muy poblados como China, India e Indonesia muchos cuestionan la sustentabilidad de las altas tasas de urbanización en mega-ciudades.

8.2. CRECIMIENTO ECONÓMICO Y DESARROLLO

La actividad económica mundial se ha quintuplicado desde 1.950, a una tasa de aproximadamente un 4 % anual. Según IPCC, 1.999, la paridad en poder adquisitivo (PPP, en inglés) utiliza tasas de cambio contables para comparar o sumar los datos económicos de un país para evitar distorsiones debidas a tasas de cambio en el mercado. En el 1.995 el Producto Bruto mundial alcanzó la cifra de 33,4 billones USD, según la paridad de poder adquisitivo (PPP).

La distribución regional está cambiando, con un crecimiento significativo en Asia en los últimos 25 años. En la actualidad, los países de la OCDE representan la porción mayor, equivalente a un 55 % de la producción mundial según la paridad en poder adquisitivo, casi un 80 % a precios de mercado.

El crecimiento económico tiene dos implicaciones para la demanda de agua. La primera es que la mayor actividad económica incrementará la demanda de servicios relacionados con el agua, independientemente de sí la demanda se satisface con una utilización más eficiente del recurso existente o con un incremento en el nivel de abastecimiento.

La segunda es que tanto el desarrollo que se genera con el crecimiento económico como los cambios tecnológicos conexos conducirán a cambios estructurales en la pauta de bienes y servicios que la sociedad produce, y en la forma en que se proveen dichos servicios. La demanda de agua por unidad de Producto Bruto Interno (PBI) dependerá de cómo se combinan estos dos componentes de crecimiento económico. Países con el mismo producto per-cápita pero con diferentes características en la producción, por ejemplo, con agricultura de irrigación a gran escala o con industrias de uso intensivo de agua, pueden consumir tres o cuatro veces más agua por dólar de PBI. Esto resulta evidente cuando se comparan EE UU y Canadá con Alemania o Francia, o India con China.

El desarrollo y el cambio tecnológico pueden también ahorrar agua por dólar de producción. Entre 1.959 y 1.990 la economía del mundo creció por un factor de 5 en tanto que las extracciones de agua en el

mundo sólo crecieron por un factor de 2. Los últimos cincuenta años han sido testigos de una disminución mundial en la cantidad de agua por dólar de producción no agrícola como resultado de una mejor tecnología, más reciclaje, imposición de estándares ambientales, precios más elevados por el agua, e industrias que abandonaron actividades de uso intensivo de recursos naturales.

Sin embargo, las prácticas de gestión del agua y las tecnologías que hacen posibles dichos avances no están disponibles a todo el mundo ni se promueven, y a menudo no se encuentran donde más se necesitan. A pesar de la cantidad creciente de opciones disponibles, la cantidad total de personas sin acceso a agua potable va en aumento.

8.3. DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO Y ESTILOS DE VIDA

La actividad económica y el desarrollo afectan el ingreso, la distribución del mismo y los estilos de vida. Estos a su vez afectan la demanda de agua debido a cambios en el nivel y composición del consumo doméstico en esferas como dieta, utilización de aparatos domésticos y estándares de higiene.

Aunque el clima y la cultura influyen en lo que constituye un nivel adecuado de consumo doméstico de agua, varias agencias internacionales y expertos han propuesto 50 litros diarios por persona (o algo más de 18,25 m3 anuales), como la cantidad que cubre necesidades humanas básicas de agua para beber, higiene, lavado y preparación de alimentos. En 1.990 más de mil millones de personas se encontraban por debajo de este nivel de 50 litros diarios de agua.

Por otra parte, los hogares en países desarrollados y en los hogares más acomodados en ciudades en desarrollo utilizan entre 4 y 14 veces el límite de 50 litros diarios por persona.

Las cifras promedio drásticamente inferiores de consumo doméstico en países en desarrollo reflejan no sólo diferentes estilos de vida e ingresos menores sino una enorme acumulación de demanda insatisfecha. El promedio inferior también oculta el consumo sumamente elevado en los hogares más acomodados y la grave privación en los pobres rurales y urbanos.

8.4. COMPETENCIA POR LA UTILIZACIÓN DE AGUA

Los analistas del agua prevén una competencia creciente entre los usuarios de agua para satisfacer la demanda en aumento. Predicen que, en términos globales, la competencia aumentará entre los tres mayores usuarios de agua.

- La agricultura es responsable por un 67 % de las extracciones;
- La industria utiliza el 19 %; y
- Los usos municipales y domésticos un 9 %.

Los analistas prevén que estos usos seguirán recurriendo al agua que se necesita para sustentar sistemas naturales.

En climas secos, la evaporación en grandes embalses, que se estima en un 5 % del total de las extracciones de agua, puede también constituir un uso de consumo significativo de agua.

Las tendencias regionales varían mucho, como se puede ver en los Gráficos A1.1 y A1.2.

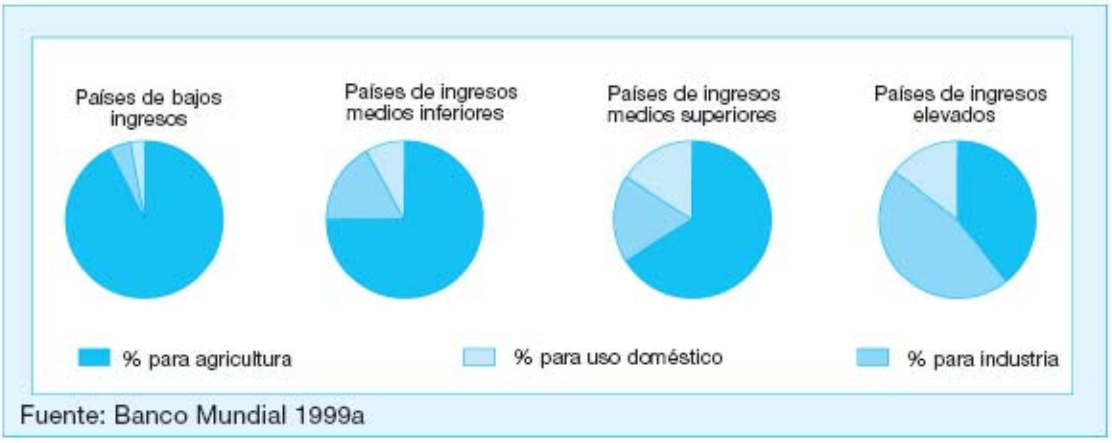


Gráfico A1.1: Extracciones anuales de agua dulce como porcentaje de todos los recursos extraídos. (1.996)

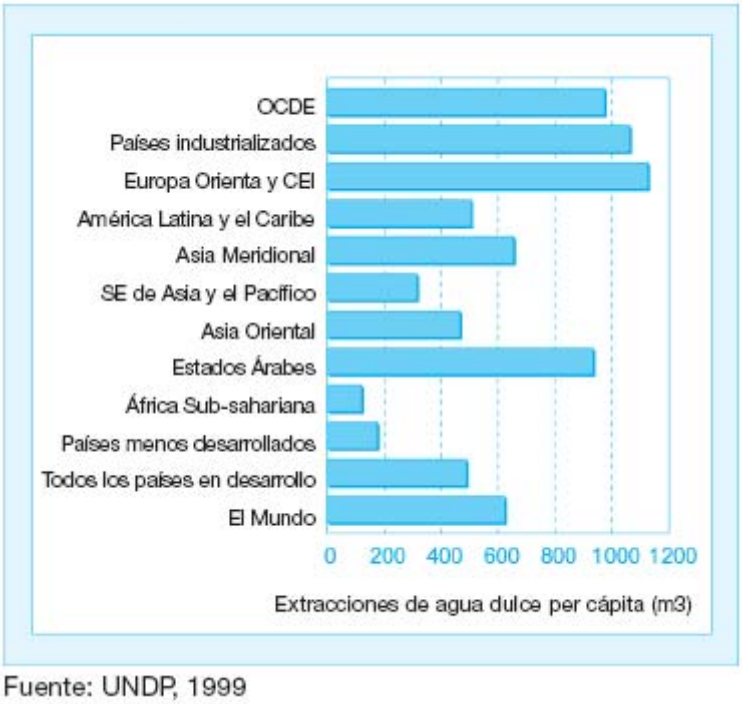


Gráfico A1.2: Extracciones anuales promedio de agua dulce per-cápita (1.987-95)

A pesar de la creciente urbanización en África, Asia y América Latina, la agricultura es la usuaria predominante de agua en estas regiones, responsable de aproximadamente el 85 % de toda el agua utilizada.

En todas las regiones del mundo excepto Oceanía, el consumo doméstico o en hogares de agua llega a menos del 20 % del agua utilizada. En África, América Central y Asia, está más próximo al 5 %.

En las regiones más desarrolladas de Europa y Norteamérica, la industria es la consumidora principal de agua. La distribución del uso del agua en un país concreto influye en si hay o no posibilidades para la gestión de la demanda de agua.

Para muchos países con limitaciones de agua que se están industrializando, y que tienen grandes poblaciones urbanas, la crisis actual del agua a menudo gira en torno al suministro industrial, doméstico y la higiene. Esto se percibe en forma evidente en la significativa tendencia de las últimas décadas hacia desviar agua de usos agrícolas hacia municipios e industrias. Como esto se está dando en el contexto de un incremento general en extracciones, conducirá a una creciente competencia por agua, a no ser que una utilización más eficiente del agua en ambos sectores acompañe la transición de economías de base agrícola a economías de base industrial.

Para satisfacer las necesidades de alimentos, puede tener que aumentar la cantidad de agua que se utiliza en agricultura de un 15 a un 20 % para 2.025, incluso con mejoras en eficiencia en irrigación y en el potencial agronómico.

Además de incrementar la producción de alimentos ante el estrés de agua, otros aspectos claves para satisfacer la demanda de alimentos son la distribución, el acceso equitativo, el poder de adquisición y la pobreza.

Más allá de demandas humanas que compiten entre sí, una consideración esencial es el agua para la naturaleza. Los ecosistemas de agua dulce que proveen los medios de subsistencia de las comunidades ribereñas del mundo y muchos otros bienes y servicios para nuestras sociedades, dependen del agua. Detener, y donde fuera posible revertir, la tendencia acelerada hacia el deterioro de muchas vertientes del mundo debido a la actividad humana, se ha convertido en una prioridad mundial.

8.5. DISPONIBILIDAD Y CALIDAD DEL AGUA

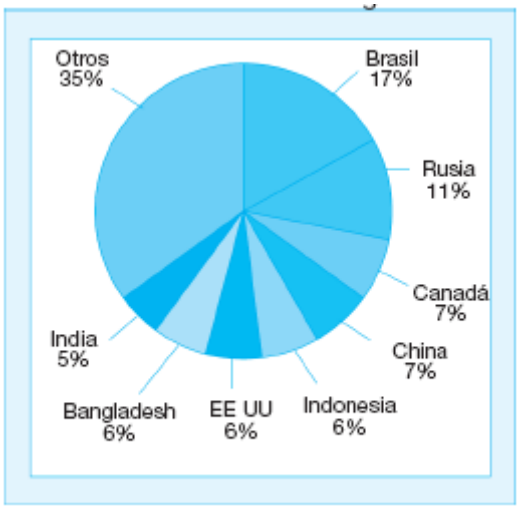
Las lluvias y otras fuentes de agua dulce (ríos, lagos, aguas subterráneas) están distribuidas en forma desigual por el mundo y no siempre se encuentran donde crece la demanda de agua dulce. La contaminación amenaza las fuentes de agua de superficie y subterránea y puede volverlas inadecuadas para muchos usos, o requerir tratamiento costoso. La contaminación es especialmente grave donde las fuentes de agua subterránea están sometidas a una explotación excesiva y sufren de tasas naturales disminuidas de recarga debido a deforestación, cambios en los usos de la tierra y urbanización.

Se considera que un país sufre estrés de agua cuando el suministro renovable anual de agua baja a menos de 1.700 m^3 per cápita, y escasez de agua cuando baja a menos de 1.000 m^3. (Raskin et al, 1.995, p9)

Hasta una tercera parte de los países en regiones con estrés de agua se espera que se enfrenten a una grave escasez de agua este siglo, y dentro de dichas regiones hay grandes disparidades en acceso a agua dulce. No sorprende que una cantidad significativa de países menos desarrollados, incluyendo regiones de India y China, se estén enfrentando con grave escasez de agua.

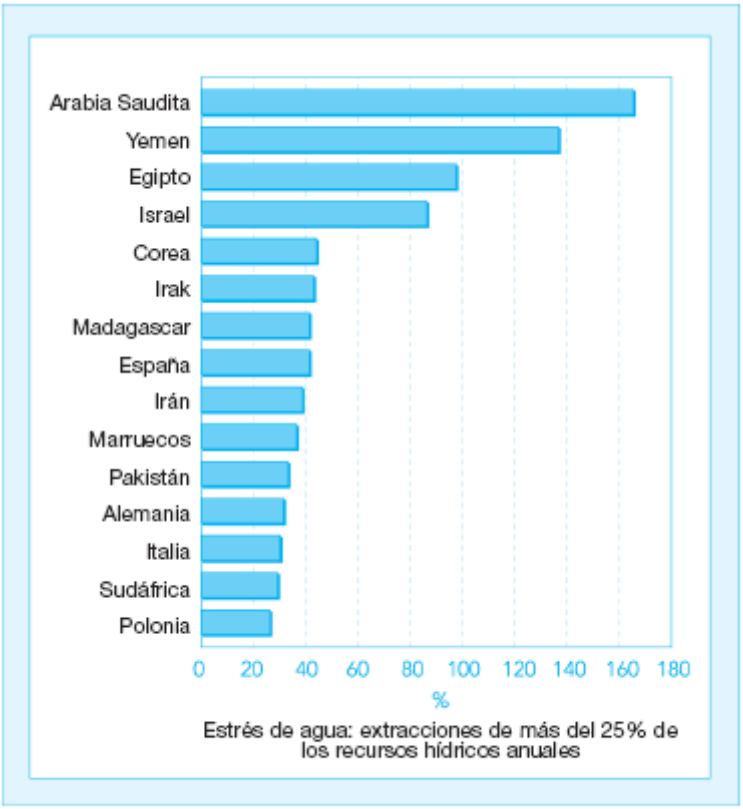
Con el crecimiento de la población, la cantidad de países en esta categoría va en aumento, y para 2.025 habrá aproximadamente 6,5 veces más personas, un total de 3,5 mil millones, que vivirán en países con estrés de agua.

Los Gráficos A1.3 y A1.4 muestran la distribución de los recursos mundiales de agua dulce y de algunos países con estrés de agua. La distribución desigual de suministro de agua quiere decir que unos países pueden tener excedente de agua en regiones con déficit de la misma.



Fuente: Gleick, 1998.

Gráfico A1.3: Distribución del agua del mundo



Fuente: Raskin et al, 1995.

Gráfico 1.4: Algunos países con recursos hídricos escasos

No sólo el agua de superficie está sometida a presión. La tasa creciente de extracción de agua dulce de ríos y lagos va equiparada con la creciente extracción de agua subterránea, con muchos acuíferos que se encuentran ya gravemente agotados. El volumen de extracción de agua subterránea, principalmente para irrigación, aunque también para uso municipal e industrial, excede las tasas de recarga a largo plazo. En muchas partes de India, Pakistán y China, la capa de agua está bajando a una tasa de uno a dos metros anuales.

El cambio climático también puede afectar la distribución estacional de lluvias y de disponibilidad de agua. Los estudios y los ejercicios con modelos que examinó la Comisión, incluyendo los del Intergovernmental Panel on Climate Chante (IPPC), sugieren muy claramente que las tendencias hacia el recalentamiento global podrían incrementar de forma significativa la variabilidad de las pautas del tiempo.

Las consecuencias podrían incluir una disminución de las lluvias en regiones áridas y semiáridas, y un aumento en variaciones estacionales de las precipitaciones alrededor del mundo en los próximos 50 a 100 años.

8.6. EL DESARROLLO Y LAS GRANDES REPRESAS

Las cuencas fluviales han sido las cunas de la civilización y del patrimonio cultural. Las comunidades antiguas y modernas por igual han dependido de los ríos para sus medios de subsistencia, el comercio, el hábitat y las funciones ecológicas de sustento que proporcionan. En toda la historia las alteraciones, tanto naturales como de hechura humana, en los ríos han afectado de una u otra forma a las comunidades ribereñas.

La primera evidencia de ingeniería en ríos que poseemos son las restos de canales de irrigación de hace más de ocho mil años en Mesopotamia. Se encontraron restos de presas para almacenar agua en Jordania, Egipto y otras partes del Medio Oriente, que se remontan a por lo menos 3.000 años a.C.

Hay constancia histórica de que unos mil años después, el empleo de represas para irrigación y abastecimiento de agua estaba muy extendido. En esa época, se construyeron represas en la zona del Mediterráneo, China y Meso-América. Todavía se pueden encontrar en Sri Lanka e Israel restos de represas de terraplenes de tierra que se construyeron para desviar agua hacia grandes embalses

comunitarios.

El proyecto de irrigación Dujiang, que abastecía a 800.000 hectáreas en China, data de 2.200 años atrás. Todavía subsisten represas y acueductos que construyeron los romanos para abastecer de agua potable y a sistemas de alcantarillado a sus ciudades.

La primera vez que se utilizaron represas para generación hidroeléctrica fue alrededor de 1.890.

Para 1.900, ya se habían construido varios centenares de grandes represas en diferentes partes del mundo, en su gran mayoría para abastecimiento de agua y para irrigación.

8.7. LAS REPRESAS EN EL SIGLO XX

El siglo pasado fue testigo de un rápido incremento en la construcción de grandes represas. Para 1.949 se habían construido en todo el mundo unas 5.000 grandes represas, tres cuartas partes de ellas en países industrializados. Para finales del siglo XX, había más de 45.000 grandes represas en más de 140 países.

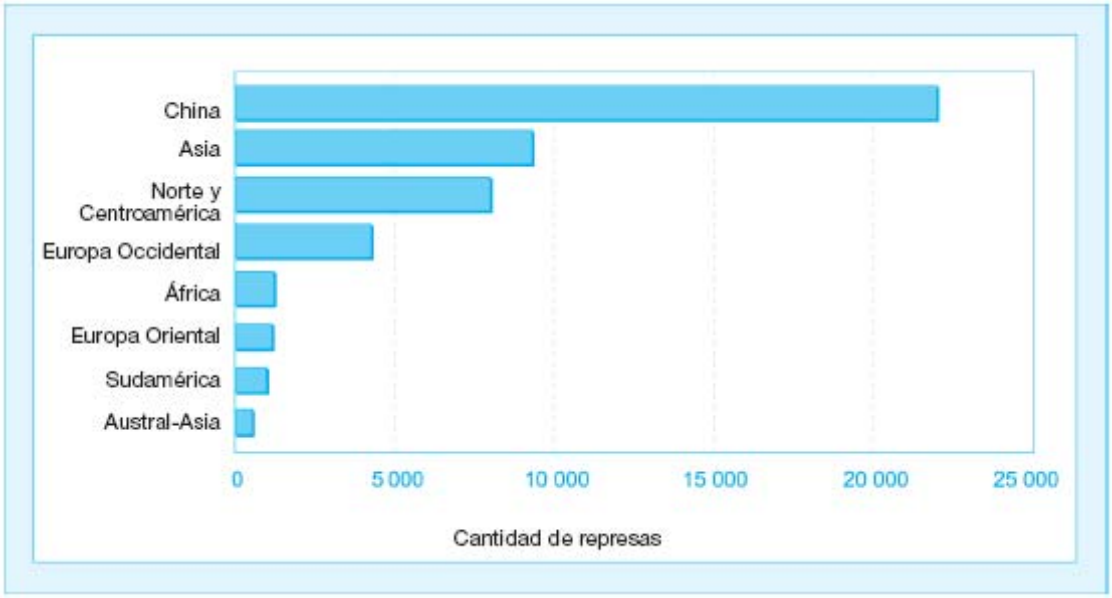
El período de crecimiento económico después de la Segunda Guerra Mundial, vio un aumento fenomenal en la tasa global de construcción de represas, que duró hasta los años 70 y 80. En la etapa pico, se construyeron casi 5.000 grandes represas en todo el mundo en el período de 1.970 a 1.975.

El descenso en el ritmo de construcción de represas en las dos últimas décadas ha sido igualmente espectacular, sobre todo en Norteamérica y Europa, donde ya se han desarrollado los sitios técnicamente más atractivos. La gran represa promedio hoy día tiene unos 35 años de edad.

Los cinco países que han construido más represas acaparan casi el 80 % de todas las grandes represas del mundo. China sola ha construido alrededor de 22.000 grandes represas, o cerca de la mitad del total del mundo. Antes de 1.949 sólo tenía 22 grandes represas.

Otros países entre los cinco primeros incluyen EE UU, con más de 6.500 grandes represas; India, con más de 4.200; y Japón y España con entre 2.600 y 1.200 grandes represas cada uno.

El Gráfico A1.5 muestra la distribución proporcional de grandes represas en diferentes regiones del mundo. Alrededor de dos tercios de las grandes represas que hay en el mundo están en países en desarrollo.



Fuente: WCD estimaciones basadas en ICOLD, 1.998.

Gráfico A1.5: Distribución regional de grandes represas a finales del siglo XX.

Los Gráficos A1.6 y A1.7 muestran las tendencias acumulativas y temporales en la construcción de grandes represas en el último siglo. Las cifras sobre el ciclo temporal excluyen los datos de la mayor parte de las represas de China y, por tanto, difieren algo de las tendencias que se describen en el texto.

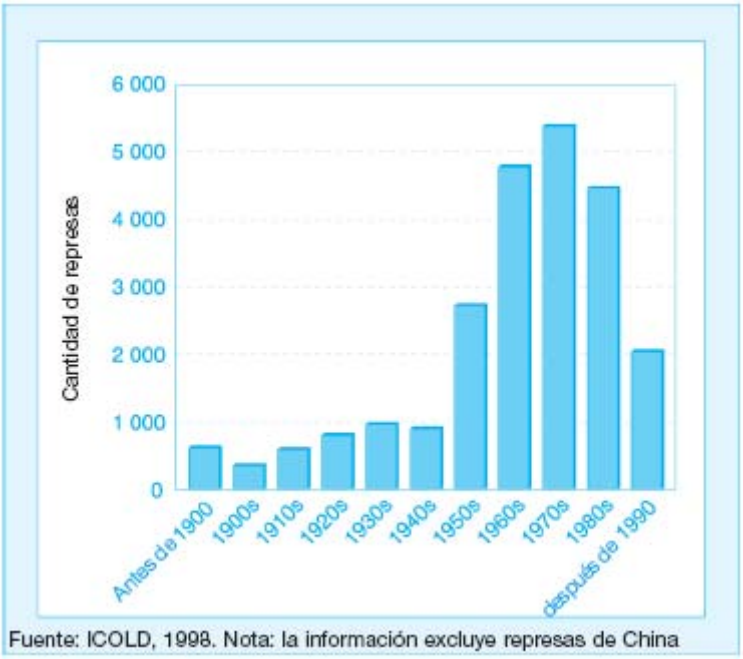


Gráfico A1.6: Construcción de represas por década (1.900-2.000)

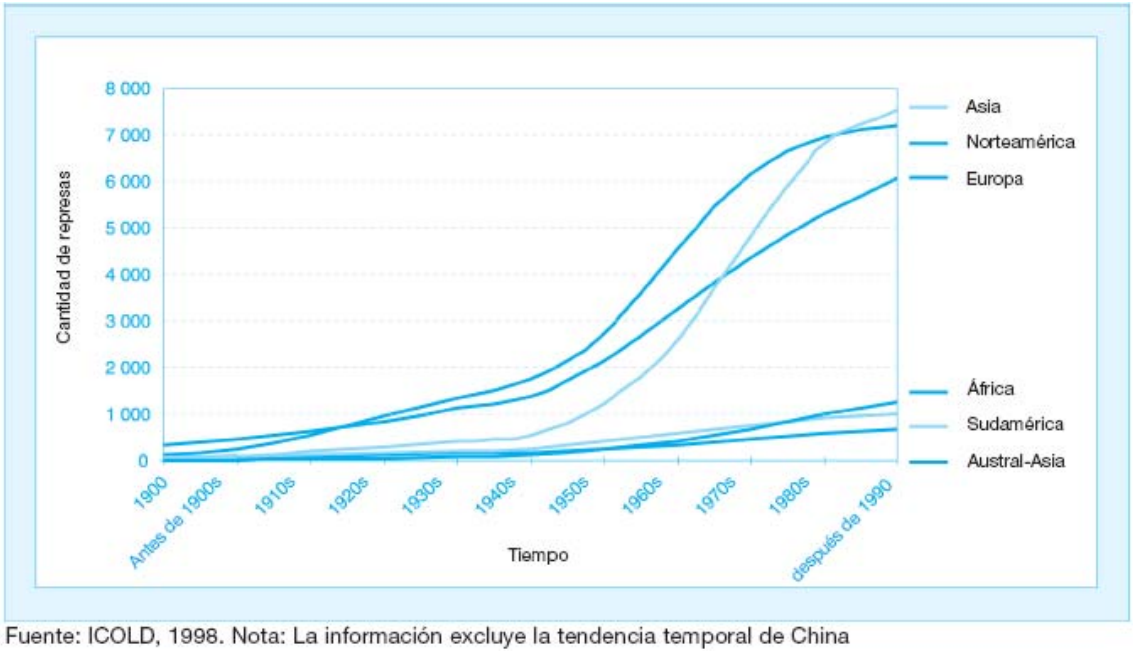


Gráfico A1.7: Represas construidas en el curso del tiempo por región (1.900-2.000)

8.8. ENFOQUE REGIONAL ACTUAL EN CONSTRUCCIÓN DE GRANDES REPRESAS

La construcción de grandes represas alcanzó el tope en los años 70 en Europa y Norteamérica.

En la actualidad la actividad en estas regiones se centra en la gestión de las represas existentes, incluyendo rehabilitación, renovación y optimización de la operación de represas para funciones múltiples. Se estima que unas 1.700 grandes represas se han estado construyendo en otras partes del mundo en los últimos años. De este total, el 40 % se están construyendo en India, como se observa en el Cuadro A1.1.

País	Cantidad de Represas	Propósito
India	Varía entre 695 y 960, dependiendo de la fuente de información	Irrigación, multipropósito.
China	280	Control de inundaciones, Irrigación, Hidroenergía, incluyendo almacenamiento bombeado.
Turquía	209	Irrigación, Hidroenergía, abastecimiento de agua.
Corea del Sur	132	Irrigación, Hidroenergía, gestión de inundaciones, abastecimiento de agua.
Japón	90	Principalmente control de Inundaciones.
Irán	48 (de más de 60 m)	Irrigación, multipropósito.

Fuentes: ICOLD, 1.997; International Journal of Hydropower and Dams; WCD India Case Study, 2.000; Japan Dam Almanac, 1.999, National Register of Large Dams for India citado en el WCD India Case Study.

Cuadro A1.1: Represas en construcción en la actualidad.

Dado que los períodos promedio de construcción en general van de 5 a 10 años, esto indica que el promedio anual mundial es de unas 160 a 320 nuevas grandes represas.

8.9. CESE DE OPERACIONES DE GRANDES REPRESAS

El final del siglo XX vio el surgimiento de otra tendencia en relación con las grandes represas, cesar las operaciones de represas que ya no servían a un propósito útil, o resultaban muy caras de mantener en buen estado, o tenían niveles inaceptables de impactos según el punto de vista actual. El impulso hacia la restauración de ríos se está acelerando en muchos países, sobre todo en EE.UU. donde cerca de 500 represas, sobre todo las relativamente viejas, y pequeñas han dejado de operar. Desde 1.998, en EE.UU. la tasa de cese de operaciones de grandes represas ha excedido la tasa de construcción.

La experiencia en EE.UU. y en Europa muestra que cesar las operaciones de represas ha hecho posible la restauración de la pesca y de procesos ecológicos fluviales. Sin embargo, la eliminación de represas sin estudios adecuados y acciones de mitigación genera preocupaciones públicas y problemas ambientales. Estos incluyen impactos negativos en la vida acuática río abajo debido a un repentino flujo rápido de sedimentos acumulados en el embalse. Donde ha habido actividad industrial o minera río arriba, estos sedimentos pueden estar contaminados con sustancias tóxicas.

Otra opción es abrir las compuertas de las represas donde sea posible en momentos críticos del año, ya sea como una forma de cesar las operaciones, o para permitir que discurran los caudales naturales del río y el paso libre de peces. Aunque el cese de operaciones en EE.UU. y Francia ha recibido hasta ahora apoyo público, puede darse oposición local donde los cambios en el caudal y niveles del agua afectan servicios que la represa solía brindar, o donde se ha urbanizado alrededor del embalse y río abajo.

Existe comparativamente poca experiencia en el desmantelamiento de grandes represas. Cuanto mayor es la represa, más problemas es probable que encuentre el cese de operaciones o el desmantelamiento y más costosos resultarán. Se necesitan más estudios para analizar los costos, beneficios e impactos del cese de operaciones a medida que haya más represas que envejezcan y que deba elegirse entre restaurar y cesar la operación.

8.10. LAS GRANDES REPRESAS COMO INSTRUMENTOS DE DESARROLLO

Como definición, la Comisión Internacional de Grandes Represas (ICOLD, en inglés), establecida en 1.928, define a las grandes represas como aquellas con una altura de 15 m o más desde la base. Si las represas tienen entre 5 y 15 m de altura y un volumen de embalse de más de 3 millones de m3 también se clasifican como grandes represas. Bajo esta definición es que hay más de 45.000 grandes represas en todo el mundo.

Las dos categorías principales de grandes represas son proyectos de almacenamiento con embalses y represas en el curso del río que no tienen embalse de almacenamiento y pueden tener una acumulación diaria. Dentro de esta clasificación general hay una diversidad en escala, diseño, operación y potencial

para impactos adversos.

Los proyectos con embalse retienen agua detrás de la represa para almacenamiento y regulación del río estacional, anual y en algunos casos multianual.

Las represas en el curso del río (diques y las presas de desvío desde el río), crean una caída hidráulica en el río para desviar una parte de los caudales del mismo hacia un canal o planta eléctrica.

Se han promovido las represas como un medio importante para satisfacer necesidades sentidas de servicios de agua y de energía y como inversiones estratégicas a largo plazo con capacidad para proporcionar múltiples beneficios. Algunos de estos beneficios son típicos de todos los grandes proyectos de infraestructura, mientras que otros son exclusivos de las represas y específicos de proyectos concretos.

El desarrollo regional, la creación de empleo y la promoción de una base industrial con capacidad de exportar son las consideraciones adicionales que más se citan a favor de construir grandes represas. Otras metas incluyen generar ingresos con ganancias por exportaciones, ya sea por medio de venta directa de electricidad o con la venta de cosechas o de productos procesados por una industria de uso intensivo de electricidad, como las refinadoras de aluminio.

Los países ricos en agua como Canadá, Noruega, Brasil y partes de Rusia han construido grandes represas para generación hidroeléctrica donde se han ubicado en sitios adecuados.

Los gobiernos en países semiáridos como Sudáfrica, Australia y España han tendido a construir represas con gran capacidad de almacenamiento para satisfacer la demanda de agua con lo almacenado, y como seguridad ante el riesgo de sequías. Por ejemplo, en España, uno de los cinco países que han construido más represas, las precipitaciones son muy variables entre estaciones y de un año a otro.

En el este y sureste de Asia, durante la estación de monzones, los ríos crecen hasta diez veces más que el caudal de la estación seca. En estos ambientes se han construido las represas para captar y almacenar agua durante las estaciones húmedas y descargarla en las estaciones secas.

Las grandes represas requieren inversiones financieras significativas. Las estimaciones hechas sugieren una inversión mundial de al menos 2 billones de USD en la construcción de grandes represas en el último siglo. Durante los años 90, se gastaron anualmente en grandes represas unos 32 a 46 mil millones de USD, cuatro quintas partes de ellos en países en desarrollo.

De los 22 - 31 mil millones de USD invertidos en represas cada año en países en desarrollo, cerca de cuatro quintas partes los financió directamente el sector privado. Ver Cuadro A1.2.

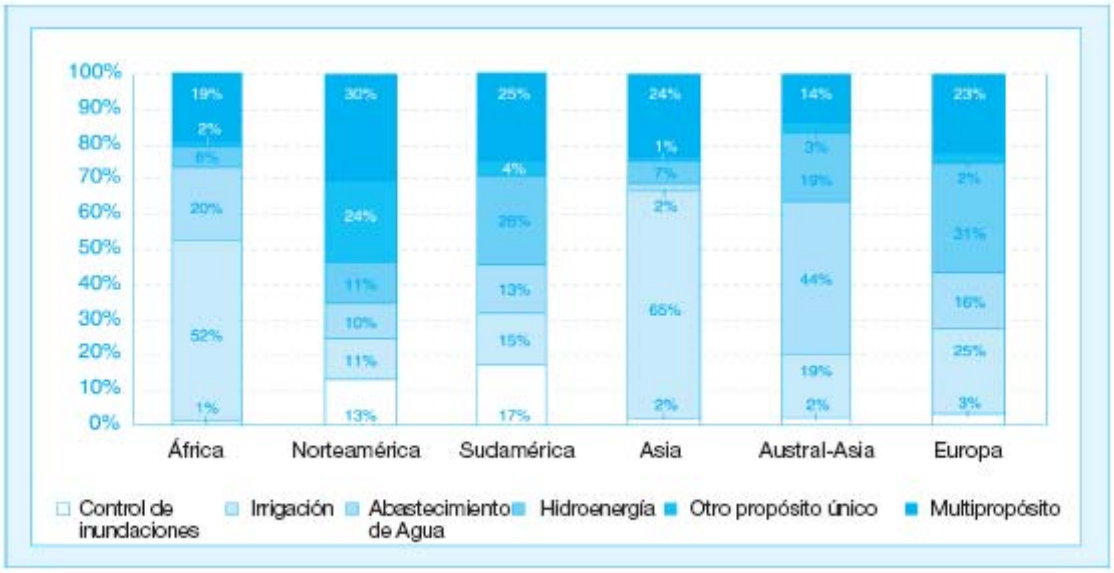
	Países en Desarrollo	**Países Desarrollados**	**Total**
Represas para Hidroenergía	12 - 18	7 – 10	19 - 28
Represas para Irrigación	8 – 11	3 - 5	13 - 18
Represas para Abastecimiento de agua	1,5		
Represas para Control de inundaciones	0,5 - 1		
TOTAL	22 - 31	10 – 15	32 - 46

Fuente: WCD Thematic Review III.2 Financing Trends. Adviértase que estas cifras incluyen instalaciones generadoras para represas hidroeléctricas, pero no canales ni sistemas entubados de distribución abastecidos desde represas de irrigación de suministro de agua.

Cuadro A1.2: Inversión anual estimada en represas en los años 90 (USD miles de millones al año)

Hoy día las grandes represas del mundo regulan, almacenan y desvían agua de ríos para producción agrícola, uso humano e industrial en aldeas y ciudades, para generación eléctrica y para control de inundaciones. Se han construido represas en menor grado para mejorar el transporte fluvial y, una vez establecidos para otros fines, los embalses de muchas grandes represas se han utilizado para recreo, turismo y acuacultura.

El Gráfico A1.8 muestra que como una tercera parte de las grandes represas sirven a dos o más propósitos. Las tendencias recientes se han inclinado por las represas de propósito múltiples. Como muestra el gráfico, existe una considerable variación regional en las funciones que sirven las grandes represas y estas funciones también han cambiado con el tiempo.



Fuente: Adaptado de ICOL, 1.998.

Gráfico A1.8: Distribución de grandes represas existentes por región y propósitos

La mayor parte de las grandes represas en África y Asia son para irrigación, aunque lo más frecuente es que sean multipropósito. En Asia, hay un interés creciente en represas para protección de inundaciones y en represas para almacenamiento con bombeo para la generación de energía para satisfacer la demanda pico. Las represas hidroeléctricas de un solo propósito son más comunes en Europa y Sudamérica, en tanto que los proyectos de suministro de agua de un solo propósito predominan en Austral-Asia.

Norteamérica ofrece una distribución relativamente equilibrada de funciones de las grandes represas. Todos los demás propósitos potenciales, incluyendo recreo y navegación, se encontraron en menos del 5 % de los proyectos. En general, la parte proporcional de represas de irrigación y de multipropósito ha ido aumentando en los últimos 20 años, en tanto que la parte de las represas hidroeléctricas ha venido disminuyendo.

8.11. AGUA DE IRRIGACIÓN QUE SUMINISTRAN LAS GRANDES REPRESAS

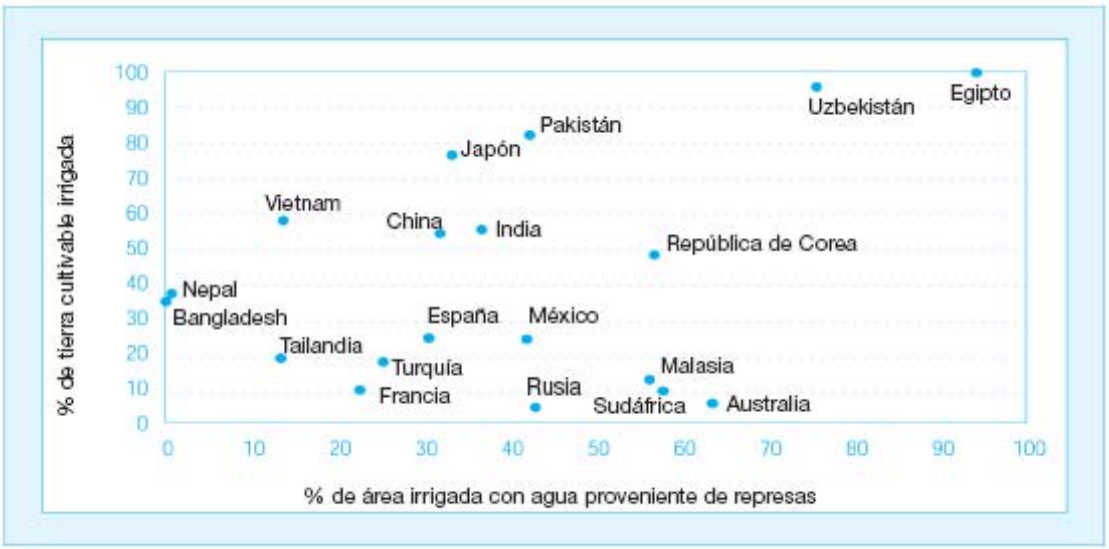
La irrigación es en la actualidad el uso que consume más agua dulce en el mundo. Tiene relación con la producción de alimentos y la seguridad alimentaria. Alrededor de una quinta parte de la tierra agrícola del mundo se riega, y un 40 % de la producción agrícola en el mundo se debe a la agricultura de riego.

El rendimiento de las áreas irrigadas es en promedio el doble, comparado con la agricultura con agua de lluvia, y suele ser más elevado en tierras irrigadas con aguas subterráneas que en las irrigadas con aguas de superficie. (WCD Thematic Review IV.2 Irrigation Options)

El área total irrigada se expandió enormemente durante los primeros años de la revolución verde en los años 60, con mayores rendimientos y reducción consiguiente de precios de los alimentos. Desde 1.970 hasta 1.982, el crecimiento global en área irrigada disminuyó hasta un 2 % anual. En el período posterior a la revolución verde entre 1.982 y 1.984, descendió a un promedio anual de 1,3 %.

La mitad de las grandes represas del mundo se construyeron exclusiva o primordialmente para irrigación, y entre un 30 y un 40 % estimado de los 268 millones de hectáreas de tierras irrigadas en el mundo dependen de represas. Sin tomar en cuenta el empleo conjunto de agua subterránea y de superficie, se estima que las represas contribuyen a hasta un 12 - 16 % de la producción mundial de alimentos. La irrigación con agua subterránea suele tener un rendimiento mayor, por una cantidad dada de agua, que la irrigación con agua de superficie debido al mejor control del recurso en las fincas.

Cuatro países, China, India, EE.UU. y Pakistán poseen más del 50 % del área irrigada total del mundo. Como lo muestra el Gráfico A1.9, la escala e importancia de las grandes represas para la irrigación varía mucho de un país a otro en cuanto al porcentaje de tierra agrícola regada, y a la proporción del agua de irrigación que suministran las grandes represas.



Fuente: WCD Thematic Review IV.2 Irrigation Options, Sección 1.3

Gráfico A1.9: Tierra agrícola irrigada desde represas

Las represas suministran el agua para casi el 100 % de la producción por riego en Egipto, en gran parte proveniente de la represa Aswan High, en tanto que en Nepal y Bangladesh las represas proporcionan sólo el 1 % del agua para irrigación.

En los dos países con las mayores áreas irrigadas, India y China, las estadísticas oficiales sugieren que las grandes represas proporcionan aproximadamente del 30 al 35 % del agua de irrigación, y el resto proviene sobre todo de fuentes subterráneas de agua.

Hay cierta controversia al calcular el porcentaje de la producción de alimentos atribuible a represas, y en particular en cuanto a los métodos utilizados para calcular el uso conjunto de agua subterránea y de superficie.

Elk WCD India Country Study, advirtió que las cifras oficiales de la Central Water Commission indican que el 30 % de la tierra irrigada se abastece de agua de represas; sin embargo, el estudio también sugería una cifra alternativa del 10 %.

Ciertas prácticas insostenibles de irrigación han afectado más de una quinta parte del área irrigada del mundo en regiones áridas y semiáridas. En consecuencia, la salinidad de los suelos y la saturación de agua hacen que resulte imposible la agricultura o limitan el rendimiento y las clases de cultivos que se pueden producir.

En otras regiones, el uso excesivo de pozos entubados ha agotado los acuíferos de agua subterránea, disminuyendo las capas de agua y haciendo que la extracción resulte cada vez más cara y especialmente difícil para los pequeños terratenientes. La ausencia de políticas eficaces sobre uso conjunto de recursos de agua subterránea y de agua de superficie es una de las preocupaciones más importantes.

8.12. EL AGUA PARA USO INDUSTRIAL Y EN CENTROS URBANOS

Globalmente, el consumo urbano de agua representa el 7 % de las extracciones totales de agua dulce de ríos, y el 22 % de lagos. Se construyeron muchos embalses para proveer un abastecimiento confiable de agua con el fin de satisfacer las necesidades urbanas e industriales en rápido crecimiento, en especial en zonas propensas a las sequías, donde las fuentes naturales de agua subterránea y los lagos o ríos existentes se consideraban como insuficientes para satisfacer todas las necesidades.

Globalmente, un 12 % de las grandes represas se consideran como represas de abastecimiento de agua. Un 60 % de estas represas se encuentran en Norteamérica y Europa.

Varía mucho, incluso en un mismo país, el grado de dependencia de las ciudades respecto a represas y embalses. En la región de Sajonia en Alemania, los embalses proveen el 40 % del agua que se suministra a 2 millones de personas, en tanto que Los Ángeles obtiene el 55 % de su suministro de agua de recursos locales de agua subterránea y el 37 % de un sistema de embalses y tuberías que traen agua desde lugares distantes. Ho Chi Minh City en Vietnam obtiene el 89 % de su agua de fuentes de

superficie, en tanto que Hanoi obtiene el 100 % de agua subterránea.

8.13. GENERACIÓN ELÉCTRICA PARA LA RED NACIONAL

La generación eléctrica es una razón importante para construir grandes represas en muchos países, ya sea como propósito primordial, o como una función adicional cuando se construye la represa para otros fines. En los últimos 22 años, la producción global de electricidad se ha más que duplicado, aunque el acceso es muy asimétrico entre países y dentro de cada país.

Las UN (Naciones Unidas) estiman que 2 mil millones de personas no tienen acceso a electricidad. El consumo de electricidad per-cápita varía en más de un factor de 10 entre diferentes regiones del mundo desde aproximadamente 10.000 kWh/año en Norteamérica hasta menos de 1.000 kWh/a en África. (Fuente: IEA, 2.000)

La hidroelectricidad en la actualidad proporciona el 19 % del suministro total de electricidad del mundo y se utiliza en más de 150 países.

Representa cerca del 90 % del suministro nacional total de electricidad en 24 países y más del 50 % en 63 países. Alrededor de un tercio de los países del mundo dependen de la hidroelectricidad para más de la mitad de sus necesidades de electricidad.

Cinco países, Canadá, EE UU, Brasil, China y Rusia, generan más de la mitad de la hidroelectricidad del mundo. Entre 1.973 y 1.996 la generación hidroeléctrica en los países fuera de la OCDE pasó del 29 % de la producción mundial al 50 %, y la parte que más aumentó en ese período fue la correspondiente a América Latina.

Se ha considerado y promovido la hidroelectricidad como una fuente limpia, de bajo costo y renovable de energía que depende de tecnología confiable. Excepto por la evaporación en embalses, constituye un uso no consuntivo de agua.

Una vez construida, la hidroelectricidad, como todas las fuentes renovables, se considera que tiene costos bajos de operación y una larga vida, en particular en proyectos fluviales y en proyectos de embalses donde la sedimentación no es causa de preocupación.

En el pasado, la hidroelectricidad resultaba especialmente interesante para los gobiernos con recursos limitados de combustibles fósiles, que, de no haber sido así, hubieran tenido que importar combustibles fósiles para mantener la generación de energía. A escala global, los niveles actuales de generación hidroeléctrica ahorran 4,4 millones de barriles diarios de algún equivalente de petróleo (generación eléctrica térmica), aproximadamente el 6 % de la producción mundial de petróleo.

8.14. PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES

Aunque las inundaciones naturales tienen muchas funciones beneficiosas, también significan una amenaza para la vida, salud, medios de subsistencia y propiedad.

Siguen estando entre los desastres más frecuentes y destructores del mundo. Las inundaciones afectaron las vidas, en promedio, de 65 millones de personas entre 1.972 y 1.996, más que ninguna otra clase de desastre, incluyendo las guerras, las sequías y las hambrunas.

Durante el mismo período, aproximadamente unos 3,3 millones de personas perdieron la vivienda cada año como resultado de inundaciones.

En cuanto a su importancia regional, las pérdidas económicas relacionadas con inundaciones en Asia superaron las ocurridas en Norteamérica y Europa entre 1.987 y 1.996.

Alrededor del 13 % de todas las grandes represas en el mundo, en más de 75 países, tienen una función de gestión de inundaciones.

Aunque históricamente se han utilizado mucho las represas como defensa contra inundaciones, las orientaciones recientes ven la protección contra inundaciones como más que construir defensas contra aguas en crecida. Por ejemplo, al referirse a la inundación de 1.998, las autoridades chinas reconocieron que su gravedad se debió en parte al deterioro ambiental que se había venido produciendo por largo tiempo y a la tala masiva de árboles por todas las vertientes afectadas.

También hay casos en que las represas han creado o empeorado las inundaciones debido a rupturas, a la operación deficiente de embalses y a cambios en las pautas de sedimentación río abajo que disminuyen la capacidad de canalización del río.

Las dos últimas décadas han visto una reevaluación a fondo de qué constituye la combinación adecuada de prevención, defensa y mitigación frente a desastres por inundaciones. Como consecuencia, el énfasis en el control de aguas de inundaciones, que predominó en los años 50 y 60, ha perdido terreno ante enfoques integrados y más basados en el medio ambiente. Las razones de ello incluyen la frustración por inundaciones que se producen a pesar de las estructuras de que se dispone, el alto costo de las soluciones de ingeniería, y una mejor comprensión de cómo funcionan los sistemas naturales.

8.15. PROBLEMAS ASOCIADOS CON LAS GRANDES REPRESAS

Aunque las represas han contribuido al crecimiento económico en el siglo XX, los servicios que proveen han tenido un costo.

Transformación física de los ríos. Las grandes represas han fragmentado y transformado los ríos del mundo. El Instituto Mundial sobre Recursos (WRI) encontró que por lo menos el 46 % de los ríos del mundo son modificados por una gran represa de las 106 vertientes básicas del planeta. El estudio del WRI de 1.998 acerca de las condiciones de las vertientes más importantes del mundo se centró en 150 vertientes, que representaban el 55 % de la superficie de tierra del mundo. (Fuente: Revenga et al, 1.998)

Hasta qué punto han quedado modificados los caudales de los ríos varía alrededor del mundo. EE UU y la Unión Europea regulan el caudal del 60-65 % de los ríos en sus territorios, aunque la cantidad varía de una cuenca a otra.

En España, los 53 km^3 de almacenamiento por grandes represas regulan el 40 % de su caudal fluvial, con una variación de 71 % en la cuenca del río Ebro, a un 11 % en las cuencas de la costa gallega. En Asia, apenas menos de la mitad de los ríos que se regulan tienen más de una gran represa.

En el Cuadro A1.3 se presentan los cambios en los atributos físicos e impactos que tienen las grandes represas.

El volumen del embalse relativo al caudal fluvial anual es importante en relación con el propósito de la represa y cómo se opera. También es un factor principal en la escala de los efectos ecológicos. El área de superfi cie del embalse, o el área inundada, indica el potencial en cuanto a reasentamiento. La mayor parte de las grandes represas tienen áreas de superficie del embalse de 0-1 km2 (más del 60%). Esto incluye represas en el curso de ríos sin embalses, Un pequeño porcentaje de represas (2%) tiene áreas de embalses mayores de 100 km2.

Durante la primera mitad del siglo XX, el promedio de altura, de volumen del los embalses y del área de los embalses han aumentado en todas las regiones. La altura promedio de las nuevas represas era de 30-34m desde 1940 hasta 1990, pero ha aumentado a unos 45 metros en los años 90, en gran parte debido a tendencias en Asia. El promedio del área de los embalses ha aumentado en forma espectacular desde 1945 hasta los años 60 para alcanzar hasta 50 km2, disminuyó en los años 80 hasta un promedio de 17 km2, y ha vuelto a incrementarse en los años 90 hasta alrededor de 23 km2.

Fuente: WCD analysis of ICOLD, 1998

Cuadro A1.3: Cambios en los atributos físicos e impactos de las grandes represas

La modificación de los caudales de ríos transfronterizos tiene implicaciones especiales.

Hay 261 vertientes que cruzan fronteras políticas de dos o más países. Estas cuencas abarcan un 45 % de la superficie terrestre del mundo, contienen un 80 % del caudal fluvial global y afectan a un 40 % de la población mundial.

Los problemas y preocupaciones que afectan a los países ribereños en esas cuencas van desde la calidad del agua hasta los volúmenes de caudal.

La capacidad agregada de almacenamiento, sobre la base del diseño de las represas, es de unos 6.000 km^3. Suponiendo que se logre en realidad la mitad del almacenamiento diseñado, la capacidad agregada real de almacenamiento de las grandes represas globalmente es similar a las extracciones totales de agua dulce estimadas en uno 3.800 km^3.

Una parte considerable del almacenamiento agregado de las grandes represas puede ser para

descargas de hidroelectricidad no consuntivas. El análisis de todas las grandes represas en el ICOLD Register (1.998), pero excluyendo las represas hidroeléctricas de un solo propósito, muestra 4.373 km^3 de capacidad diseñada de almacenamiento. Este conjunto de datos excluyen a muchas de las grandes represas en China, que se estima que proveen 451 km^3 de almacenamiento. (Fuente: IJHD, 1.999).

Un 0,5 - 1 % estimado de la capacidad total de almacenamiento de agua dulce de las represas existentes se pierde cada año por sedimentación en embalses tanto grandes como pequeños en todo el mundo. Esto significa que el 25 % de la capacidad existente de almacenamiento de agua dulce del mundo se puede perder en los próximos 25 a 50 años ante la falta de medidas de control de la sedimentación.

Esta pérdida se daría sobre todo en países y regiones en desarrollo, que tienen tasas más elevadas de sedimentación.

8.16. IMPACTOS ECO-SISTÉMICOS FLUVIALES

Las crecientes amenazas a la integridad de las vertientes del mundo provienen de las poblaciones en aumento, de la contaminación del agua, de la deforestación, de las extracciones de agua para irrigación y abastecimiento municipal y de la regulación de caudales debido a la construcción de grandes represas. Entre los muchos factores que conducen al deterioro de los ecosistemas en vertientes, las represas constituyen la principal amenaza física, al fragmentar y transformar ecosistemas acuáticos y terrestres con una amplia gama de efectos que varían en duración, escala y grado de reversibilidad.

Las vertientes del mundo son el hábitat del 40 % de las especies de peces del mundo, y proveen muchas funciones eco-sistémicas que van desde el reciclaje de nutrientes y de la purificación del agua hasta el reabastecimiento de los suelos y el control de inundaciones. Por lo menos un 20 % de las más de 9.000 especies de peces de agua dulce del mundo han desaparecido en años recientes, o están amenazadas o corren peligro.

Los peces constituyen una fuente crítica de proteína animal para más de mil millones de personas.

En África, la proteína del pescado significa el 21 % de la proteína animal total en la dieta, y en Asia alcanza el 28 %. Aunque los ríos proveen globalmente un 6 % de la proteína de pescado que consumen los humanos, con frecuencia constituye el 100 % del suministro para muchas comunidades ribereñas tierra adentro.

Las transformaciones eco-sistémicas no sólo se presentan en los niveles altos, bajos e intermedios de las vertientes, sino que también impactan los estuarios de ríos, que con frecuencia son ecosistemas complejos. El cierre de las desembocaduras de ríos importantes, la intrusión de sal, la destrucción de manglares y la pérdida de humedales están entre los muchos aspectos en juego.

8.17. CONSECUENCIAS SOCIALES DE LAS GRANDES REPRESAS

La construcción de grandes represas ha producido el desplazamiento de entre 40 y 80 millones de personas en todo el mundo.

Entre 1.986 y 1.993, aproximadamente 4 millones de personas se vieron desplazadas cada año debido a las 300 grandes represas que se comenzaron a construir anualmente.

Estas cifras sólo dan una idea aproximada de la dimensión del problema, ya que hay enormes variaciones de un caso a otro.

La escala y ámbito de los problemas sociales que se encuentran en las cuencas fluviales alteradas por la construcción de grandes represas varía de una región a otra. La cantidad de personas que obtienen sus medios de subsistencia directamente de ríos y de sus ecosistemas, y la densidad general de la población en la cuenca de los ríos, dan una pista de los impactos potenciales.

Como lo ilustra el Cuadro A1.4, la densidad de población puede variar mucho.

País	Cuenca Fluvial	Densidad de Población (personas/km^2)
China	Yangtze	224
Brasil	Tocantins – Amazonas	6

País	Cuenca Fluvial	Densidad de Población (personas/km^2)
India	Ganges	375
Noruega	Glomma y Laguen	26
Sudáfrica	Cuenca del río Orange	12
Tailandia	Mun – Mekong	78
EE.UU:	Columbia- Snake	9
Zimbabwe y Zambia	Zambezi	35
Fuente: Revenga et al, 1998.		

Cuadro A1.4: Densidad de población en algunas cuencas fluviales.

Los dos países más poblados del mundo, China e India, han construido alrededor del 57 % de las grandes represas del mundo, y tienen la mayor cantidad de personas desplazadas. A finales de los años 80 China reconoció oficialmente que tenía unos 10,2 millones de repobladores a causa de embalses, aunque otras fuentes sugieren que la cifra puede ser mucho mayor.

Sólo las grandes represas y embalses ya construidos en la cuenca del río Yangtze han conducido a la reubicación de por lo menos 10 millones de personas.

En India, se calcula que la cantidad total de personas desplazadas debido a grandes represas varía entre 16 y 38 millones.

Los reasentamientos debidos a grandes represas han constituido una parte importante de los reasentamientos totales debidos a toda la construcción de infraestructura pública.

En China, se calcula que las grandes represas han desplazado a un 27 % de todas las personas desplazadas a causa de proyectos de desarrollo (el total incluye a las personas desplazadas por la expansión urbana, carreteras y puentes).

En India, la cifra es de 77 % (este total excluye a las personas desplazadas por el desarrollo urbano).

Entre los proyectos que financió el Banco Mundial y que implicaron desplazamientos, a las represas y embalses se debió el desplazamiento del 63 % de las personas.

Estas cifras son sólo estimaciones y no incluyen personas desplazadas a causa de otros aspectos de los proyectos, como canales, plantas eléctricas, infraestructura de proyectos y medidas compensatorias asociadas, como bio-reservas.

8.18. ENTENDER EL DEBATE SOBRE LAS GRANDES REPRESAS

El enorme crecimiento en la construcción de represas en el siglo XX se produjo contra un telón de fondo de tremendas transformaciones políticas, económicas y técnicas, en tanto que la población del mundo crecía de 1,65 mil millones en 1.900, a 6 mil millones para fines de siglo.

Las últimas tres décadas, sobre todo, han sido testigos de cambios dramáticos y de amplio alcance en las percepciones del desarrollo y en los conceptos de interdependencia con otras personas y con la naturaleza.

Esta dinámica de cambio también está redefiniendo los papeles que los gobiernos, la sociedad civil y el sector privado desempeñan en la planificación del desarrollo de recursos de agua y de energía. Y mientras las amplias transformaciones han estimulado el debate acerca de las grandes represas, ese debate mismo se ha convertido en un catalizador importante de cambio.

9. ANEXO 2: Desempeño Técnico, Financiero y Económico

9.1. PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA

Los proyectos de desarrollo, en especial infraestructura de gran tamaño como las grandes represas, se conciben, planifican y diseñan para lograr un conjunto de objetivos que mejorarán el bienestar de la sociedad. Al evaluar el desempeño de las grandes represas, la Comisión analizó primero las represas incluidas en la Base de Conocimientos de la CMR en comparación con las metas que definieron quienes planificaron y diseñaron las instalaciones. Estas proyecciones de costos y beneficios proveyeron el fundamento y base para la aprobación y financiación del proyecto. En la mayoría de los casos, quienes propusieron el proyecto definieron objetivos de desempeño físico, financiero, económico y, cada vez más, social y ambiental.

La Comisión también ha examinado experiencias pasadas a partir de la ventaja de una visión retrospectiva, es decir, dentro del contexto de información disponible hoy día. Aquí se utiliza la Base de Conocimientos para evaluar los impactos de grandes represas que no se definieron ni planificaron de manera explícita, como la recuperación de costos e impactos negativos en grupos indígenas, pero que son factores importantes al evaluar la contribución de grandes represas al desarrollo.

La evidencia y los hallazgos indican que queda un amplio margen para mejorar en la selección de proyectos y en la operación de las represas existentes, incluso antes de tomar en cuenta los impactos sociales y ambientales. El desempeño de las grandes represas en función de lograr objetivos técnicos, financieros y económicos se caracteriza por un elevado grado de variabilidad, con un porcentaje considerable de represas que no cumplieron con sus objetivos generales y muchas otras que se quedaron cortas en cuanto a objetivos específicos.

Con todo esto, una cantidad importante han cumplido sus metas, e incluso las han excedido, y siguen generando beneficios después de 50 años o más. Sin embargo, el mensaje que emerge de la Base de Conocimientos de la CMR es que se podría mejorar sustancialmente la selección, diseño y operaciones de proyectos en comparación con el desempeño anterior.

9.2. ESTRUCTURA Y METODOLOGÍA

El análisis parte de varios casos independientes de experiencia con grandes represas, orientada en torno a diferentes ejes y complementada con las experiencias personales de los miembros de la Comisión. Primero se informa acerca de represas incluidas en la Base de Conocimientos de la CMR. Se utilizan los resultados del Estudio de Verificación (Cross-Check Study) para mostrar la dirección, variabilidad y alcance de tendencias y patrones generales. Estos hallazgos generales se complementan luego con la experiencia captada en estudios de caso, documentos de Revisión Temática, contribuciones a las Consultas Regionales y propuestas.

Los estudios de caso se utilizan para brindar ilustraciones indicativas de estos hallazgos generales y de sus causas inmediatas. Luego se citan las publicaciones y perspectivas existentes para comprobar los hallazgos originales, y también para clarificar direcciones nuevas que emergen del trabajo de la Comisión.

Los indicadores de desempeño para la fase de implementación de proyectos de represas son los mismos para todas ellas, aunque tengan propósitos diferentes. Por esta razón se comienza informando acerca de hasta qué punto las represas han logrado metas de costos de capital de proyectos y se han ejecutado según lo programado.

Las grandes represas construidas para irrigación, hidroelectricidad, abastecimiento de agua y control de inundaciones tienen objetivos diferentes, implican componentes diferentes, responden a mercados diferentes y se operan de modo diferente. El análisis se realiza a partir de la consideración de la entrega de beneficios medida en términos físicos (tales como agua, electricidad y cosechas) y luego en términos de rentabilidad financiera y económica.

También se analiza el alcance de la recuperación de costos, ya que abre una ventana no sólo hacia aspectos financieros sino también hacia los efectos de los subsidios en la asignación y empleo eficiente de recursos.

Muchas represas cumplen no sólo uno sino una serie de propósitos; estas represas de propósitos múltiples se analizan en una sección adicional y su desempeño se compara con el de las represas de un

solo propósito. Finalmente, se examina la sustentabilidad de las operaciones de represas mediante la revisión de su seguridad, sedimentación, saturación de agua y salinidad.

9.3. COSTOS Y CALENDARIOS DE CONSTRUCCIÓN

Durante el período de implementación de un proyecto de represa, o sea durante su construcción, dos indicadores clave son: hasta qué punto se ejecutan dentro del tiempo y costos previstos.

Las grandes represas en la Base de Conocimientos de la CMR han mostrado una clara tendencia hacia demoras en cuanto a tiempo y hacia costos por encima de lo presupuestado.

9.4. COSTOS DE CAPITAL DE PROYECTOS DE GRANDES REPRESAS

La evaluación de desempeño real comparado con el pronosticado en cuanto a costos de capital, es importante por una serie de razones.

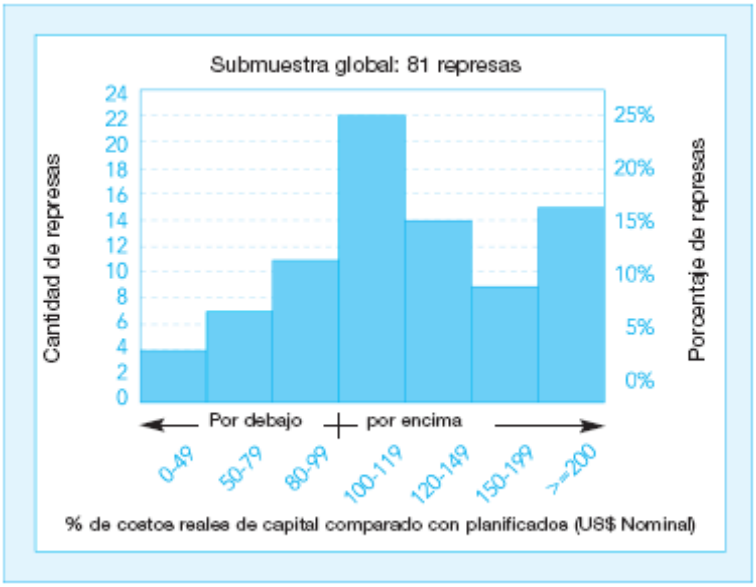
En primer lugar, los proyectos de represas se suelen aprobar sobre la base de un presupuesto financiero para la inversión. Si acaban costando mucho más que lo esperado, hay que encontrar más fondos.

Como las grandes represas y la infraestructura conexa pueden costar miles de millones de dólares (tres de los complejos de represas en los estudios de caso costaron más de 6 mil millones cada uno), los costos financieros por encima de lo presupuestado tienen consecuencias importantes para los presupuestos públicos y privados.

En segundo lugar, los proyectos también suelen obtener cobros arancelarios sobre la base de estimaciones de costo, de modo que las subestimaciones socavarán la viabilidad financiera o los esfuerzos por recuperar los costos.

Los datos sobre desempeño en costos en la Base de Conocimientos de la CMR sugieren que los proyectos de grandes represas con frecuencia incurren en costos de capital sustancialmente superiores a lo presupuestado. El exceso promedio en costos de los 81 proyectos de grandes represas en el Estudio de Verificación de la CMR fue de 56 %. La variabilidad fue alta.

De la muestra total, una cuarta parte de las represas lograron objetivos inferiores a los planificados en cuanto a costos de capital, en tanto que casi tres cuartas partes de las represas presentaron costos superiores al presupuestado (ver Gráfico A2.1)



Fuente: Estudio de Verificación de la CMR

Gráfico A2.1: Exceso de costos en proyectos de grandes represas.

Dentro de la muestra del estudio, las represas con fines múltiples presentaron una elevada variabilidad en desempeño comparadas con las de un solo fin, desde un costo inferior al presupuestado de 22 % a uno superior de 180 %.

Además, el exceso promedio en costo fue de 63 % para los 45 proyectos de fines múltiples, tres veces

más que el de las represas hidroeléctricas de un solo fin en la muestra.

En términos comparativos, el exceso en costos para las represas de un solo fin fue mayor en el caso de represas para abastecimiento de agua, ya que todos los proyectos menos uno presentaron entre un 25 y un 100 % de exceso y el promedio para esta categoría fue el doble que el de las represas de irrigación o hidroeléctricas de un solo fin.

Resulta interesante que el desempeño peor fue el que se dio en las sub-regiones de América Latina, Europa, Asia Central y Asia Meridional, con costos superiores a los presupuestados de un promedio de 53 %, 69 %, 108 % y 138 % respectivamente.

Los estudios de caso de la CMR, tomados como una sub-muestra aparte del Estudio de Verificación, sugieren una tendencia más marcada hacia exceso de costos. De ellos, sólo la Etapa 1 de la represa Kariba (construida a finales de los años 50) cumplió con el objetivo (un 3 % menor en costo).

Nótese también que la experiencia no se limita a proyectos muy grandes de miles de millones de dólares, ya que los cuatro proyectos más pequeños de millones de dólares en la cuenca de Glomma y Laagen en los estudios de caso de la CMR, costaron entre un 60 y un 185 % más que lo presupuestado.

La represa Pak Mun en Tailandia, represa hidroeléctrica de tamaño medio que financió el Banco Mundial y que entró en operaciones en 1.994, incurrió en un costo superior en un 68 % a lo presupuestado.

Las causas de las variaciones en costos caen dentro de cuatro categorías:

- Desarrollo deficiente de estimaciones técnicas y de costos, y supervisión deficiente de parte de los patrocinadores;
- Problemas técnicos que surgieron durante la construcción;
- Implementación deficiente de parte de proveedores y contratistas; y
- Cambios en las condiciones externas (económicos y en las regulaciones).

Parte de la dificultad en la elaboración de proyecciones precisas para los costos de construcción de grandes represas, radica en el hecho de que las condiciones geotécnicas en un sitio dado (la calidad de la roca para los cimientos de la estructura principal y de los túneles), y la calidad de los materiales de construcción, no se pueden determinar con precisión sino hasta que ya ha comenzado la construcción.

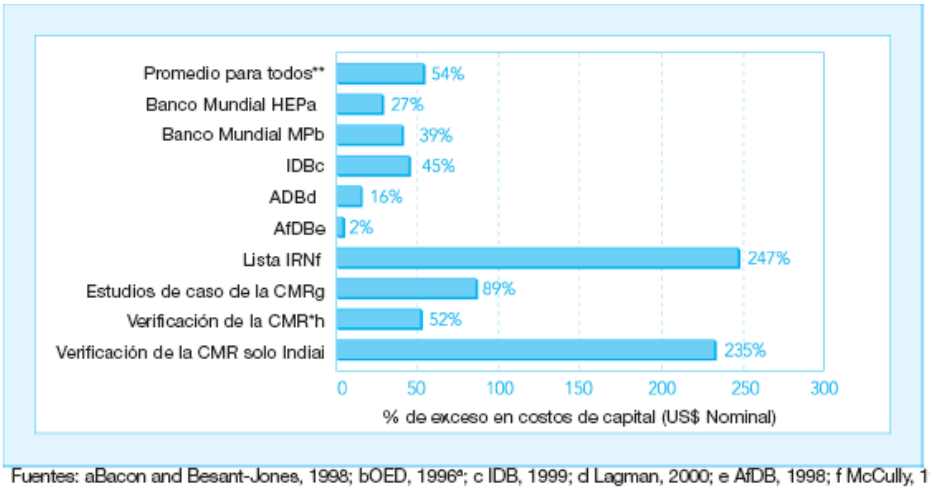
Descubrir durante la construcción las condiciones menos favorables del sitio, que lo que se habían supuesto en los diseños de ingeniería y en los planes de construcción, puede contribuir de manera significativa a que los costos excedan lo presupuestado y a que no se concluya a tiempo. A pesar de ser un factor común que produce costos superiores a los presupuestados, muy poco o nada se ha previsto para mejorar las estimaciones al respecto.

Otras estimaciones de desempeño en costos recopiladas o presentadas como parte del proceso de la CMR, incluyen una revisión del Banco Interamericano de Desarrollo de su cartera de proyectos de grandes represas desde 1.960 hasta 1.999. Los resultados sugieren un promedio de exceso en costos de 45 % (ver Gráfico A2.2).

En un ejercicio parecido, la CMR revisó la cartera de proyectos de construcción de grandes represas con financiación del Banco Asiático de Desarrollo (ADB) entre 1.968 y 1.999.

De los 23 proyectos de grandes represas completados del ADB y que disponen de datos hubo un exceso del 16 % sobre el costo presupuestado. Esto oculta una gran variabilidad, ya que la mayoría de las grandes represas en la muestra del ADB de hecho incurrieron en exceso de costos.

La International Rivers Network (IRN) presentó una lista de 14 grandes represas cuyos datos de desempeño en costos mostraban un exceso de un 247 %, con ocho proyectos en India que influyeron en los resultados con un promedio de exceso en costos de 262 %. Los resultados de estas últimas represas, así como los resultados de las represas de India en el Estudio de Verificación (235 % de exceso en costos) confirman los graves excesos en costos que se reportaron en el Estudio de Caso de India.



Fuentes: aBacon and Besant-Jones, 1998; bOED, 1996ª; c IDB, 1999; d Lagman, 2000; e AfDB, 1998; f McCully, 1999 eco061; g Thematic Review III.1 Economics; h,I WCD Crsos-Check Survey
Notas: * Excluye las represas de los estudios de caso e India. ** Promedios ponderados a partir de cantidad de represas en cada muestra. HEP se refiere a proyectos hidroeléctricos y MP a proyctos de fines múltiples.

Gráfico A2.2: Promedio de exceso de costos en grandes represas.

Los datos sobre desempeño en costos que reporta la CMR confirman los resultados que se encuentran en otros estudios. Quizá el estudio que más se cita es el de 70 proyectos de hidroelectricidad del Banco Mundial que entraron en operación entre 1.965 y 1.986, y en los que los costos al finalizar fueron en promedio 27 % superiores a lo calculado en la valuación. Esto, comparado con el promedio de exceso en costos de sólo un 6 % para una muestra de 64 proyectos de energía térmica, y un 11 % de exceso para una muestra de más de 2.000 proyectos de desarrollo de todas las clases.

Un análisis de los datos acerca de indicadores de costos para 10 represas de fines múltiples incluidos en el informe de 1.996 del World Bank Operations and Evaluation Department (OED) sobre grandes represas, da un promedio de exceso en costos de 39 %.

Finalmente, una revisión de 1.998 de 10 proyectos por parte del Banco Africano de Desarrollo (AfDB) encontró un promedio de exceso en costos de sólo 2 %.

La evidencia que recopiló la CMR confirma mucho la idea de que hay un sesgo sistemático hacia subestimar los costos de capital de las grandes represas. (Young. 2.000 eco066. WCD Subcmission p3, sugiere que los proyectos del Bureau of Reclamation de los EEUU, cuestan en promedio tres veces más que lo planicado).

Agregando todas las muestras mencionadas hasta ahora da un promedio de exceso en costos de sólo un poco más del 50 % para todos los 248 proyectos de represas (o 40 % sin las represas de la lista del IRN y de India según el Estudio de Verificación). La implicación es que las grandes represas han tenido un desempeño deficiente con respecto a las metas presupuestarias.

La predicción inexacta de la inflación con frecuencia constituye un componente importante de estos excesos en costos. Como consecuencia de ello, cuando las cifras se ajustan por inflación, el exceso en costos en términos de los costos económicos reales de los materiales y de los recursos empleados es probable que sea inferior al que se reporta aquí.

Los costos financieros de los proyectos los determinan las cantidades proyectadas de bienes y servicios a los precios del año en curso y luego aplicando un factor de subida de precios para tomar en cuenta la inflación esperada. Cuando la inflación real supera la esperada, esto contribuye a excesos en términos de flujo de caja (en comparación con los presupuestos originales) pero no altera necesariamente el costo real subyacente de los bienes y servicios, tal como se emplean en los análisis de costo-beneficio. El precio real de bienes y servicios empleados en construcción, y no el nivel general del precio, debe aumentar a una tasa más elevada de lo esperado para que se dé de hecho un exceso en los costos.

Para las 81 grandes represas de la sub-muestra del Estudio de Verificación el exceso en costos, medido en términos de dólares constantes de 1.998, llegó a 21 %, un descenso significativo respecto al exceso en costos de 56 % que se obtuvo en términos financieros actuales del dólar, pero siempre lo bastante grande como para afectar de manera significativa la economía de dichos proyectos.

9.5. CALENDARIOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

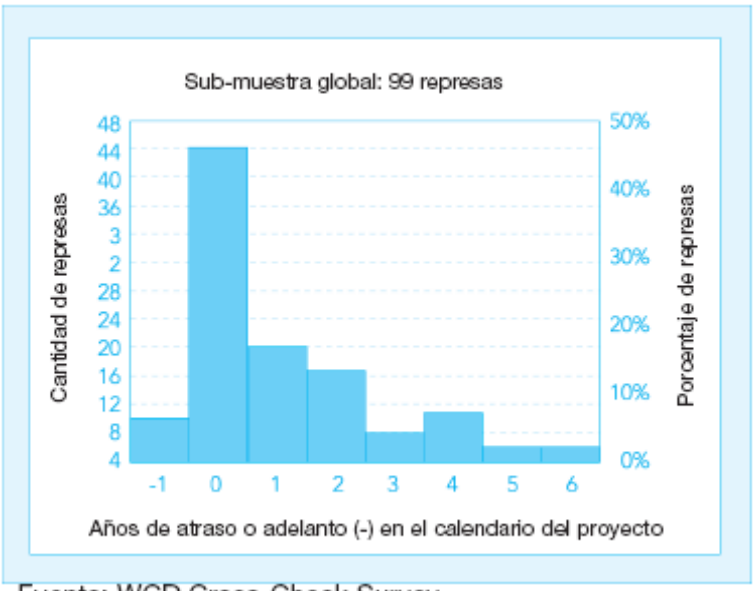
Un segundo indicador importante de desempeño durante la fase de implementación de un proyecto de

gran represa es hasta qué punto se cumplen los calendarios del proyecto. La demora en cuanto a la fecha de puesta en operación de un proyecto lleva a aumentos en interés acumulado sobre los fondos tomados en préstamo para actividades de construcción, y a demoras en la obtención de ingresos para el propietario una vez concluido el proyecto.

Para los consumidores, las demoras significan más tiempo en no disponer de los servicios de electricidad o agua. Las demoras, por lo tanto, afectan la entrega de servicios, y también el desempeño financiero y económico de un proyecto.

La Base de Conocimientos de la CMR sugiere una marcada tendencia hacia demoras temporales en el caso de proyectos de grandes represas en comparación con el tiempo planificado para la implementación.

De los 99 proyectos incluidos en el análisis de desempeño, en cuanto a calendario de los proyectos en el Estudio de Verificación, sólo la mitad de ellos se cumplieron a tiempo (ver Gráfico A2.3). Alrededor del 30 % de la otra mitad sufrieron una demora de entre uno y dos años, y un 15 % entre tres y seis años. Cuatro proyectos se demoraron más de 10 años.



Fuente: WCD Cross-Check Survey

Gráfico A2.3: Desempeño en cuanto a calendario del proyecto.

Las represas en el Estudio de Casos de la CMR también presentan un abanico de resultados en cuanto a cumplimiento del calendario de los proyectos. La Etapa 1 de la represa Kariba se cumplió a tiempo, mientras que la Tarbela necesitó dos años extra para concluirse y la Aslantas cuatro.

Después del arranque de la construcción a finales de los años 70, dificultades en la financiación provocaron una demora de nueve años en el caso de la Tucurui. Esto condujo a pagos más elevados en intereses que lo previsto durante la construcción. Sin contar los intereses, el exceso en costos fue de 51 % pero esto asciende a 77 % una vez que se incluyen en la comparación los costos de los intereses reales y pronosticados.

Otros factores pueden conducir a demoras temporales, como la entrega tardía de equipo indispensable en el lugar de la construcción, calendario poco realista de construcción, ineficiencias en la gestión del contratista y en la construcción, desasosiegos laborales y protestas y recusaciones legales por parte de grupos afectados.

Las publicaciones existentes acerca de grandes represas y proyectos conexos confirman este hallazgo, de que las grandes represas tienden a sufrir modificaciones significativas en cuanto a calendario.

Un estudio reciente de proyectos hidroeléctricos financiados por el Banco Mundial da cuenta de un 28 % de demora en promedio. Aunque esta falla es considerable, no difiere de la mencionada en el mismo estudio para el caso de proyectos de energía térmica (30 %).

9.6. REPRESAS DE IRRIGACIÓN

Las grandes represas y los proyectos de irrigación forman una red de subsistemas que incluyen a las represas como fuente de abastecimiento, al sistema de irrigación (incluyendo canales y tecnología aplicada al riego en las fincas), el sistema agrícola (incluyendo procesos de producción de cultivos) y el sistema socioeconómico rural más amplio y los mercados agrícolas.

Entre los indicadores potenciales de desempeño en el caso de proyectos de represas de irrigación están:

- Desempeño físico en entrega de agua, área irrigada e intensidad en rendimiento;
- Pautas de acopio y rendimiento, así como el valor de la producción; y
- Beneficios financieros y económicos netos.

Las represas grandes de irrigación en la Base de Conocimientos de la CMR, han sabido quedar cortas en cuanto a objetivos físicos, no han conseguido recuperar sus costos y han sido menos provechosas que lo esperado en términos económicos. Los beneficios secundarios de los proyectos de irrigación pocas veces se especificaron como objetivos.

9.6.1. ÁREA IRRIGADA E INTENSIDAD EN COSECHAS

Los componentes de irrigación de los proyectos de grandes represas en la Base de Conocimientos de la CMR, quedaron por debajo de los objetivos en términos de desarrollo del área del centro de operaciones (e infraestructura), área de hecho irrigada, y en menor medida en cuanto a la intensidad con que las áreas de hecho se irrigaron.

Con respecto al logro de los objetivos de área disponible, el Estudio de Verificación demuestra una pauta general de rendimiento inferior, con casi la mitad de las 52 represas en la sub-muestra que quedaron por debajo del objetivo fijado (ver Gráfico A2.4).

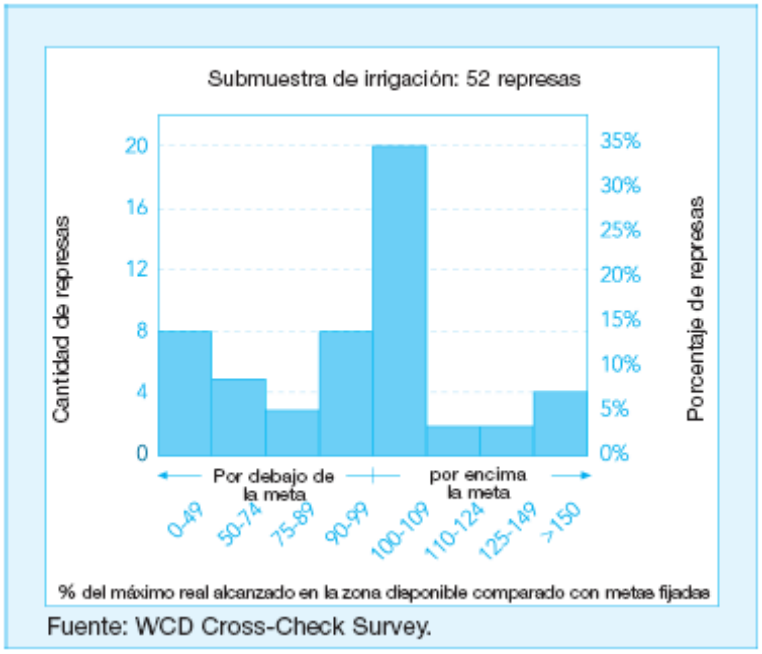


Gráfico A2.4: Logro en el área disponible.

El desempeño deficiente es más notorio durante los primeros períodos de la vida del proyecto, ya que el logro promedio de objetivos de área irrigada, comparado con lo que se había planeado para cada período aumentó en el curso del tiempo, de alrededor de 70 % en el quinto año a aproximadamente el 100 % para el año 30 (ver Gráfico A2.5). Sin embargo, una pauta característica que se observó en la muestra es la variabilidad de desempeño entre proyectos. En concreto, una cuarta parte de los proyectos lograron durante los primeros cinco años menos del 35 % de sus áreas de irrigación fijadas.

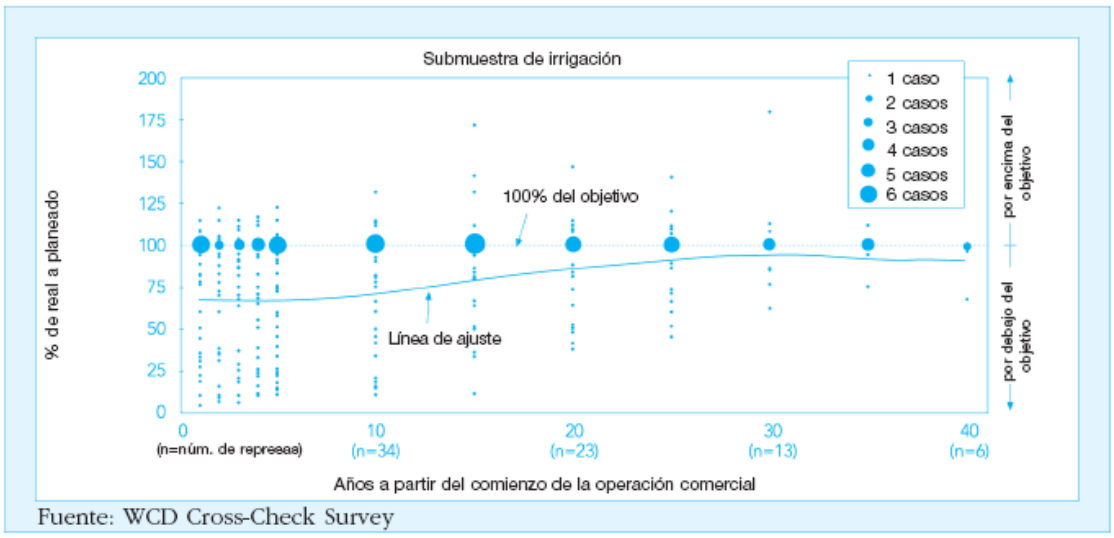


Gráfico A2.5: Área real irrigada comparada con objetivos establecidos en el curso del tiempo.

Los 52 proyectos en la sub-muestra del estudio también tuvieron una sub-ejecución en términos de objetivos de intensidad en el uso de la tierra. Sin embargo el desempeño en cuanto a intensidad en el uso de la tierra se acerca más a los objetivos, que el desarrollo del área de irrigación.

Menos de la mitad de los proyectos en la sub-muestra, lograron de manera regular o superaron las intensidades planeadas en cosechas desde el primer año de irrigación. De los restantes, el 20 % logró menos de tres cuartos de los objetivos y el otro 40 % cayó entre el 70 y el 75 %.

Con respecto a la intensidad de rendimiento, en el estudio hay poca diferencia en los valores promedio entre represas de un solo fin o de fines múltiples. Los valores reales de área máxima irrigada alcanzada con proyectos de irrigación de un solo fin, son uniformemente mejores en promedio por un margen de un 10 %. Los planes de irrigación con un solo fin también presentan una dispersión mayor en los valores alrededor del promedio, con una cuarta parte de los 21 proyectos de un solo fin que logran más del 115 % de los objetivos establecidos.

Cuando se compara con los proyectos más grandes en el estudio, las represas con alturas inferiores a los 30 metros y áreas de embalse de menos de 10 km^2, tienden a acercarse más a los objetivos fijados y muestran menos variabilidad en cuanto a desarrollo del área disponible, a área real irrigada y a intensidad real en cosechas.

Todos los proyectos por debajo del 90 % de los objetivos de área e intensidad tenían más de 10 km^2 y de 30 metros de altura.

Los Estudios de Caso de la CMR, corroboran los resultados del Estudio de Verificación y presentan una amplitud similar en los resultados con respecto a objetivos en área de irrigación e intensidad de rendimiento.

En el caso de la Grand Coulee, puesta en servicio en 1.941, sólo alrededor de la mitad del área prevista en el proyecto de la Cuenca del Columbia llegó a desarrollarse; lo mismo puede decirse de la represa Gariep en el río Orange en Sudáfrica. Como la represa Tarbela forma parte integral del Sistema de Irrigación de la Cuenca del Indus (IBIS, en inglés), no resulta posible especificar los logros de objetivos de área. Sin embargo, la cantidad de agua vertida del Tarbela para irrigación ha superado las expectativas públicas en un 20 % en sus 25 años de vida. Esto se debe sobre todo a una tasa menor de lo esperado en sedimentación del embalse. Se observan incumplimientos de entre 9 y 60 % en el logro de objetivos de intensidad de rendimiento en las provincias de Punjab y Sindh.

Por otro lado, el Estudio de Caso de India reporta que el nivel de subempleo de áreas irrigadas se coloca entre el 13 y el 25 %.

En el caso de la represa Aslantas en Turquía, el 96 % del área irrigada se había desarrollado para finales del período de implementación, pero en la actualidad ha descendido al 87 % debido a la conversión de tierra agrícola para fines urbanos e industriales. Áreas adicionales para irrigación que se habían previsto bajo el plan original de la cuenca, se han hecho realidad posteriormente por medio de otros proyectos, aunque con demora respecto a las proyecciones originales. La intensidad en rendimiento ha aumentado de 89 % a 134 % del objetivo, pero esas cifras ocultan el regreso a cultivos de trigo, que requiere poca irrigación en Turquía.

Los logros deficientes de objetivos para el desarrollo de áreas irrigadas con recursos de grandes represas tienen una serie de causas. Los fallos institucionales con frecuencia han sido la causa primordial, incluyendo canales inadecuados de distribución, sistemas excesivamente centralizados de administración de canales, responsabilidad institucional fragmentada para el sistema central y para sistemas de nivel terciario, y asignación inadecuada de financiación para el desarrollo de canales terciarios.

Entre las causas técnicas se pueden mencionar demoras en la construcción, estudios y supuestos hidrológicos inadecuados, atención insuficiente al drenaje, y proyecciones demasiado optimistas en cuanto a pautas de rendimiento, cosechas y eficiencias de la irrigación, incluyendo constatar tardíamente que algunas áreas no eran económicamente viables.

También, un desfase entre las hipótesis estáticas de la agencia de planificación y la naturaleza dinámica de los incentivos que rigen el comportamiento real del agricultor, ha significado que las proyecciones quedaran muy pronto obsoletas.

Los datos de desempeño en proyectos de irrigación que se reportan en otros lugares sustentan los hallazgos iniciales de la Comisión, aunque estos no se refieren sólo a las grandes represas.

Una evaluación del ADB de 35 proyectos de irrigación, encontró que las áreas en realidad en producción en general eran un 60 - 85 % inferior, respecto a las estimaciones realizadas en la valuación, con sólo cuatro que excedieron los objetivos.

Un estudio del Banco Mundial de siete proyectos de irrigación, encontró que todos menos uno tenían intensidades en rendimiento inferiores a lo esperado (en un ámbito de 65 a 91 %, con uno en 107 %).

Una evaluación que realizó el Banco Mundial en 1.990 de 21 proyectos de irrigación entre 5 y 12 años después de haberse completado, mostró que el área irrigada había disminuido en 11 de los proyectos y que en 18 de ellos la intensidad en rendimiento era inferior que al completar los proyectos (un 85 %).

9.6.2. PAUTAS DE RENDIMIENTO, COSECHAS, PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN

El rendimiento de las cosechas y el valor bruto de la producción, a raíz de grandes represas de irrigación en la Base de Conocimientos de la CMR, con frecuencia han variado significativamente respecto a lo pronosticado al comienzo de los proyectos. A menudo se observan rendimientos menores en cultivos especificados en los documentos de planificación, que suelen enfatizar la producción de cereales para alimentar a poblaciones en crecimiento, que en los cultivos que los agricultores de hecho escogieron. Esto ocurre por cuanto los agricultores responden a incentivos del mercado que proporcionan los cultivos con mayor valor, ya sean cultivos estacionales o a largo plazo basados en huertas, y asignan a estos cultivos los recursos disponibles. Esto implica un valor bruto de producción mayor de lo esperado por unidad de área, con la advertencia de que tales incrementos han variado con la tendencia a largo plazo del precio real de los productos agrícolas pertinentes.

Pero cuando los cambios en pautas de rendimiento se combinan con déficit en área desarrollada e intensidad de rendimiento, el resultado final suele ser un déficit en producción agrícola del proyecto en su totalidad.

El valor bruto de la producción es más elevado donde el cambio hacia cultivos de mayor valor compensa el déficit en los objetivos de área y de rendimiento. Los Estudios de Caso de la CMR ofrecen ejemplos tanto de sobreestimación como de subestimación de la cantidad y valor de la producción agrícola.

En el caso del Proyecto de la Cuenca del Columbia, las cosechas han sido entre el 30 y el 50 % más altas que lo pronosticado en los informes de planificación en 1.932. En parte debido a un cambio hacia cultivos de mayor valor y que el valor monetario bruto de la producción agrícola real por unidad de área casi duplicó lo que se había previsto en ese tiempo. Por ejemplo, el área plantada con frutas y verduras en 1.992 fue el 60 % comparado con el 20 % de treinta años antes.

Las cosechas de cultivos de cereales y forraje también aumentaron de manera significativa debido a variedades mejores y a mecanización.

De igual modo, en el caso de la represa de Aslantas en Turquía, la pauta de rendimiento cambió dramáticamente respecto a lo planificado, conservando en parte el cultivo de trigo para alimentación básica y cultivando siembras de alto valor secundario como soja, en vez de algodón como se había previsto. Las cosechas de trigo y algodón llegaron al 75 % de los pronósticos, en tanto que la sandía y el maíz superaron los objetivos entre un 50 y un 100 %. En conjunto, el valor monetario bruto de la producción agrícola alcanzó el 71 % de lo pronosticado.

En el caso de Tarbela, las cosechas de trigo, arroz y algodón están entre un 9 % y un 50 % por debajo de lo previsto en el informe de factibilidad. El rendimiento más bajo de lo previsto de cultivos se ha debido a factores agrícolas, incluyendo prácticas de cultivo, deficiente calidad de semillas, ataque de plagas y condiciones adversas del tiempo, y también se han debido a la falta de recursos laborales o financieros. Factores físicos, como drenaje deficiente, tierras irregulares o inadecuadas, aplicación ineficiente y poco confiable de irrigación y la salinidad también obstaculizan la producción agrícola.

La eficiencia en el empleo de agua afecta no sólo la producción sino también la oferta y demanda de agua para irrigación (ver Recuadro A2.1).

Los sistemas de irrigación de superficie de la clase que se sustenta con proyectos de grandes represas han tendido a emplear el agua de manera ineficiente. La eficiencia en el empleo de agua de irrigación de superficie está en el rango de 25 a 40% en India, México, Pakistán, Filipinas y Tailandia, de 40 a 45% en Malasia y Marruecos, y de 50 a 60% en Israel, Japón y Taiwán. El Estudio de Caso de Aslantas sugiere que la eficiencia total de la irrigación en el proyecto de Aslantas es de 40%. Estos ejemplos indican que la proporción de agua que consumen los cultivos respecto al agua que la fuente proporciona varía entre el 25 y el 60%.

Fuentes: WCD Thematic Review IV.2 Irrigation Options, capítulo 3. WCD Aslantas Case Study

Cuadro A2.1: Eficiencia en el empleo de agua de irrigación.

Una causa importante de las dificultades en lograr objetivos para el valor bruto de la producción, es el descenso en el precio de las mercancías. Por ejemplo en términos reales, los precios mundiales de los cereales en los años 90 fueron del orden de la mitad respecto a los de los años 50.

Aunque hubo variaciones anuales importantes, el precio promedio del arroz desde 1.950 hasta 1.981 fue de 850 USD/ton (en precios de 1.997), comparado con 350 USD/ton desde 1.985 hasta la fecha de referencia.

Los precios del trigo han presentado un descenso parecido, pero menos grave, 330 USD/ton desde 1.950 hasta 1.981 en precios de 1.998, comparado con 140 USD/ton desde 1.985 a 1.999.

La caída que se ha producido en los precios proviene en parte del incremento en producción de alimentos que se generó con la agricultura de irrigación y la Revolución Verde, pero también se debió a subsidios a la producción y a otros incentivos que muchos países emplearon para apoyar a la agricultura.

Esa caída en los precios ha contribuido a disminuir el valor de la producción conseguida en comparación con los pronósticos.

Otras fuentes también ponen de manifiesto una pauta generalizada de déficit y variabilidad en producción agrícola en proyectos de irrigación en países en desarrollo.

En el estudio OED del Banco Mundial de 1.990 sobre irrigación citado, 15 de los 21 proyectos tuvieron al concluirse una producción agrícola inferior a lo planificado.

Evaluaciones de 192 proyectos de irrigación que aprobó el Banco Mundial entre 1.961 y 1.984 indicaron que sólo el 67 % se desempeñaron de modo satisfactorio en comparación con sus objetivos.

9.6.3. RENTABILIDAD FINANCIERA Y ECONÓMICA

Desde los años 30 en los países industrializados y desde los años 70 en los países en desarrollo, la rentabilidad financiera y económica se convirtió en criterios importantes, si no dominantes, para decidir respecto a proyectos de agua.

En consecuencia, la aprobación de muchos proyectos de grandes represas dependía de las estimaciones de su rentabilidad prevista. Las mediciones que solían utilizarse para evaluar la rentabilidad son la tasa interna financiera de ganancia (FIRR, en inglés) y la tasa interna económica de ganancia (EIRR, en inglés) definida a partir de análisis de costo beneficio.

La FIRR le indica al propietario del proyecto si el proyecto es rentable, en tanto que la la EIRR tiene como fin decirle a la sociedad si el proyecto va a mejorar el bienestar económico general de la nación. El sub-desempeño en relación con objetivos no implica por necesidad que un proyecto no sea rentable en términos económicos, ya que la tasa de ganancia de un proyecto puede no lograr su objetivo pero con todo superar el costo de oportunidad del capital para la economía.

De ordinario, una EIRR de más del 10 % se considera aceptable en el contexto de una economía en desarrollo.

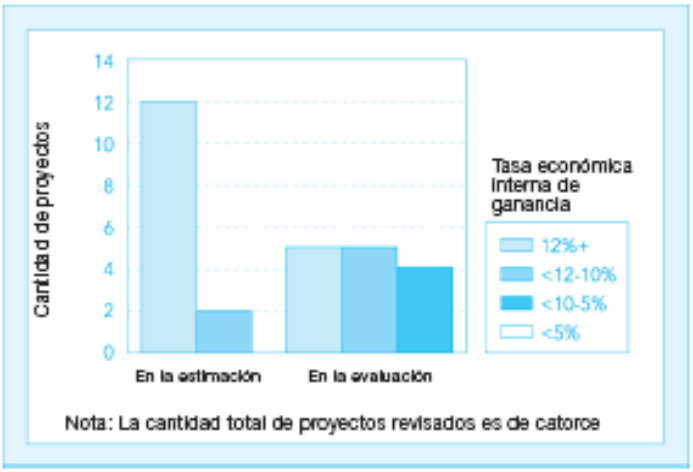
Las valuaciones que realiza el Banco Mundial suelen mencionar el 10 % como la "tasa límite" que un proyecto debe superar, para que se considere que vale la pena emprenderlo. El ADB sólo aprueba proyectos que tengan una EIRR de más del 12 %, aunque en casos excepcionales se aprueban los que tienen un EIRR inferior al 12 % pero superior al 10 % (Fuente: ADB, 1998, p37, en WCD Thematic Review III.1 Economic Análisis, Technical Annex I, p10-14).

Sobre esta base, los proyectos de represas para irrigación en la Base de Conocimientos de la CMR con demasiada frecuencia no han conseguido proporcionar la rentabilidad económica y financiera prometida, incluso cuando se la ha definido en términos restrictivos de costos y beneficios directos del proyecto.

Dada la falta de estudios de evaluación de grandes represas para fines de irrigación, la CMR recopiló datos de desempeño financiero y económico de una serie de informes de estimaciones, finalización y auditoria de proyectos de grandes represas financiados por el Banco Mundial y el ADB (ver Gráfico A2.6).

El promedio de EIRR en la evaluación de las 14 represas para irrigación fue algo superior al 15 %, déficit considerable en desempeño económico para el grupo. En tanto que 12 proyectos habían esperado ganancias de más del 12 % en la estimación, esta cifra había descendido a cinco en la evaluación. En cuatro casos, la EIRR en la evaluación cayó por debajo de la tasa límite del 10 %. Los resultados extraídos de los informes del ADB y del Banco Mundial se basan desde luego sólo en estudios de evaluación realizados al finalizar la fase de implementación o apenas cinco años después de la puesta en operación.

Incorporan los efectos del exceso de costos y los resultados iniciales de la operación, pero no son en sí mismos ni a largo plazo ni abarcativos. Suelen considerar sólo los costos y beneficios directos del proyecto y no toman en cuenta los impactos sociales y ambientales relacionados con la represa o la producción agrícola.



Fuente: WCD Thematic Review III.1 Economic Analysis, capítulo 10.

Gráfico A2.6: Desempeño económico de represas para irrigación con financiación multilateral.

En el caso del Proyecto de la Cuenca del Columbia, incluso un análisis somero de los datos de desempeño a largo plazo disponible en el Estudio de Caso de la CMR, muestra que los grandes excesos en costos y la provisión menor de lo esperado de beneficios plantean interrogantes acerca de la economía del proyecto.

En estudios post evaluación de proyectos de irrigación y de desarrollo rural que realizaron el Banco Mundial y el ADB, la mitad de los proyectos se consideraron como no rentables en términos económicos, o sea que tenían EIRRs de menos del 10 %.

Más de las tres cuartas partes de los proyectos produjeron menos de lo que se había estimado. De hecho, el promedio de los EIRRs en los proyectos de irrigación del Banco Mundial fue de 17,7 % en la estimación. Al finalizarlos, había descendido a 14,8 %, y para cuando se realizó la evaluación de impacto, de ordinario entre seis y ocho años después de finalizarlos, las EIRRs habían descendido a 9,3 %. Esta tendencia más bien violenta hacia abajo indica que muchos proyectos de irrigación, no sólo los de grandes represas, sufren de una tendencia a sobreestimar las ganancias del proyecto al principio, lo cual suele llamarse "optimismo al estimar".

9.6.4. RECUPERACIÓN DE COSTOS

Las agencias públicas no siempre han procurado recuperar los costos asociados con proyectos públicos de infraestructura. Donde se valoran los servicios que brindan las grandes represas como bienes de consumo o insumos productivos, la falta de recuperación de costos de parte de la agencia patrocinadora con frecuencia equivale a un subsidio, en el sentido de que el proyecto de gran represa proporciona un beneficio por el que no se paga nada.

La falta de recuperación de costos no es, sin embargo, sólo un asunto de subsidios. Proveer servicios gratuitos e insumos subsidiados conduce a menudo a una mala asignación de recursos y a una producción ineficiente. Además, puede llevar a un comportamiento nocivo dado que las personas dirigen sus esfuerzos a obtener dichos subsidios (comportamiento que busca beneficios) y no a actividades productivas.

El análisis evalúa hasta qué punto la recuperación de costos es un objetivo explícito en proyectos de represas de irrigación, y hasta qué punto ha cumplido con lo esperado o, si no se preveía la recuperación de costos, hasta qué punto se ha producido de todos modos.

No sorprende descubrir que la recuperación de costos de capital para irrigación raras veces ha sido un objetivo y todavía más raras veces se logra. El desempeño en recuperación de costos de operación y mantenimiento (O & M) suele ser deficiente, aunque el reconocimiento cada vez mayor de la importancia de la recuperación respecto al desempeño ha conducido a innovaciones institucionales que incrementaron el cobro de cuotas de O & M en los años 90.

9.6.5. RECUPERACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El desempeño en cuanto a recuperación de costos de O & M fue mixto en las tres represas de los Estudios de Caso de la CMR que incluían irrigación. En el caso de la represa Aslantas, se esperaba la recuperación de costos, pero sólo avanzó algo después de 1.985 con la adopción de una asociación de usuarios de agua.

En el Sistema de Irrigación de la Cuenca del Indus, donde la represa Tarbela juega un papel decisivo, los ingresos por cuotas de irrigación básicamente cubrieron los costos de operación y mantenimiento hasta 1.970. Luego, los ingresos han disminuido, y la diferencia entre gastos y recuperación de O&M alcanzó el 44 % para 1.992 en Punjab y 30 % en Sindh. A la vez, un porcentaje creciente de ingresos se estaba asignando a costos de la agencia y no a actividades de mantenimiento.

Algo parecido ocurre en la India, donde los ingresos brutos por cuotas de irrigación son considerablemente menores que los costos recurrentes de O&M. En los años 60 los ingresos cubrían los gastos; sin embargo, para finales de los años 80 los ingresos eran sólo del orden del 10 % de los gastos.

Las pérdidas anuales en la operación se convirtieron en una enorme deuda fiscal, con pérdidas anuales en la operación superior a 1.000 millones USD para mediados de los años 90. Las cuotas por agua que se cobran representan alrededor de un 2 % del incremento en beneficios por la irrigación.

En el Proyecto de la Cuenca del Columbia, quienes regaban pagaban sólo un porcentaje muy bajo de los costos de bombear el agua al sistema del CBP y nada por el agua misma, que tiene un costo elevado de oportunidad en términos de producción hidroeléctrica perdida en la Grand Coulee.

La información que ha recopilado la CMR sobre recuperación de costos de O&M la confirman las publicaciones al respecto. Un estudio realizado desde 1.992 de 18 sistemas de irrigación en todo el mundo muestra una variación considerable de tasas de recuperación, con los sistemas de agencias públicas en el ámbito de 30 a 50 % y algunos sistemas gestionados localmente con una recuperación del costo total.

La evaluación que realizó el Banco Mundial en 1.990 reporta que en 11 de los 21 casos, las tasas de recuperación fueron demasiado bajas como para cubrir los costos de O&M de la irrigación.

En México, las asociaciones de usuarios de agua han resultado eficaces para mejorar la recuperación de costos y la gestión.

9.6.6. RECUPERACIÓN DE COSTOS DE CAPITAL

La tendencia hacia un desempeño financiero y económico deficiente y el fracaso en recuperar costos de O&M sugieren que incluso cuando existe un objetivo explícito, la recuperación de costos de capital también será limitada.

La represa de Aslantas ofrece un ejemplo bastante completo del fracaso no sólo en recuperar estos costos sino también en cumplir con los acuerdos establecidos al respecto.

En el informe de evaluación del Banco Mundial de 1.990 sobre proyectos de irrigación, incluso los casos de una recuperación "excelente" de costos condujeron a una recuperación solo parcial de los costos de capital.

En síntesis, la evaluación de planes de grandes represas de irrigación pone de manifiesto que si bien se da una variabilidad considerable en el desempeño, esos planes con demasiada frecuencia han quedado lejos de cumplir objetivos físicos y han fallado en recuperar sus costos en casos en los que se había indicado la intención al respecto en el documento del proyecto. Además, en muchos casos, la justificación económica para aprobar el proyecto no se ha hecho realidad, según indica la experiencia en implementación y operación, debido a exceso de costos y déficit en beneficios netos de producción agrícola.

9.7. REPRESAS HIDROELÉCTRICAS

Las grandes represas hidroeléctricas en la Base de Conocimientos de la CMR se pueden dividir en tres grupos. Los dos primeros representan los extremos: una serie de proyectos que han superado sus objetivos y unos pocos que han quedado lejos de ello.

La mayoría de los proyectos han provisto electricidad dentro de un ámbito angosto de objetivos anteriores al proyecto pero con una tendencia general a no llegar a cumplirlos. Los proyectos hidroeléctricos, como es el caso en otras represas grandes, han incurrido en exceso de costos y en demoras de ejecución.

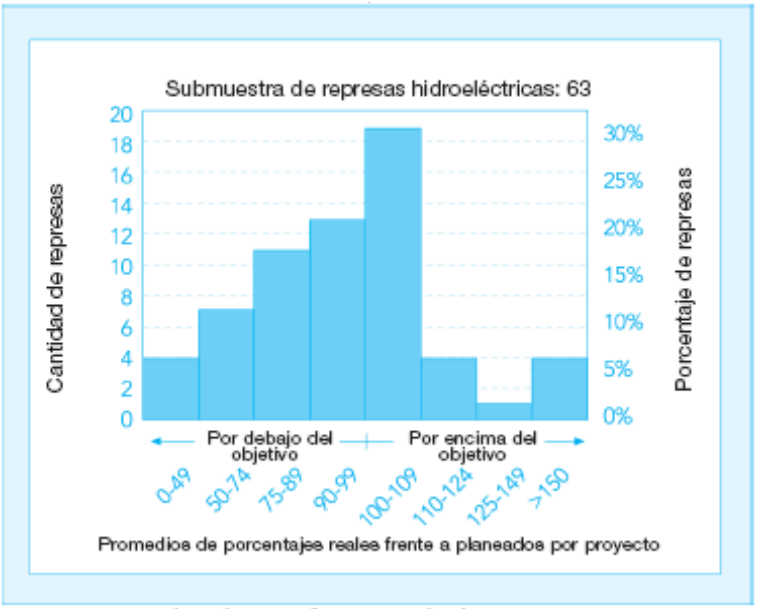
La evidencia disponible limitada sugiere que los proyectos hidroeléctricos con frecuencia se apartan sustancialmente de sus objetivos económicos, en dirección tanto positiva como negativa. El desempeño financiero es más constante y con menor variabilidad negativa.

Finalmente, una serie de proyectos antiguos siguen generando beneficios incluso medio siglo o más después de haber comenzado a funcionar.

9.7.1. PROVISIÓN DE SERVICIOS Y BENEFICIOS

Las grandes represas en la Base de Conocimientos de la CMR que se diseñaron para suministrar electricidad en promedio han cumplido con las expectativas en cuanto a este servicio pero con una variabilidad considerable, en gran parte en dirección negativa. Una serie de proyectos han superado en mucho sus objetivos técnicos, financieros y económicos, en tanto que otros no han llegado a ello. Se analiza la entrega de servicios y beneficios mediante una evaluación del desempeño respecto a objetivos en cuanto a capacidad instalada y provisión de electricidad. La hidroelectricidad también ofrece servicios auxiliares a la red eléctrica.

En contraste con la irrigación, el desempeño hidroeléctrico de 63 grandes represas en el Estudio de Verificación de la CMR en promedio se acercó más al objetivo (ver Gráfico A2.7). Pero al igual que en las represas de irrigación, la variación en desempeño entre proyectos fue muy grande (ver Gráfico A2.8). En promedio, casi la mitad de la muestra superó los objetivos establecidos en cuanto a generación eléctrica, con un 14 % que superó los objetivos en una cantidad significativa. También muestra que alrededor de una quinta parte de los proyectos en la muestra logran menos del 75 % de los objetivos planeados de producción eléctrica. Aparte de estos extremos notorios, el Gráfico A2.7 muestra que más de la mitad de los proyectos en la muestra no llegan a cumplir sus objetivos de generación eléctrica. Así, el desempeño promedio en la muestra se basa en unas pocas que se desempeñaron por encima de lo planeado y no debería ocultar la variación en desempeño que se inclina hacia déficit en suministro de electricidad.



Fuente: Estudio de Verificación de la CMR

Gráfico A2.7: Promedios de proyectos en generación hidroeléctrica real frente a la planeada.

La producción mayor de lo esperado en generación hidroeléctrica en casi la mitad de los proyectos de grandes represas en el Estudio de Verificación, se debe sólo en una pequeña parte a la adición de capacidad instalada extra antes de su puesta en funcionamiento, pero más especialmente después de comenzar a funcionar.

Una cuarta parte de las grandes represas con producción superior a la esperada habían instalado más del 100 % de su capacidad planeada en el estudio de factibilidad.

La represa Tucurui se apartó del diseño de factibilidad cuando la capacidad instalada inicial se elevó de 2.700 a 4.000 MW antes de ponerla a funcionar. Las represas Tarbela, Grand Coulee y Gromma y Laagen han experimentado toda instalación de capacidad adicional posterior, en cantidades significativas, que no se había previsto en la fase de factibilidad. Además, tanto Kariba como Tucurui son proyectos de varias fases que implican duplicar la capacidad.

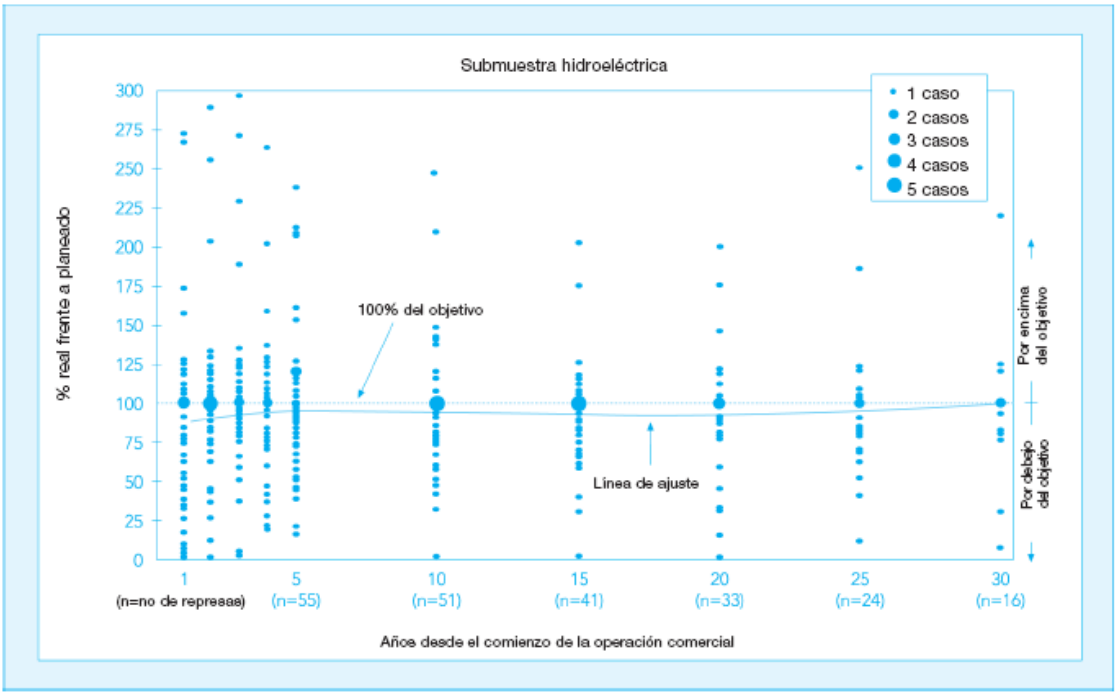
Los perfiles de desempeño hidroeléctrico de las represas en el Estudio de Casos en el Gráfico A2.9, ilustran cómo la instalación de más capacidad que la inicialmente esperada conduce a una producción superior a la esperada (Grand Coulee y Tarbela).

Sin embargo, la producción de electricidad con frecuencia es también inferior a la inicialmente estimada. La represa Victoria en Sri Lanka preveía una generación eléctrica de 970 GWh/año, pero en realidad sólo produce un promedio de 670 GWh, un déficit de más del 30 %.

En este caso las causas fueron las extracciones para irrigación río arriba superiores a lo esperado y caudales naturales inferiores a lo calculado. Los resultados del Estudio de Casos de Pak Mun, que es un proyecto fluvial con capacidad máxima limitada, indican que en los primeros cuatro años de operación después de 1.994, la capacidad instalada y la generación eléctrica anual total fueron las esperadas.

Sin embargo, la capacidad del proyecto de suministrar electricidad para su fin primordial de un período pico planeado de cuatro horas fue considerablemente inferior a lo esperado en la estación seca, lo cual condujo a cuestionamientos respecto a su viabilidad económica.

Un ulterior análisis de los datos del Estudio de Verificación, pone de manifiesto que la generación promedio en el primer año de operación comercial, es del 80 % del valor establecido para represas hidroeléctricas grandes (ver Gráfico A2.8).



Fuente: Estudio de Verificación de la CMR

Gráfico A2.8: Generación eléctrica real frente a la planeada en el curso del tiempo.

Del segundo al quinto año, el porcentaje promedio de cumplimiento de objetivos se elevó a cerca del 100 %, aunque esta mejora en el promedio de cualquier período de tiempo oculta una variación considerable en la sub-muestra, con la mitad de proyectos o más que todavía no cumplen con la generación prevista de electricidad.

Las demoras en la fase de construcción de proyectos, en el llenado del embalse (si prevalece la escasez de lluvia), y en la instalación y conexión de las turbinas, explican el déficit en desempeño en los primeros años de operación comercial. Se observan en dos estudios de caso demoras en la instalación de capacidad y demoras subsiguientes en cumplir con los objetivos de producción eléctrica (Tarbela y Kariba).

Tarbela logró y excedió los niveles previstos en 1.992, que coincidió con la puesta en funcionamiento de todo el complemento de capacidad planeada (ver Gráfico A2.9).

Los Estudios de Caso de la CMR muestran que eventos inesperados y cambios en el diseño durante la fase de desarrollo del proyecto pueden conducir a demoras en lograr los objetivos de generación eléctrica. Tarbela sufrió daños estructurales importantes en las pruebas de funcionamiento, que condujeron a una pérdida de dos años en generación eléctrica, y en Sudáfrica la decisión de incrementar la generación eléctrica mediante el aumento en la altura de la represa Van der Kloof difirió la puesta en funcionamiento.

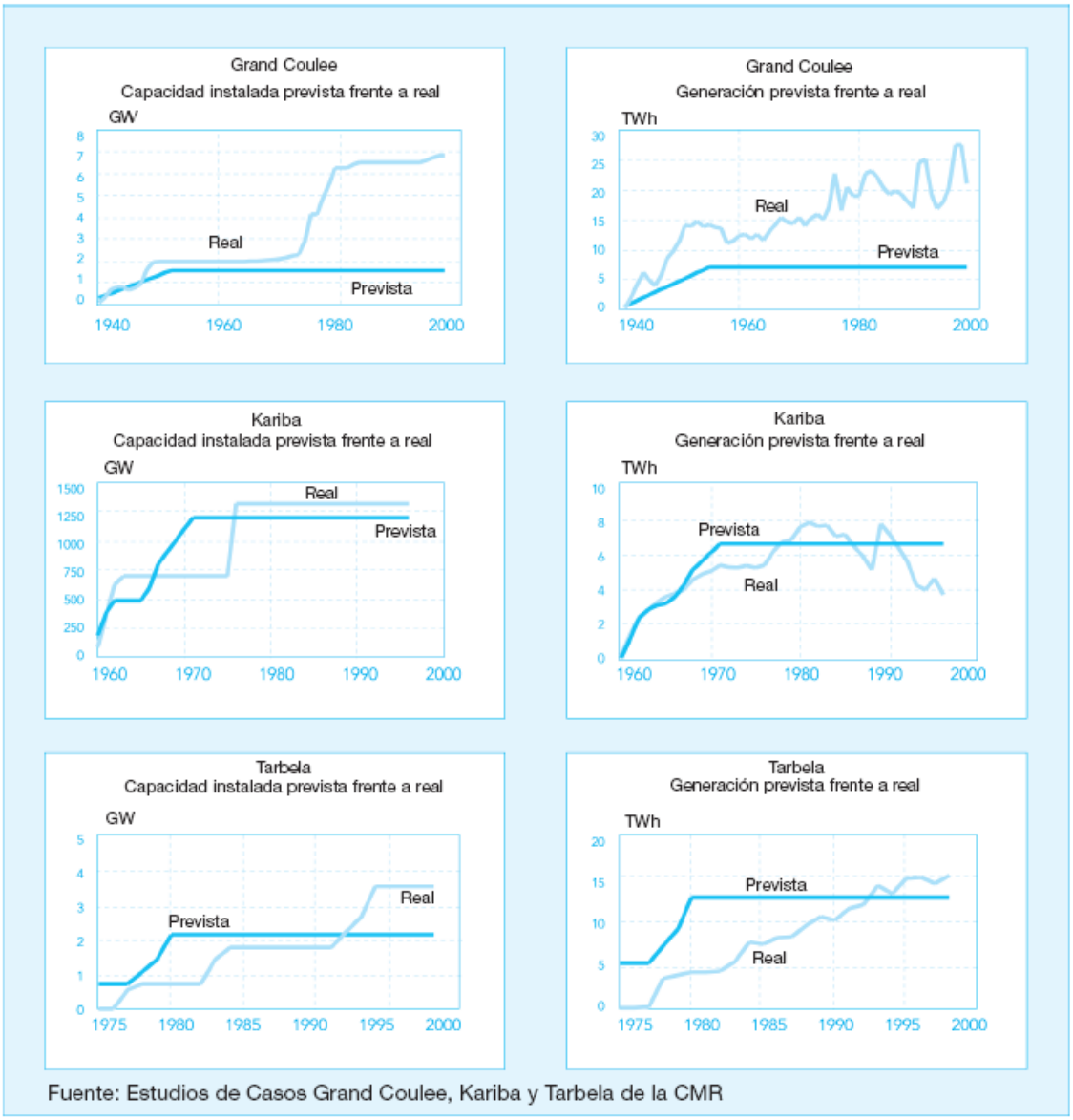


Gráfico A2.9: Estudio de desempeño Hidroeléctrico. Capacidad y Generación Eléctrica.

En los casos en que la demora no es resultado de un aumento menor de lo esperado en demanda de electricidad, esas demoras en alcanzar los objetivos pueden tener consecuencias importantes en cuanto al suministro de electricidad a consumidores y a asegurar beneficios económicos desde el comienzo de un proyecto.

Otra observación sobre el tiempo en que se suministra electricidad, a partir del Estudio de Verificación, es la coherencia en la distribución de la muestra por todo el período estudiado (ver Gráfico A2.8).

Los Estudios de Caso de la CMR ofrecen toda una serie de ejemplos (Grand Coulee, Tarbela y Tucurui) en los cuales la producción eléctrica de represas muy grandes se incrementa por largos períodos (en términos absolutos y relativos a las previsiones). La producción eléctrica en la Grand Coulee, por ejemplo, ha ido aumentando en los últimos 60 años, aunque con una variabilidad interanual significativa (ver Gráfico A2.9).

La variación en producción eléctrica en el curso del tiempo dentro de un solo proyecto se advierte en el Estudio de Verificación de la CMR y en otros Estudios de Caso. Las variaciones normales en el tiempo y en caudales fluviales hacen que virtualmente todos los proyectos hidroeléctricos tengan fluctuaciones anuales en producción.

El efecto de años de sequía se puede constatar muy pronto en las grandes variaciones en generación eléctrica anual en la Grand Coulee y en Kariba, sobre todo en las dos últimas décadas. Queda por ver si los cambios en el tiempo en climas regionales y mundiales están agravando la variación normal interanual relacionada con el tiempo. Dicha variación puede también reflejar cambios en otros factores

de oferta y demanda.

9.7.2. EFICIENCIA TÉCNICA Y SERVICIOS AUXILIARES

Los Estudios de Caso de Glomma y Laagen y de Grand Coulee ilustran cómo se lograron mejoras no planeadas en generación debido a una combinación de factores, como agregar nuevas centrales eléctricas al mismo embalse, agregar más turbinas, actualizar el equipo existente de turbinas y generación u optimizar las operaciones del embalse para mejorar el desempeño.

Estas experiencias de mejorar el desempeño de generación hidroeléctrica en el curso de la vida de un proyecto no se limitan a países industrializados.

En Nepal, las modificaciones introducidas en la entrada, en la provisión de un desarenador extra, en el dragado de la bahía anterior y la restauración de generadores/turbinas y de sistemas de control en las centrales en la estación hidroeléctrica Trushuli-Devighat en 1.995, mejoró la generación eléctrica anual en un 46%, de 194 a 284 GWh al año.

En otros casos la operación optimizada de embalses ha conducido a un aumento de generación durante la vida de un proyecto. La tendencia en la industria en Europa y Norteamérica es optimizar las operaciones del embalse y los calendarios de envío de electricidad para mejorar el desempeño mediante un empleo de sistemas más elaborados de apoyo a las decisiones de despacho.

Los servicios auxiliares relacionados con la generación hidroeléctrica, por ejemplo, generación de energía reactiva y generación de reservas de arranque rápido, disminuyen o incluso demoran otras inversiones en el sistema eléctrico.

9.7.3. RENTABILIDAD FINANCIERA Y ECONÓMICA

Las demoras en el cumplimiento del calendario, los excesos en costos y la variabilidad en el suministro de electricidad sugieren una amplia variación en el desempeño económico en los proyectos hidroeléctricos. Además, la evidencia de Norteamérica sugiere que los costos de O&M de hidroelectricidad aumentan con el tiempo.

Las grandes represas hidroeléctricas en la Base de Conocimientos de la CMR confirman que se da una variabilidad considerable en cuanto a cumplir con los objetivos económicos y a conseguir la rentabilidad económica (cuando se define de manera estricta en función de costos y beneficios directos del proyecto).

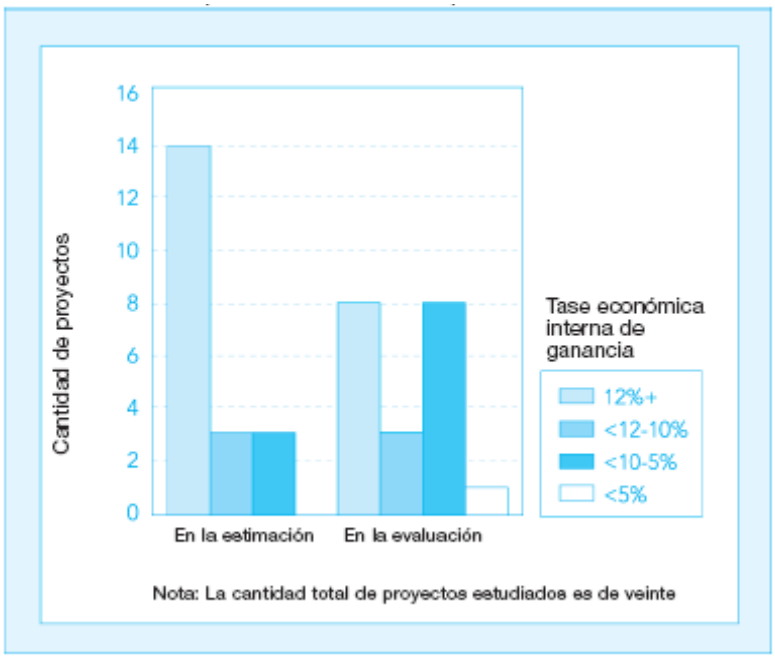
A diferencia de los proyectos de grandes represas de irrigación, la variabilidad no se da sólo hacia abajo, ya que algunos proyectos se desempeñan mejor de lo esperado. Se observa mucha menos variación en desempeño financiero respecto a objetivos, aunque hay una gran dispersión en términos de tasas financieras reales de ganancias.

La evidencia que compiló la CMR en estimaciones y estudios de evaluación de bancos multilaterales muestra que, si bien un cierto número de proyectos hidroeléctricos no lograron sus objetivos financieros y económicos y se pueden considerar como económicamente improductivos, otros lograron sus objetivos o incluso superaron la rentabilidad esperada (ver Gráfico A2.10).

De los 20 proyectos del Banco Mundial, AFDB y ADB estudiados, 11 no lograron los objetivos iniciales y siete los superaron; en general, nueve proyectos tuvieron ganancias inferiores en un 10% pero sólo seis de los proyectos cayeron a ese nivel (los otros tres ya tenían tasas bajas de ganancias cuando se valoraron).

Estos estudios de evaluación no reflejan datos de desempeño a largo plazo, sino más bien el efecto de excesos en costos y de retrasos iniciales en desempeño.

Los nueve estudios de evaluación que incluyeron datos sobre desempeño financiero (todos del Banco Mundial y del ADB) mostraron mucha menor variabilidad hacia abajo, con solo un proyecto que no logró el objetivo en una cantidad significativa (de 11 % descendió a 6 %). Estos proyectos mejoraron su desempeño en un 5 % sobre las ganancias esperadas. Los resultados podrían reflejar la naturaleza administrativa de la fijación de tarifas, lo cual permite que se puedan ajustar para adecuarse a las necesidades financieras de un proyecto.



Fuente: WCD Thematic Review III.1 Economic Analysis, capítulo 10.

Gráfico A2.10: Resultados de evaluaciones de bancos multilaterales acerca de desempeño económico de represas hidroeléctricas.

Los datos a largo plazo que recopiló la Comisión por medio de los Estudios de Caso ilustran el ámbito de rentabilidad que de hecho alcanzaron los proyectos hidroeléctricos. En realidad, tres de los Estudios de Caso ofrecen una ilustración sucinta de proyectos que son superlativos, respetables o dudosos en cuanto a rentabilidad. Un cuarto estudio demuestra cómo se puede aprobar un proyecto, pero que al final no logra la rentabilidad esperada.

El desempeño financiero y económico de la Grand Coulee como proyecto hidroeléctrico autónomo sólo se puede describir como superlativo. Más aún, después de 60 años de operación no da señales de disminuir. En el caso de la represa Kariba, el Estudio de Caso reporta un cálculo de costo beneficio que aceptó las hipótesis económicas originales y elaboró EIRRs tanto previstas como reales. Sobre 40 años de datos operativos, e incluyendo los excesos en costos en la segunda etapa del proyecto, la EIRR real es un respetable 14,5 %, inferior al 16,5 % calculado para el proyecto que se planificó.

En el caso de la represa Tucurui, el proyecto se planificó bajo una dictadura militar y no hubo mucha preocupación durante la planificación por la rentabilidad económica o recuperación de costos. El Estudio de Caso de la CMR sugiere que el proyecto es marginalmente rentable en relación con los precios de la electricidad para el consumidor, pero esto deja de lado los costos de transmisión y distribución.

Quizá la observación más sencilla es que de haber cumplido el proyecto su objetivo original de costo, hubiera producido, en términos financieros, electricidad a bajo costo. Sin embargo, el gran exceso en costos de 3.300 millones USD más de lo esperado, de hecho eliminó la ventaja competitiva que hubiera podido tener. Además, el costo relativamente elevado de la electricidad por unidad que proporciona la instalación y los subsidios a la industria fijados al ponerla en funcionamiento, implican que no se pueden recuperar costos en forma directa, ya que sigue necesitando subsidios del estado para continuar funcionando.

En el caso de Pak Mun, la capacidad y la generación hidroeléctrica instaladas han logrado los objetivos reales en sus pocos años de operación hasta ahora. Sin embargo, el estudio de Caso de la CMR sugiere que no producir un suministro seguro de electricidad pico durante meses de bajo caudal implica que la capacidad de la planta térmica que se utilizó en la planificación del proyecto fue demasiado generosa. El Estudio de Caso también valora los beneficios de Pak Mun sobre la base de costos evitados de la alternativa. La gran disminución en la central alternativa de una turbina de gas de 150 MW a otra de 21 MW, cuando se une con el 68% de exceso de costos, disminuye la EIRR de 12,1 % a 7,9 %, que está por debajo del costo de oportunidad del capital en Tailandia. Vale la pena mencionar que este cálculo simplemente demuestra que la electricidad que suministra Pak Mun se hubiera podido suministrar de una manera menos costosa, por ejemplo, utilizando la turbina de gas de 21 MW y energía secundaria de otras plantas.

Existen pocas evaluaciones posteriores formales y abarcativas de la rentabilidad económica y financiera de grandes represas hidroeléctricas para que resulte posible la comparación con el análisis de la CMR. A pesar de ser probablemente el que más proyectos de represas ha financiado en el período posterior a la guerra, el Banco Mundial no emprendió ninguna revisión específica de represas en su cartera sino hasta mediados de los años 90. Incluso entonces el estudio de su OED 1.996 no escogió para la muestra represas a partir de su desempeño, y ofrece muy poca evidencia del desempeño económico.

El Banco Africano de Desarrollo analizó recientemente su experiencia en seis represas hidroeléctricas y encontró que sólo cuatro superaron la prueba de viabilidad económica utilizando una tasa de descuento del 10 %. Así pues, la Base de Conocimientos de la CMR muestra que una cantidad considerable de proyectos hidroeléctricos no cumplen con sus objetivos económicos iniciales, aunque sólo una cantidad más pequeña se puede clasificar como económicamente improductiva (al no alcanzar la tasa de ganancias establecida como objetivo para la economía como un todo).

Entre tanto, vale la pena subrayar que la recuperación de costos no ha sido un problema fundamental para los proyectos hidroeléctricos; en realidad, se presta más atención a la rentabilidad en el contexto actual de tendencia hacia la participación del sector privado en la producción de energía eléctrica.

9.8. REPRESAS PARA SUMINISTRO DE AGUA

Las represas para suministro de agua en la Base de Conocimientos de la CMR, en general no han logrado los objetivos y la puntualidad pretendida en cuanto a suministro de agua en cantidades grandes y han tenido una recuperación de costos financieros y un desempeño económico deficientes.

Estos resultados reflejan el horizonte más amplio de desarrollo de tales represas, así como las estimaciones excesivas de demanda, y son similares a la orientación general de los resultados en el sector de suministro de agua e higiene.

9.8.1. SUMINISTRO DE AGUA EN GRANDES CANTIDADES

El Estudio de Verificación encontró que una cuarta parte de las 29 represas con una función de suministro de agua han cumplido con menos del 50 % de sus objetivos. Además, en promedio un 70 % de la muestra no logró sus objetivos en el curso del tiempo en cuanto a suministro de agua en grandes cantidades (ver Gráficos A2.11 y A2.12).

Gran parte de la variabilidad total de la muestra se debe a la distinción fin único y fines múltiples junto con el lugar del embalse. Los datos sugieren que todo el suministro de agua en grandes cantidades por encima de los objetivos planeados se puede atribuir a represas de fines múltiples. Esto es contrario a las tendencias de desempeño para otros fines, caso en el que las represas de fin único salen mejor paradas.

En cuanto al tamaño del embalse, resulta claro por el estudio que cuanto más pequeña es el área del embalse, más próximos al objetivo han sido los resultados, con la excepción de los 11 embalses de más de 100 kilómetros cuadrados. Estos embalses muy grandes presentan suma variabilidad, que va desde sub-desempeño a considerable desempeño excesivo y a un suministro máximo de agua en grandes cantidades de hasta 2,5 veces los objetivos fijados.

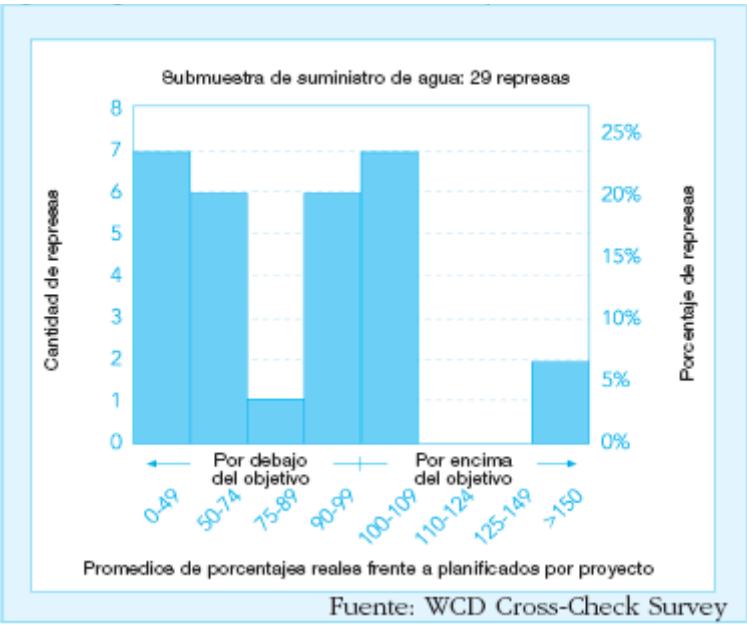


Gráfico A2.11: Promedios de proyectos de suministro real de agua en grandes volúmenes, frente a lo planificado.

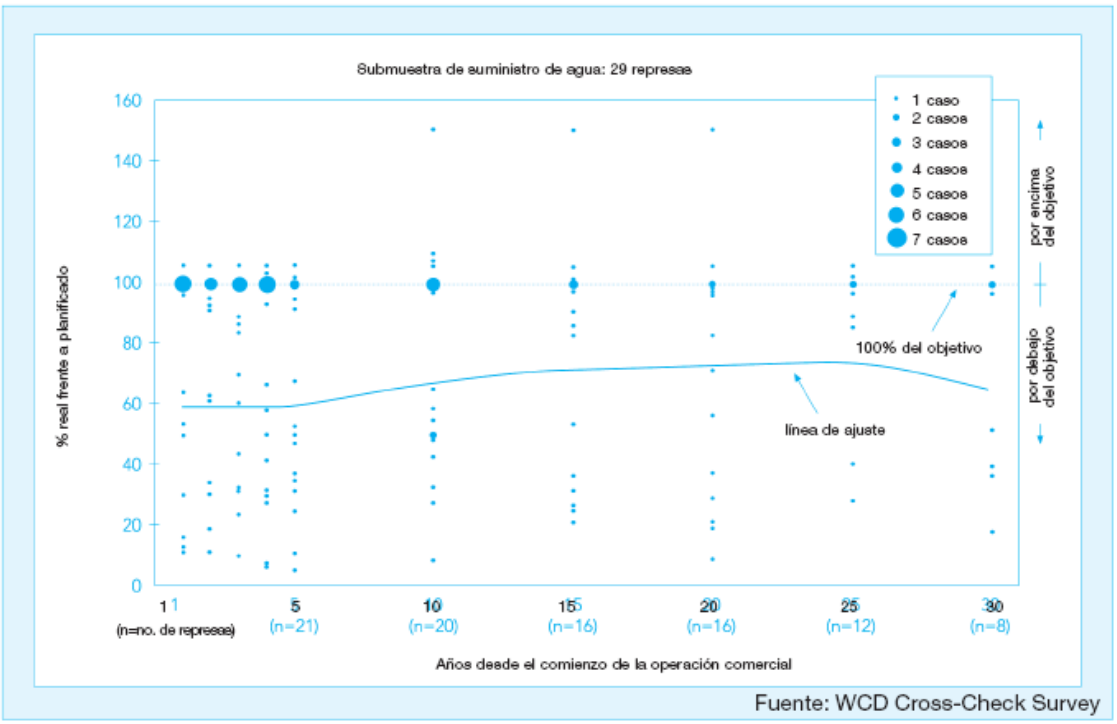


Gráfico A2.12: Suministro real de agua en grandes volúmenes, frente a lo planificado en el curso del tiempo.

El mensaje principal respecto al suministro de agua que surge de los Estudios de Caso es que incluso cuando no se planifica, la demanda de agua de las represas construidas para otros fines va apareciendo en el curso del tiempo.

En el caso de Tarbela, el agua del sistema fluvial río abajo de la represa se desvía por medio de canales de irrigación hacia Karachi para complementar otras fuentes de abastecimiento municipal de agua.

En el caso de Aslantas, el incremento de distritos locales ha motivado que se solicite a las autoridades el suministro de más de 400 millones de litros diarios del embalse.

La muestra en el Estudio de Verificación mostró una tendencia hacia subempleo de capacidad, que se refleja más generalmente en un estudio síntesis de post evaluaciones del año 1.994, sobre 31 proyectos

de suministro de agua e higiene pública por parte del ADB. La utilización de la capacidad varió entre 33 y 80 %. Aparte del hecho de que las evaluaciones se realizaron en etapas tempranas en la vida de los proyectos, se sugirieron una serie de causas para las tasas bajas de utilización, incluyendo un crecimiento menor de lo esperado tanto en población como en consumo per capita.

9.8.2. RENTABILIDAD FINANCIERA Y ECONÓMICA

Las represas de suministro agua de un solo fin en la Base de Conocimientos de la CMR muestran un desempeño deficiente en términos financieros y económicos. El análisis de las cifras de las estimaciones iniciales y de la evaluación para cuatro represas de suministro de agua del Banco Mundial y del ADB muestra que tres de ellas pasaron de un EIRR por encima del 10 % a bastante por debajo. En conjunto, las EIRR del grupo disminuyeron en más del 6 %.

El desempeño financiero y económico deficiente de las grandes represas se aproxima más o menos al del sector como un todo. Una síntesis del sector de hallazgos post evaluación de 20 proyectos de suministro de agua e higiene pública del ADB encontró que 18 proyectos tenían EIRRs reales que no cumplían con los EIRRs proyectadas y 17 de ellos estaban por debajo del 10 %. Estas clases de resultados sectoriales los confirman otras fuentes.

Un análisis similar del Banco Mundial encontró que casi todos los 129 proyectos de suministro de agua y de alcantarillado revisados tenían EIRRs por debajo del 10 %.

A los precios actuales, las cobros por agua rara vez resultan suficientes para recuperar los costos tanto de capital como recurrentes en muchos países en desarrollo. Las tarifas promedio en un estudio del ADB oscilaban entre muy bajas en Calcuta, con 0,01 USD por metro cúbico, hasta 0,66 USD por metro cúbico en Cebú, Filipinas.

Treinta y cinco de las 50 compañías de servicio público en el estudio cubrían sus costos de O&M por medio de las tarifas que cobraban. La proporción de facturación de costos de O&M para 37 compañías de servicio público se incrementó de 1,03 a 1,12 durante 1.991 a 1.995, indicando un incremento en viabilidad financiera para los costos recurrentes.

Con todo, una serie de estudios que realizó el Banco Mundial han demostrado que las personas, incluso las de menos recursos, en países en desarrollo, a menudo están dispuestas a pagar por servicios mejores de suministro de agua.

Por ejemplo, un estudio en Nigeria demostró que sobre una base anual los hogares pagan a vendedores de agua más del doble de los costos de O&M de un sistema entubado de distribución.

9.9. REPRESAS PARA CONTROL DE INUNDACIONES

Durante siglos las sociedades han construido compuertas y terraplenes para detener y controlar los efectos de inundaciones. El propósito ha sido ocupar llanuras inundables para fines agrícolas, urbanos e industriales y disminuir cualquier amenaza para las vidas y la propiedad. La Base de Conocimientos de la CMR subraya dos perspectivas muy diferentes en el desempeño pasado de las represas a este respecto. La primera es centrarse en forma restringida en el papel de las represas en cuanto a control de inundaciones y la segunda es un enfoque más amplio e integrado de la gestión de las inundaciones como objetivo.

La evidencia en la Base de Conocimientos confirma que si bien las represas han provisto beneficios importantes de control de inundaciones, algunas han incrementado la vulnerabilidad de comunidades ribereñas ante las inundaciones.

Una preocupación creciente por el costo y la eficacia de las grandes represas y otras medidas estructurales conexas como respuestas a largo plazo ante las inundaciones ha conducido a apoyar la gestión integrada de las inundaciones en contraposición al control de las mismas.

9.9.1. BENEFICIOS DEL CONTROL DE INUNDACIONES

Las grandes represas se utilizan para controlar inundaciones mediante el almacenamiento de todas las aguas de la inundación o de una parte de las mismas en el embalse para luego descargar el agua lentamente a lo largo del tiempo. Lo usual es que la utilización principal de tales embalses es para almacenar una porción de la inundación con el fin de diferir o gestionar cuando se produce el pico. Esto minimiza la probabilidad de que picos simultáneos de inundaciones en afluentes diferentes lleguen al mismo tiempo al curso principal del río, con lo cual se disminuye la probabilidad de romper diques y superar otras defensas contra inundaciones.

El parámetro principal de desempeño para evaluar los beneficios del control de inundaciones es por tanto, hasta qué punto se reduce el pico de la inundación.

Los indicadores de los beneficios provenientes del control de inundaciones, incluyen disminuciones en el área inundada y prevenciones de cualquier pérdida consiguiente de vida, trastorno social, impactos en la salud y pérdidas de propiedad y económicas.

La represa Aswan High es un ejemplo de una represa que almacena la inundación. Puede almacenar 1,5 veces el caudal anual promedio del río Nilo y ha proporcionado un alto grado de protección al Nilo bajo simplemente deteniendo toda la inundación. Al mismo tiempo los aspectos beneficiosos de inundaciones naturales, por ejemplo, restaurar la fertilidad de la llanura inundable, se han perdido, siendo este un punto de impacto ambiental importante.

La represa Tarbela regula un 16 % del caudal anual del río Indus. El análisis en el Estudio de Caso sugiere que el pico temprano estacional de la inundación en el Indus se redujo en un 20 %, aunque hubo poca disminución en el caudal río abajo durante el evento tardío estacional de inundación de 1.992.

De igual modo, los embalses en las cuencas de Glomma y Laagen en Noruega regulan un 16 % del caudal en esa cuenca, donde se ha logrado una mitigación de un 20 % en el nivel pico de la inundación. Una inundación importante en la cuenca del Glomma y Laagen en 1.995 indujo a la creación de una Comisión Real de investigación.

Estudios muy amplios realizados en ese tiempo confirmaron que la operación de los embalses redujo el pico de la inundación en 2 metros, con la consiguiente disminución en ayuda de emergencia por la inundación y de pagos de compensaciones que el estado exige.

El control de inundaciones de la Grand Coulee no fue un objetivo inicial y la incapacidad de la represa para controlar la destructora inundación de 1.948 condujo a la construcción de más embalses en Canadá para almacenar la nieve derretida.

Aunque resulta difícil aislar un desglose preciso de la contribución individual de Grand Coulee, porque toda una serie de embalses contribuyen al control de las inundaciones en la cuenca del Columbia, las estimaciones indican que su contribución puede ser del orden de 20 millones USD al año.

Otros ejemplos en la Base de Conocimientos ofrecen indicaciones parecidas del desempeño de las represas en cuanto a reducir los niveles pico de las inundaciones. Por ejemplo, durante la temporada del monzón en 1.995, el río Nam Ngum experimentó una inundación de 50 años tres veces en la misma estación. El embalse absorbió las dos primeras pero para entonces ya se había llenado.

Cuando se presentó la tercera inundación, se abrieron las compuertas y el nivel de agua subió por encima del nivel total de suministro. Debido al efecto de retención del embalse, el pico de la tercera inundación se redujo en un 20%.

Las grandes represas en Japón han disminuido en forma drástica la llegada repentina de inundaciones a zonas pobladas donde los ríos tienen una gran pendiente y son cortos, y por tanto susceptibles de inundaciones repentinas (ver Cuadro A2.2).

Diferir la inundación da tiempo a advertir a las personas y a evacuar donde resulta necesario.

Japón es uno de los cinco países principales en el mundo en construcción de represas, y el control de inundaciones es el fin principal de muchas represas en el país. Un 50% estimado de la población del Japón vive en zonas propen sas a inundaciones, las cuales han afectado el 80% de las municipalidades en los últimos 10 años. El río Chikugo en el Distrito Kyushu en Japón meridional tiene un canal en el río principal de 143 km y un área de vertiente de 2.860 km2. En 1953 una inundación causó que se rompiera el dique en muchos lugares, lo cual produjo enorme daño en la zona (143 personas muertas, aproximadamente 74.000 casas inundadas, y una quinta parte de la vertiente inundada). Posteriormente se construyeron las represas Matsubara y Shimouke para control de inundaciones y generación eléc trica. Las represas se han desempeñado bien; por ejemplo, durante una inundación en 1982 la represa Matsubara redu jo la descarga pico del río en un 64% de un máximo de 2.900 a 1.040 m3s.

Fuente: Berga, 2000. Contributing paper to Thematic IV.4 Flood Management Options. Takeuchi and Harada. 1999, p4.

Cuadro A2.2: Protección de inundaciones en Japón.

9.9.2. LIMITACIONES DE LAS OPERACIONES DE CONTROL DE INUNDACIONES

También existen problemas evidentes a causa de la operación de grandes represas para control de inundaciones. Algunas represas han incrementado la vulnerabilidad de comunidades ribereñas ante las inundaciones. Por ejemplo:

- Aunque poco frecuente, sí se producen grietas en las represas y de ordinario durante tormentas excepcionales; en esos casos, las comunidades río abajo están expuestas a grandes inundaciones intensificadas por la rotura de la represa.
- Se han producido daños significativos a comunidades río abajo en casos en que la represa no se ha operado adecuadamente en tiempos de emergencia o en situaciones de cambios rápidos o en que las compuertas han sufrido daños mecánicos en momentos críticos.

Con frecuencia las comunidades se han adaptado al nivel de protección que se suele brindar y los planes de contingencia, o su implementación, han sido inadecuados.

También ha habido casos en que la operación al tope de centrales hidroeléctricas ha producido una elevación inesperada de agua en el río; se han perdido vidas cuando las medidas para avisar a las poblaciones río abajo no han sido eficaces o escuchadas.

Se pueden producir del mismo modo inundaciones locales cuando se abren las compuertas para descargar agua en períodos pico de lluvias. Se informó de uno de estos graves incidentes en Nigeria, donde una demora en avisar a los habitantes hizo que una inundación invadiera aproximadamente a 200 comunidades, sumergiendo 1.500 casas y matando a más de 1.000 personas.

Como se demuestra en la Base de Conocimientos de la CMR, la gestión de inundaciones puede necesitarse sólo unos pocos días o semanas en un año concreto. Por esta razón, las grandes represas que se utilizan para control de inundaciones tienen prácticamente siempre alguna otra función, como generación eléctrica o irrigación.

El Estudio de Caso de India describe el potencial de conflicto entre objetivos de control de inundaciones en la operación del embalse, donde se requiere espacio para almacenar, y los de hidroelectricidad e irrigación, donde es deseable almacenar la mayor cantidad posible de agua.

Según el Estudio de Caso la mayoría de las quejas acerca de que las represas agravan las inundaciones río abajo provienen de esa situación. El Estudio de Caso documenta la falta de coordinación o de intercambio de información en tiempo real entre el embalse Tenughat río arriba y las agencias de la Corporación Damodar Valley río abajo, que significaron riesgos en cuanto al alcance y embalses del río.

Otro aspecto es que con las variaciones climáticas, parece que están cambiando la frecuencia, la duración y la intensidad de las tormentas que producen inundaciones. De ser así, existe el riesgo de que

un clima cambiante modifique la base hidrológica a partir de la cual se diseñaron muchas represas para control de inundaciones.

Esto hace surgir preocupaciones acerca de la adecuación física de muchas represas para desempeñar sus funciones de gestión de inundaciones, así como de la adecuación de los aliviaderos para manejar los volúmenes más altos de agua que probablemente se producirán con el cambio climático.

Las represas de los EE.UU. están siendo revisadas en cuanto a su diseño para inundaciones y en algunos casos se está incrementando la capacidad de aliviadero.

Las publicaciones técnicas acerca de represas también están centrándose más en el papel de las represas en cuanto a gestión de inundaciones, examinando tanto los aspectos de seguridad, como los medios para mejorar el desempeño en caso de inundaciones.

9.9.3. DE CONTROL DE INUNDACIONES A GESTIÓN INTEGRADA DE INUNDACIONES

La Base de Conocimientos identifica una serie de preocupaciones en cuanto a la eficacia de las represas y de otras medidas estructurales conexas como un elemento en una estrategia más amplia de gestión de inundaciones incluyendo la constatación de que:

- Las represas han estimulado asentamientos en áreas que todavía están expuestas a inundaciones que exceden la inundación máxima prevista;
- Los costos de asegurar la protección completa contra todas las inundaciones son sumamente elevados;
- La eficacia de las medidas estructurales va disminuyendo con el paso del tiempo debido a la acumulación de sedimento en los lechos de ríos y en los embalses; y
- Las inundaciones se utilizan de muchas maneras beneficiosas en diferentes cuencas fluviales y la eliminación o disminución de inundaciones naturales ha conducido a la pérdida de funciones ecosistémicas importantes río abajo, así como a la pérdida de medios de subsistencia para comunidades dependientes de las inundaciones.

Estas preocupaciones indican la dificultad de controlar plenamente las inundaciones y de gestionar la relación entre inundaciones y personas. Esto sustenta el cambio hacia un énfasis en gestión integrada de inundaciones, o sea, la necesidad de fijar objetivos en términos de predecir, gestionar y responder a inundaciones, en lugar de sólo en función de control de inundaciones.

Las grandes represas con un componente de control de inundaciones generan una sensación mayor de seguridad, lo cual conduce a establecerse en áreas propensas a inundaciones.

Cuando por fin llega la inundación excepcional, hay más personas y propiedades de mayor valor en riesgo que las que hubiera habido de otra forma. Los daños, por tanto, pueden ser mayores que si las inundaciones hubieran seguido siendo eventos normales dentro del ámbito de experiencia y conocimiento regulares.

En el caso de Nam Ngum, se le echó la culpa a la represa por una inundación importante de áreas agrícolas río abajo a pesar de que había suavizado dos picos previos y disminuido un tercer pico. Como el embalse no había rebalsado por muchos años, las personas habían desarrollado un falso sentido de seguridad y no mantuvieron en buen estado los desagües. Al final las aguas de la inundación se fueron dispersando sólo con lentitud y los cultivos que quedaron no sobrevivieron.

Otro ejemplo viene de Polonia, donde las inundaciones de 1.997 cubrieron un área tan grande como en 1.934 pero se anegaron tres veces más construcciones, 38 veces más puentes y 134 veces más kilómetros de carreteras.

El elevado costo del control de inundaciones y de los daños a causa de las mismas en los EE.UU., así como el cambio que se está dando de depender del control de inundaciones a un enfoque basado en la gestión de las inundaciones, se describe en el Cuadro A2.3.

En muchos países, la dependencia de medidas estructurales, incluyendo diques, conduce a la necesidad de invertir constantemente en medidas adicionales a medida que la sedimentación va disminuyendo la efectividad con el tiempo. Durante siglos, los diques en Vietnam han ido aumentando progresivamente en altura, a medida que el lecho del río va elevándose debido a sedimentos acumulados que las inundaciones depositan.

La misma situación se da en China, donde después de siglos de construir diques, la altura de los mismos en algunos lugares en el río Yangtze es de más de 16 metros por encima de la llanura inundable.

Entre 1960 y 1985, el gobierno federal de los EE UU gastó $38 mil millones en control de inundaciones, en gran parte en respuestas estructurales, como grandes represas. Pero el daño promedio anual por inundaciones, ajustado por la inflación, seguía aumentando más del doble. El daño promedio por inunda ciones en los EE UU, ajustado por la inflación, era así:

1903-33:	$1.7 mil millones
1934-63:	$2.8 mil millones
1964-93:	$4.6 mil millones
1994-97:	$5.1 mil millones

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE UU señala que sus represas y 8 500 millas de diques habían ahorrado $387 mil mi llones en daños desde 1928, pero no tiene cifras para daños en áreas donde los proyectos del Cuerpo estimularon asentamientos que luego se inundaron. Después de la inundación del Mississipi, testimonios ante el Congreso señalaron que las represas y diques agravaron el problema. Posteriormente, el Cuerpo ha pedido que se examinen más métodos no estructurales de gestión de inun daciones, incluyendo la restauración de humedales y de hábitat ribereño, limitación de construcciones en llanuras inundables, y políticas agrícolas que desalienten la conversión de humedales en tierras de cultivo. Asimismo, comunidades desde Rapid City, Dakota del Sur, hasta Valmeyer, Illinois, a St. Charles, Missouri, a Napa Valley, California, han optado por buscar opciones no estructurales para aliviar las inundaciones periódicas.

Fuente: Schildgen, 1999

Cuadro A2.3: Gestión de inundaciones en los EE.UU.

9.10. REPRESAS CON FINES MÚLTIPLES

Muchas grandes represas satisfacen una serie de fines con una sola instalación. Los proyectos con fines múltiples en la Base de Conocimientos de la CMR presentan muchas de las mismas limitaciones en desempeño propias de proyectos de un solo fin y, en una serie de casos, lograron menos en relación con los objetivos que sus contrapartes de un solo fin.

El Estudio de Verificación de la CMR muestra que las represas con fines múltiples han tenido un elevado grado de variabilidad en cuanto a lograr metas físicas a través de la mayor parte de los flujos de beneficios. Como se indicó antes, los proyectos con un solo fin en la submuestra del Estudio de Verificación tienden a agruparse más cerca de los objetivos planeados en cuanto a calendario del proyecto y desempeño hidroeléctrico y en suministro de agua que las represas con fines múltiples.

Las excepciones fueron los proyectos de irrigación que presentaron poca diferencia entre proyectos con un solo fin o con fines múltiples en cuanto a variabilidad en el desempeño.

El Estudio de Verificación también sugiere que los proyectos con fines múltiples tienen excesos mayores en costos y mayor variabilidad en estos excesos que los proyectos con un solo fin. Una pequeña muestra de 12 proyectos con fines múltiples que financiaron el Banco Mundial, el AfDB y el ADB que la Comisión analizó, indica que las estimaciones de la EIRR en la evaluación estuvieron un 4 % por debajo de las proyectadas en la valoración. Esta cifra oculta una gran variabilidad, con cuatro de los proyectos con casi un 100 % por encima y por debajo. En la revisión del AfDB de cuatro proyectos, sólo uno resultó viable financiera y económicamente.

Los proyectos hidroeléctricos tienden a desempeñarse relativamente bien en términos financieros en tanto que los proyectos de irrigación suelen no recuperar los costos de O&M y de capital. En la práctica esto ha conducido a menudo al empleo de instalaciones hidroeléctricas junto con un proyecto diseñado para irrigación, como una forma de cubrir los costos de la infraestructura de irrigación.

El Estudio de Caso de la represa Grand Coulee y del Proyecto de la Cuenca del Columbia de la CMR, ofrece un ejemplo que ilustra los subsidios transversales que suelen derivarse de estos arreglos (ver Cuadro A2.4).

En el caso de la represa Grand Coulee y del Proyecto conexo de la Cuenca del Columbia, la intención fue que los ingresos por hidroelectricidad subsidiaran los costos de capital por la irri gación. A la Bonneville Power Administration (BPA), responsable por el GCD, se le cobra el pago a la Tesorería de los EE UU por los costos relacionados con la estructura hidroeléctrica (la repre sa y tres centrales) además de la parte de los costos asignados por irrigación que no pagan los que riegan. Estas cantidades se calculan en dólares nominales sin incluir interés. Para 1998, los costos totales de capital por la GCD y el CBP ascendieron a $1.93 mil millones. De ellos, la BPA ya había devuelto los costos hidroeléctricos de $1.1 mil millones.

La parte de los costos remanentes asignados a la irrigación es de $674 millones. La última porción son los costos no reembolsables de capital, tales como control de inundaciones, que cubre direc tamente la Tesorería de los EE UU. De la parte de irrigación, la BPA es responsable por el 87% ($585 millones) y quienes riegan tienen que cubrir el restante 13% ($89 millones). Para 1998, quienes riegan habían pagado $51 millones (en dólares no ajusta dos por inflación). La BPA tiene programado ir pagando su parte de los costos de irrigación durante 2009-45. Como los ingresos por hidroelectricidad por la venta de electricidad de la GCD ascienden casi a $500 millones, es evidente que el proyecto podría fácilmente cubrir costos bajo esos términos.

Fuente: WCD Grand Coulee Case Study

Cuadro A2.4: Recuperación de costos en un plan con fines múltiples. Grand Coulee y Proyecto de la Cuenca del Columbia.

En otros casos agregar la hidroelectricidad a una instalación para irrigación, es simplemente una forma de incrementar la rentabilidad económica total de un plan.

El diseño para la Represa Aslantas partió de esa base. El análisis del componente irrigación como proyecto independiente indicó un índice de ganancia de 13 %. Un proyecto hidroeléctrico independiente se consideró una fuente de electricidad no de menor costo, pero al analizarlo en términos de sólo los costos y beneficios agregados por construirse incorporado a una estructura de irrigación, el componente hidroeléctrico daba un índice de ganancia del 15,7 %. Juntos, el índice de ganancia para el proyecto con fines múltiples resultó ser 13,4 %. Después de un exceso en costos en términos nominales de un 37 %, el grupo de finalización del proyecto reportó una EIRR recalculada para el proyecto en 1.985, incluyendo el control de irrigación, de 13,6 %, aunque la validez de los cálculos de beneficios por irrigación la cuestionó un informe subsiguiente de auditoria posproyecto.

En resumen, no sorprenden esas tendencias y pautas que van surgiendo de mayor variabilidad y menor desempeño promedio de los proyectos con fines múltiples frente a los de un solo fin. Si bien las represas con un solo fin se diseñan para una entrega óptima de un beneficio particular establecido, los proyectos con fines múltiples están diseñados para resultados menos que óptimos en todos los beneficios buscados. Buscan maximizar la eficiencia económica alcanzada por medio de costos e infraestructura compartidos del proyecto propuesto. Al hacerlo, los proyectos con fines múltiples son por naturaleza más complejos, y muchos experimentan conflictos operativos que contribuyen al sub-desempeño en cuanto a objetivos financieros y económicos.

Lo que resalta en la Base de Conocimientos de la CMR, es que estos objetivos menos que óptimos que se les fijan a proyectos con fines múltiples, no se consiguieran ni siquiera en el nivel deseado. Esto sugiere que es probable que se subestime hasta qué punto afecta el desempeño, el conflicto que se plantea como consecuencia de la operación para beneficios múltiples.

9.11. ASPECTOS DE SUSTENTABILIDAD FÍSICA

Muchos factores afectan la sustentabilidad física de los beneficios y servicios que proveen las represas. Este punto ofrece algunos hallazgos de la Base de Conocimientos acerca de tres de estos aspectos:

1) Seguridad de la represa;
2) Sedimentación; y

3) Saturación y salinidad.

9.12. SEGURIDAD DE LAS REPRESAS

La Comisión Internacional de Grandes Represas (ICOLD, en inglés) define la falla en una represa como "colapso o desplazamiento de parte de una represa o de sus bases, de modo que la represa no puede retener agua".

En general la falla hace que salgan grandes cantidades de agua, lo cual crea riesgos graves para las personas o propiedades río abajo. Los hallazgos de una compilación global reciente de información acerca de fallas de represas que realizó ICOLD son los siguientes:

- La tasa de fallas de grandes represas ha ido disminuyendo en las cuatro últimas décadas. De las represas construidas antes de 1.950, el 2,2 % fallaron, en tanto que la tasa de fallo de las construidas desde 1.951 es de menos del 0,5 %.
- La proporción de represas que fallan varía poco con la altura de la represa y la mayor parte de las fallas se dan en represas pequeñas.
- La mayoría de las fallas se dan en represas recién construidas. Un 70 % de las fallas se producen en los primeros diez años de vida de la represa y proporcionalmente más durante el primer año después de ponerla a funcionar.
- La tasa más elevada de falla se encuentra en represas construidas entre 1.910 - 1.920.
- Los problemas en los cimientos son la causa más común de falla en represas de concreto, y la erosión interna y la fortaleza insuficiente de las deformaciones en los cimientos explican el 21 % de las fallas.
- La causa más común de falla de represas de tierra y relleno con piedras, es el exceso de carga (el 31 % como causa primera y el 18 % como causa secundaria). A esto le sigue la erosión interna en el cuerpo de la represa (15 % como causa primaria y 13 % como secundaria) y en los cimientos (12 % como causa primaria y 5 % como secundaria).
- En las represas de cantería, la causa más común es el exceso de carga (43 %) seguido de erosión interna en los cimientos (29 %).
- Donde la falla se produjo en otras obras, la causa más común era capacidad inadecuada de aliviadero (22 % como causa primaria y 36 % como secundaria).
- La acción posterior a la falla que se reportó con más frecuencia, fue abandono del proyecto (36 %), construcción de una represa con diseño nuevo (19 %) y reconstrucción total con el mismo diseño (16 %).

Cuando se construyen la mayoría de proyectos de represas grandes, se presupone que los caudales fluviales en el futuro (derrames totales e inundaciones graves) serán muy parecidos a los pasados. En algunos casos la serie temporal histórica de datos hidrológicos es demasiado corta y quizá no refleje fenómenos cíclicos. El cambio climático ha introducido otro nivel de incertidumbre en cuanto a cambios en el caudal dentro de la vida útil de la mayor parte de las represas.

La seguridad de las grandes represas se ve afectada con los cambios en la magnitud o frecuencia de eventos extremos de precipitación. Estos cambios son sumamente inciertos, pero se espera que el cambio climático conduzca (y quizá ya ha conducido) a eventos más grandes y más frecuentes de precipitaciones extremas.

Uno de los primeros estudios en este campo concluyó que la descarga de la inundación durante 50 años en el río Severn, en el Reino Unido, puede aumentar en un 20 % para 2.050. Existe preocupación en cuanto si los aliviaderos existentes pueden evacuar inundaciones como esas en el futuro.

El Estudio de Verificación de la CMR muestra una tendencia hacia prestar más atención a la evaluación de la seguridad de las represas, aunque alrededor del 20 % de ellas en la submuestra que se construyeron en las tres últimas décadas no reportan haber realizado ninguna evaluación de la seguridad (ver Gráfico A2.13).

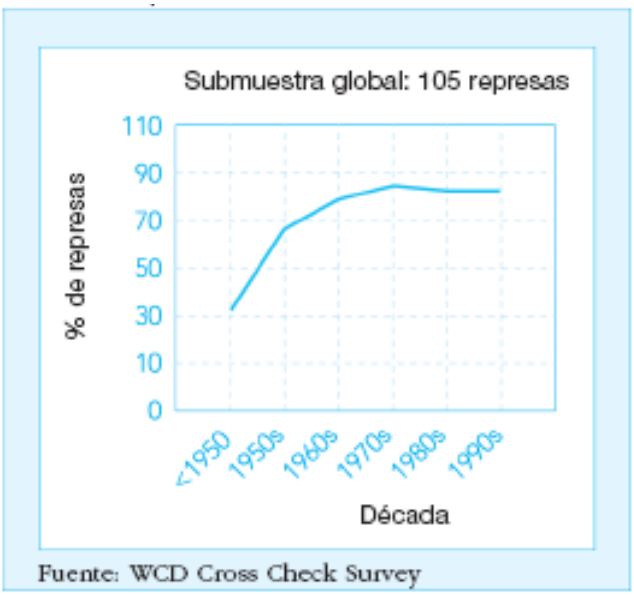


Gráfico A2.13: Tendencias en evaluaciones de seguridad de represas.

Un boletín de calificación acerca de la experiencia de los EE.UU. con un grupo de represas en fase de envejecimiento ofrece un indicio serio de la importancia de preocuparse por la seguridad de las represas (ver Cuadro A2.5).

Según la United States Federal Emergency Management Agency:

- Las roturas en represas son raras y ha habido muy pocas muertes en años recientes. Ha habido 1 449 fallos en represas en los últimos 150 años en los EE UU. La tasa anual de fallos en represas fue de 29 en 1996 y 1997.
- En inundaciones masivas como la del huracán Floyd de Carolina del Norte en 1999, 36 represas fallaron pero la mayor parte fueron fallos menores que no costaron vidas.
- El fallo en la represa Buffalo Creek en Virginia Occidental en 1972 mató a 125 personas, en tanto que el fallo en la represa Teton en 1976 mató a 11 y la represa Kelly Barnes en Georgia mató a 39.
- De las 80 000 represas pequeñas y grandes en los EE UU, 9 326 se han clasificado como de 'alto riesgo', lo cual significa que caso de fa llar, se produciría pérdida de vidas y graves daños a la propiedad. Unas 1 600 represas con significativo alto riesgo están ubicadas a menos de dos kilómetros de una ciudad río abajo.
- Menos del 40% de represas de alto riesgo tienen un plan de acción para emergencias que las personas podrían seguir.

Fuentes: ASCE 1996; Knudsen and Vogel, 1997; Schmid, 2000; ASDSO 2000

Cuadro A2.5: Seguridad de las Represas en EE.UU.

Un elemento clave para mantener seguras a las represas es proveer financiación para un trabajo de mantenimiento adecuado y regular. Un Estudio de Onotario Hydro reciente acerca de varios centenares de represas norteamericanas indica que, en promedio, los costos operativos en hidroelectricidad aumentan significativamente después de 25 a 35 años de operación debido a la creciente necesidad de reparaciones.

9.13. SEDIMENTACIÓN

Muchos embalses están expuestos a cierto grado de entrada y deposición de sedimentos. Se estima que un 0,5 – 1 % del volumen embalsado en el mundo se pierde cada año por la sedimentación.

La sedimentación del almacenamiento activo afecta el desempeño físico y económico, pero sólo donde el almacenamiento previsto se utiliza más o menos en su totalidad.

El sedimento también puede producir erosión de turbinas si llega a las entradas de electricidad.

Con el tiempo, la sedimentación afectará la vida del proyecto al encenagar totalmente el almacenamiento muerto, lo cual conduce a que se bloquee la entrada.

La Base de Conocimiento de la CMR indica que si bien la sedimentación puede socavar el desempeño de un proyecto de gran represa, las condiciones, y por tanto la frecuencia con que se presente dicho fenómeno, son específicas en cuanto a proyecto y lugar. Por ejemplo, se observan tasas más altas de sedimentación en represas más pequeñas y en los tramos más bajos de los ríos.

El análisis del Estudio de Verificación muestra que más del 50 % del almacenamiento activo se perdió debido a deposición de sedimento en 10 % de los proyectos en la muestra, todos los cuales habían estado operando por 25 años (ver Gráfico A2.14).

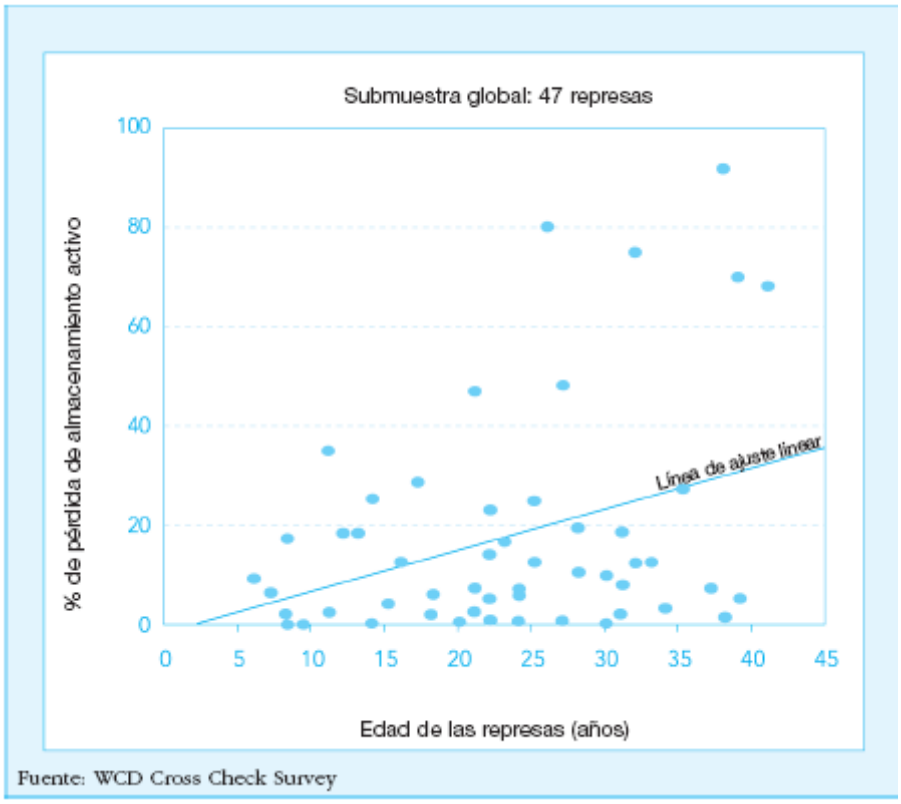


Gráfico A2.14: Pérdida de almacenamiento activo debido a sedimentación.

Pero se da una gran variabilidad dentro de esta cifra global del promedio (ver Gráfico A2.15).

En la muestra, la pérdida promedio de almacenamiento activo fue mayor en embalses en el tramo más bajo del río.

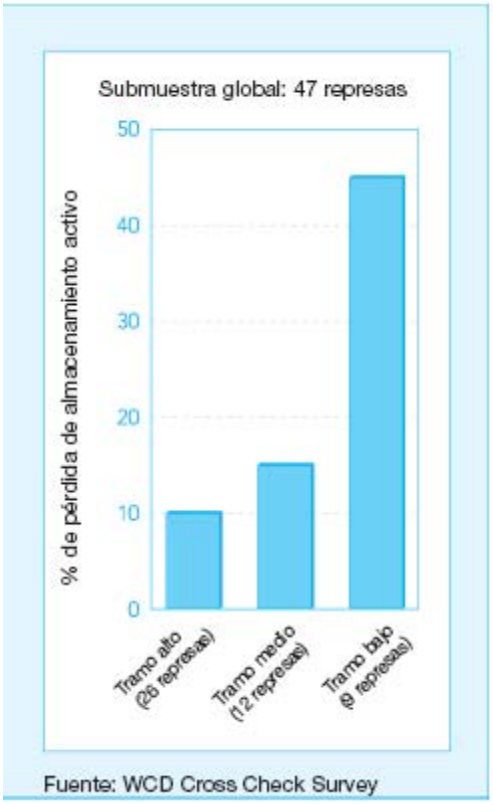


Gráfico A2.15: Pérdida de almacenamiento activo debido a sedimentación, según tramo del río.

De las represas en el Estudio de Casos de la CMR, sólo Tarbela se enfrenta con un problema de sedimentación. En este caso, el embalse ha perdido el 18 % de almacenamiento vivo después de 25 años. Aunque esto es inferior al previsto, la pérdida de capacidad de almacenaje disminuye la capacidad de la represa para almacenar agua para irrigar; además, la acumulación de sedimento cerca de la represa está amenazando la operación mucho antes del final de la vida del diseño.

A su vez, la sedimentación no es problema en las represas templadas en las cuencas del Glomma y del Laagers y en la Grand Coulee, donde las concentraciones de sedimento son mínimas.

Un estudio de 547 represas de EE.UU. encontró que:

- Una cuarta parte de los embalses hidroeléctrico tienen alguna clase de problema de sedimentación.
- El 15 % de propietarios y operadores consideran estos problemas como graves.
- La frecuencia y percepción de sedimentación como problema es más alta para los embalses de menor volumen.

Otros estudios confirman algunos de estos hallazgos. Datos de 42 represas en Marruecos indican que el almacenamiento está disminuyendo a una tasa de 1,1 % para embalses con volúmenes de almacenamiento inferiores a 500 km^3 y de 0,6 % para represas más grandes.

9.14. SATURACIÓN Y SALINIDAD

La salinización de tierras agrícolas la produce la elevación del agua de superficie que se genera debido a la irrigación de la superficie y tiene relación con el problema de saturación. Cuando las capas acuíferas están cerca de la superficie, la acción capilar extrae hacia la superficie sales que se encuentran naturalmente en el perfil del suelo.

Incluso donde se controla el empleo de agua de superficie, puede darse salinización secundaria debido a la calidad deficiente del agua de superficie.

La salinización disminuye el rendimiento de los cultivos que no toleran niveles elevados de salinidad hasta el punto que con el tiempo, vuelve improductiva la tierra. En India, las cosechas de arroz y trigo en tierras afectadas por la sal fueron aproximadamente la mitad de las obtenidas en tierras no afectadas.

La Base de Conocimientos de la CMR indica que los problemas de saturación y salinidad en sistemas de irrigación, han alcanzado niveles preocupantes globalmente y producen impactos graves, a largo plazo y a veces permanentes, en la tierra, la agricultura y los medios de subsistencia.

En el Estudio de Verificación, aproximadamente una quinta parte de los proyectos de grandes represas con un componente de irrigación reportaron impactos debido a saturación.

Datos de 11 países con muchos proyectos de irrigación, indican que aproximadamente el 20 % de la tierra irrigada se ve afectada por la salinidad.

Pero la variación entre países en la porción de tierra irrigada afectada por la sal también es grande, ya que va desde el 15 % en China y 33 % en Egipto hasta 80 % en Turkmenistan (ver Gráfico A2.16).

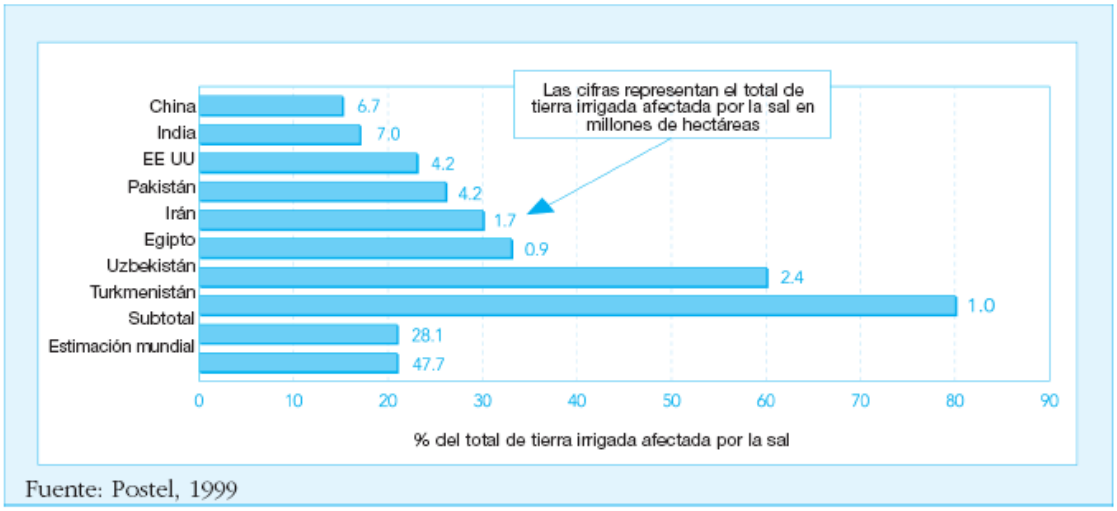


Gráfico A2.16: Saturación y Salinidad.

Los fenómenos de saturación y salinidad no son nuevos. En el Caso de la represa Grand Coulee, la elevación inesperada en niveles de agua de superficie ya se constató a comienzos de los años 50, y requirió unos gastos adicionales considerables para drenaje con el fin de controlar los niveles crecientes de agua. Hasta la fecha, 7.300 ha se han sacado de producción por medio de un programa de descarte patrocinado por el gobierno.

En la cuenca del Indus, el 38 % del sistema de irrigación se ha clasificado como saturado y se estima que la producción es 25 % inferior a su potencial debido a la salinidad. En tiempos recientes se han llevado a cabo trabajos importantes de ingeniería para eliminar emanaciones salinas, pero es demasiado pronto para evaluar la eficacia de este enfoque.

Como justificación de un proyecto importante de drenaje en Pakistán, el Banco Mundial atribuyó a la salinidad y saturación un descenso en la producción de aproximadamente un 25 %, con algunos casos específicos que alcanzaron entre el 40 y el 60 %.

Aunque la necesidad de drenaje hace tiempo que ha resultado evidente, los proponentes con frecuencia han omitido la infraestructura necesaria en los planes de los proyectos. Ha sido difícil justificar las instalaciones de drenaje al comienzo de un proyecto bajo el análisis económico prevaleciente, ya que el beneficio principal del drenaje se logra sólo al cabo de cierto tiempo, a saber, cuando los niveles de agua de superficie han subido cerca de la superficie.

Independientemente de cuándo se haga la inversión en instalaciones de drenaje, la exclusión de las mismas en el diseño original de los proyectos, sólo para requerir intervenciones posteriores para remediarlo, puede conducir a una estimación excesiva de los beneficios netos del proyecto.

Resolver los problemas de saturación y salinidad conlleva costos significativos de rehabilitación (subestimación de costos del proyecto) y pérdida de productividad al cabo del tiempo (sobreestimación de beneficios).

Otra dificultad es que las predicciones pueden subestimar el tiempo que se requiere para que aparezcan esos problemas. Una causa de este problema es el exceso de irrigación. Por ejemplo, en el proyecto Chashma en Pakistán, hubo un cambio hacia cultivos que requerían más agua, como arroz y caña de azúcar, y a una irrigación excesiva durante las primeras etapas del desarrollo del proyecto cuando el agua abundaba. Como consecuencia de ello, las capas de agua se elevaron con más rapidez de lo

previsto, lo cual condujo a la necesidad de invertir en trabajos de drenaje en una fecha más temprana de lo previsto.

Una vez que se dispone de drenaje, los costos recurrentes de operación y mantenimiento con frecuencia no están cubiertos, lo cual lleva a un deterioro temprano y a una disminución de la eficacia de los sistemas de drenaje. Un informe del International Water Management Institute advierte que, a pesar de una mejor comprensión del proceso implicado, el área que se ve negativamente afectada debido a saturación y salinidad está aumentando a una tasa más rápida que la recuperación, y esto apunta a intereses y prioridades sectoriales en conflicto.

9.15. HALLAZGOS Y LECCIONES

Hasta qué punto las grandes represas incluidas en la Base de Conocimientos de la CMR han provisto servicios y beneficios netos según lo planeado varía mucho de un proyecto a otro, y una porción considerable no cumplió con los objetivos físicos y económicos.

A pesar de esto, los servicios que han producido las represas son considerables, en el orden del 12 al 16 % de la producción mundial de alimentos, del 19 % del suministro eléctrico, entre otros.

Además la Base de Conocimientos de la CMR confirma la longevidad de las grandes represas, ya que muchas siguen generando beneficios, aunque menos de lo planeado, después de 30 a 40 años de operación.

Una revisión sectorial del desempeño técnico, financiero y económico sugiere que de las represas incluidas en la Base de Conocimientos, las que:

- Se diseñaron para proveer servicios de irrigación no han cumplido los objetivos físicos, no recuperaron sus costos y han sido menos rentables en términos económico de lo previsto;
- Se construyeron para proveer hidroelectricidad tienden a acercarse más al cumplimiento de su objetivos, aunque todavía quedan por debajo en cuanto a generación eléctrica, en general logran sus objetivos financieros pero muestran un desempeño económico variable en relación con los objetivos, e incluyen una serie de casos de bajo desempeño y de desempeño superior a la esperado;
- Se construyeron para suministro municipal e industrial de agua en general no han cumplido con los objetivos establecidos en cuanto a calendario y abastecimiento de agua en grandes volúmenes y han presentado una recuperación financiera y un desempeño económico deficiente;
- Tienen un componente de control de inundaciones han provisto beneficios considerables al respecto, pero al mismo tiempo han conducido a una mayor vulnerabilidad frente a riesgos, debidos a inundaciones por razón del incremento en asentamientos humanos en áreas con riesgo de inundaciones, y en algunos casos han agravado los daños de las inundaciones por una serie de razones, incluyendo la operación deficiente de las represas;
- Sirven a una serie de fines tampoco cumplen con respecto a objetivos, en algunos casos superando las deficiencias registradas en proyectos de un solo fin, demostrando que los objetivos fueron a menudo demasiado optimistas.

La revisión del desempeño sugiere dos hallazgos más:

- Las grandes represas incluidas en la Base de Conocimientos tienen una marcada tendencia hacia demoras en el cumplimiento del calendario y excesos significativos de costos; y
- Una preocupación creciente por el costo y la eficacia de las grandes represas y medidas estructurales conexas han conducido a adoptar una gestión integrada de las inundaciones, que enfatiza una combinación de medidas de políticas y no estructurales para disminuir la vulnerabilidad de las comunidades a las inundaciones.

La revisión también examina amenazas a la sustentabilidad física de las grandes represas y a sus flujos de beneficios. Sobre la base de la amplitud y naturaleza de estas amenazas los hallazgos sugieren:

- Garantizar la seguridad de las represas requerirá atención e inversiones crecientes a medida que el conjunto de represas envejezca, los costos de mantenimiento aumenten y el cambio climático altere el régimen hidrológico que se utilizó como base para el diseño de los aliviaderos de las represas.

- La sedimentación y la pérdida consiguiente a largo plazo de almacenamiento es una preocupación grave globalmente y los efectos se sentirán sobre todo en cuencas con elevadas tasas de erosión geológica o inducida por los humanos, en las represas ubicadas en los tramos más bajos de ríos y en las represas con menores volúmenes de almacenamiento.
- La saturación y la salinidad afectan una quinta parte de las tierras de irrigación globalmente, incluyendo tierras irrigadas por grandes represas, y tiene impactos graves, a largo plazo y con frecuencia permanente, en la tierra, la agricultura y los medios de subsistencia donde no se ha emprendido la rehabilitación.

Con la información sobre el desempeño de grandes represas recopilada en la Base de Conocimientos de la CMR, se muestra que hay un margen considerable para mejorar la selección de proyectos y la operación de grandes represas existentes y de su infraestructura conexa.

Si se piensa en las enormes cantidades de capital invertido en grandes represas, las evaluaciones a fondo del desempeño de los proyectos son pocas en número y deficientemente integradas a través de categorías y escalas de impacto.

La conclusión es que se necesita un monitoreo mejor y más continuo del desempeño técnico, financiero y económico de los proyectos de inversión en represas de agua. Se esta a tiempo de mejorar mucho los rendimientos de las presas existentes y el de involucrar todas las variables estudiadas aquí, para una mejor predicción de los posibles problemas, para poder anticiparse técnicamente y revertir la disminución del rendimiento económico planificado del proyecto integrado.

La tendencia actual es el de sumar a los proyectos de represas, todos los beneficios adicionales que incorporan los proyectos, como turismo, recreación, deportes acuáticos, navegación, vida salvaje, camping, etc., de tal forma de contrarrestar los efectos negativos y los impactos ambientales normales que poseen todas las obras de infraestructura.

10. ANEXO 3: REPRESAS EN LA REPUBLICA ARGENTINA

10.1. CANTIDAD DE REPRESAS EN LA REPUBLICA ARGENTINA

En argentina la cantidad de represas que tiene registrada el ORSEP (Organismo Regulador de Seguridad de Presas) son más 104. No siendo todas las que realmente existen en el territorio argentino, pero si las más importantes que son reguladas por dicho organismo.

En la tabla siguiente se presenta en orden cronológico las represas más importantes del país con sus nombres, río donde se encuentra, población cercana más importante, región a la cual pertenece, provincia o provincias donde se encuentran limitadas las presas, altura del paredón de contención, longitud, volumen de la presa, relación del volumen respecto del área del embalse y en la última columna con una sigla el tipo de uso:

- ✓ I: Riego.
- ✓ H: Generación Hidroeléctrica.
- ✓ C: Regulación de Crecidas.
- ✓ S: Servicios de abastecimiento / Navegación.
- ✓ R: Recreación.

AÑO	NOMBRE	RÍO	POBL. CERCANA	REGIÓN	PROV. O PAÍS	ALT.	LONG.	VOL. PRESA	VOL./ÁREA EMBALSE	USO
1923	LA CIENAGA (Cierre lateral)	PERICO	EL CARMEN	N.O.A.	JUJUY	27	1250	790	26.000 / 275	I
1927	ING. BALLESTER	NEUQUÉN	BARDA DEL MEDIO	COMAHUE	RÍO NEGRO/ NEUQUÉN	20	350	--	--	I C
1927	POTRERO DE FUNES	LOS MOLLES	SAN LUÍS	CUYO	SAN LUÍS	34	40	2	6.600 / 103	I S H
1931	LOS SAUCES	LOS SAUCES	LA RIOJA	N.O.A.	LA RIOJA	42	128	272	18.600 / 160	I S
1936	RÍO TERCERO (CIERRE LAT.)	TERCERO	EMBALSE	CENTRO	CÓRDOBA	10	920	103	-- / --	--
1936	RÍO TERCERO Nº1	TERCERO	EMBALSE	CENTRO	CÓRDOBA	51	350	300	560.000 / 5.426	I H C R
1938	ANZULÓN	ANZULÓN	CATUNA	N.O.A.	LA RIOJA	32	114	91	36.000 / 610	I S
1938	ANZULÓN	ANZULÓN	CATUNA	N.O.A.	LA RIOJA	32	114	91	36.000 / 610	I S
1941	LOS ALAZANES	LOS ALAZANES	CAPILLA DEL MONTE	CENTRO	CÓRDOBA	34	71	4	200 / 3	S
1941	CRUZ DE PIEDRA	CUCHI CORRAL	EL VOLCÁN	CUYO	SAN LUÍS	45	117	28	12.500 / 210	I H S
1941	EL GATO (Cierre lateral)	EL GATO	EL VOLCÁN	CUYO	SAN LUÍS	16	440	--	-/180	I S H
1941	EL VASCO (Cierre lateral)	EL GATO	EL VOLCÁN	CUYO	SAN LUÍS	10	115	--	--	--
1941	SAN FELIPE	CONLARA	RENCA	CUYO	SAN LUÍS	27	1.300	34	81.000 / 1543	I H
1942	SAN JERÓNIMO	SAN JERÓNIMO	LA CUMBRE	CENTRO	CÓRDOBA	20	80	10	150 / 18	S
1944	CRUZ DEL EJE	CRUZ DEL EJE	CRUZ DEL EJE	CENTRO	CÓRDOBA	40	3080	633	129.000 / 1.280	I S H
1944	LA VIÑA	LOS SAUCES	LAS ROSAS	CUYO	CÓRDOBA	106	317	184	230.000 / 1.050	I S H
1944	SAN ROQUE	PRIMERO	CARLOS PAZ	CENTRO	CÓRDOBA	51	145	89	201.000 / 1.600	S C I H
1944	ZANJÓN MAURE	SECO MAURE	LAS HERAS	CUYO	MENDOZA	15	247	40	350/7	C
1945	EL JUMEAL	LA FLORIDA	CATAMARCA	N.O.A.	CATAMARCA	29	378	64	1.000 / 11	S I
1947	EL NIHUIL	ATUEL	SAN RAFAEL	CUYO	MENDOZA	28	465	68	259.000 / 9.600	I H C
1948	ESCABA (Cierre lateral)	MARAPA	Va. ALBERDI	N.O.A.	TUCUMÁN	17	60	--	--	--
1948	ESCABA (Cierre principal)	MARAPA	Va. ALBERDI	N.O.A.	TUCUMÁN	83	238	253	142.500 / 535	I H C
1950	LOS QUIROGA	DULCE		N.O.A.	SANTIAGO DEL ESTERO					I C
1953	LOS MOLINOS Nº 1	LOS MOLINOS	Va. BELGRANO	CENTRO	CÓRDOBA	63	225	96	307.000 / 2.156	I H S
1953	LA FLORIDA (Cierre principal)	QUINTO	EL TRAPICHE	CUYO	SAN LUÍS	75	310	120	105.000 / 525	I H
1953	PIEDRA BLANCA (Cierre lateral)	QUINTO	EL TRAPICHE	CUYO	SAN LUÍS	63	553	49	-/-	S C
1954	LOS MOLINOS Nº 2	LOS MOLINOS	J. QUINTANA	CENTRO	CÓRDOBA	33	651	66	3.750 / 45	I H S
1954	BATIRUANA	MARAPA	VILLA ALBERDI	N.O.A.	TUCUMÁN	43	115	17	440 / 10	I H
1956	CALANCATES	CALACANTES	ANCASTI	N.O.A.	CATAMARCA	15	190	30	1.000 / -	I V
1956	IPIZCA	ICAÑO	IPIZCA	N.O.A.	CATAMARCA	38	123	15	9.400 / 103	I
1957	VALLE FÉRTIL	VALLE FÉRTIL	SAN AGUSTÍN	CUYO	SAN JUAN	15	48	120	800 / 18	I
1958	LA CAÑADA	CARPINTERÍA	ALIJILAN	N.O.A.	CATAMARCA	34	138	14	11.000 / 107	I
1958	LA VIÑA (COMP.)	LOS SAUCES	LAS TAPIAS	CUYO	CÓRDOBA	32	193	40	2.000 / 21	I H
1958	LUJÁN	LUJÁN	LUJÁN	CUYO	SAN LUÍS	47	160	47	6.000 / 30	I

AÑO	NOMBRE	RÍO	POBL. CERCANA	REGIÓN	PROV. O PAÍS	ALT.	LONG.	VOL. PRESA	VOL./ÁREA EMBALSE	USO
1958	LOS CARDONES Nº 1	AMAICHA	AMAICHA DEL VALLE	N.O.A.	TUCUMÁN	30	72	3	230 / -	I
1958	LOS CARDONES Nº 2	AMAICHA	AMAICHA DEL VALLE	N.O.A.	TUCUMÁN	26	40	3	-	-
1960	OLTA	OLTA	OLTA	N.O.A.	LA RIOJA	52	83	9	10.000 / 88	I C
1960	LOS REYUNOS	DIAMANTE	25 DE MAYO	CUYO	MENDOZA	131	266	3.220	260.000 / 800	I H
1961	LANGUEYU	DEL FUERTE	TANDIL	COMAHUE	BUENOS AIRES	15	360	37	300 / -	C R
1961	LAS PIRQUITAS	DEL VALLE	PIEDRA BLANCA	N.O.A.	CATAMARCA	83	410	2.900	65.000 / 220	I H C
1962	MOTEGASTA	MOTEGASTA	ICAÑO	N.O.A.	CATAMARCA	32	1.230	185	7.200 / 120	I
1962	SISCO	EL SISCO	OLTA	N.O.A.	LA RIOJA	22	35	2	3.500 / 8	I
1963	FLORENTINO AMEGHINO	CHUBUT	GAIMAN	PATAGONIA	CHUBUT	113	255	483	1.855.000 / 7.400	I H C
1964	COYAGASTA	COYAGASTA	EL ALTO	N.O.A.	CATAMARCA	36	175	22	9.000 / 105	I
1965	VALLE GRANDE	ATUEL	SAN RAFAEL	CUYO	MENDOZA	115	300	670	160.000 / 508	I H
1966	ING. BENJAMÍN REOLIN	TERCERO	ALMAFUERTE	CENTRO	CÓRDOBA	48	290	88	26.000 / 293	H
1966	EL CADILLAL	SALI	TAFI VIEJO	N.O.A.	TUCUMÁN	85	503	4.100	275.000 / 1.295	I H C
1967	RÍO HONDO	DULCE	RÍO HONDO	N.O.A.	SANTIAGO DEL ESTERO	31 / 40	4.180 / 167	8.252 / 130	1.740.000 / 33.000	I H C
1968	AISOL	ATUEL	SAN RAFAEL	CUYO	MENDOZA	38	84	32	700 / 8	H
1968	ROCA	ZANJÓN ROCA	GENERAL ROCA	COMAHUE	RÍO NEGRO	25	965	600	5.000 / 155	C
1968	LOS CAUQUENES	LAS CARRETAS	JACHAL	CUYO	SAN JUAN	45	52	22	30.000 / 580	I
1969	SAUCE MAYO	QUIMILPA	SUMAMPA	N.O.A.	CATAMARCA	33	110	45	440 / 5	I
1969	SUMAMPA	SUMAMPA	SUMAMPA	N.O.A.	CATAMARCA	44	378	260	16.300 / 215	I
1969	ULLÚM	SAN JUAN	ULLÚM	CUYO	SAN JUAN	33	174	36	--	H
1972	EL CARRIZAL	TUNUYAN	LUJAN	CUYO	MENDOZA	55	2.000	5.500	350.000 / 3.150	I H C
1973	INGENIERO C. ROGGERO	RECONQUISTA	MORENO	LITORAL	BUENOS AIRES	21	7.000	1.400	120.000 / -	C
1973	TIERRAS BLANCAS	ATUEL	SAN RAFAEL	CUYO	MENDOZA	37	122	30	885 / 8	H
1973	ZANJÓN FRÍAS	SECO DE FRÍAS	LAS HERAS	CUYO	MENDOZA	42	495	780	2.300 / --	C
1973	PORTEZUELO GRANDE	NEUQUÉN	PZA. HUINCUL	COMAHUE	NEUQUÉN	12	3.200	500	-- / --	C H
1973	EL CHOCÓN	LIMAY	SENILLOSA	COMAHUE	NEUQUÉN/ RÍO NEGRO	86	2.270	13.200	22.000.000 / 82.000	H C R
1973	ALLEN	ZANJÓN ALLEN	ALLEN	COMAHUE	RÍO NEGRO	22	300	300	12.000 / 0	C
1973	CABRA CORRAL (GRAL. MANUEL BELGRANO)	JURAMENTO	CNEL. MOLDES	N.O.A.	SALTA	112	470	8.600	3.100.000 / 11.360	I H C
1974	LAS MADERAS (Cierre lateral)	LAS MADERAS	EL CARMEN	N.O.A.	JUJUY	98	460	4.500	300.000 / 960	I H
1974	CNEL. MOLDES Nº 2 (Cierre lateral)	CHUNAPAMPA	CNEL. MOLDES	N.O.A.	SALTA	29	219	267	1.500 / 8	I
1974	ITIYURO	CARAPARI	POCITOS	N.O.A.	SALTA	62	242	676	80.000 / 390	I S
1975	EL PORTEZUELO	PORTEZUELO	PORTEZUELO	N.O.A.	LA RIOJA	24	80	16	6.500 / 188	I
1976	FUTALEUFU	FUTALEUFU	TREVELIN	PATAGONIA	CHUBUT	130	600	6.000	5.600.000 / 8.700	H
1976	LA QUEBRADA	CEBALLOS	RÍO CEBALLOS	CENTRO	CÓRDOBA	37	254	140	3.300 / 30	S
1976	SALADILLO	SALADILLO	CATUNA	N.O.A.	LA RIOJA	22	240	18	12.000 / 230	I
1976	AGUA DEL TORO	DIAMANTE	25 DE MAYO	CUYO	MENDOZA	120	309	320	432.000 /1.050	I H C
1976	CAMPO ALEGRE	ANGOSTURA	LA CALDERA	N.O.A.	SALTA	53	110	180	44.000 / 315	I S
1977	LOMA DE LA LATA	NEUQUÉN	CENTENARIO	COMAHUE	NEUQUÉN	16	1.500	1.500	27.770.000 / 41.150	H C
1977	PLANICIE BANDERITA	NEUQUÉN	CENTENARIO	COMAHUE	NEUQUÉN	34	300	400	13.800.000 / 17.400	H C
1977	LOS PIZARROS	--	LA COCHA	N.O.A.	TUCUMÁN	21	1.390	250	3.000 / 40	I
1978	PASO DE LAS PIEDRAS	SAUCE GRANDE	CABILDO	COMAHUE	BUENOS AIRES	39	1.700	4.250	328.000 / --	S C
1978	PICHANAS	PICHANAS	VILLA SOTO	CENTRO	CÓRDOBA	52	306	200	68.000 / 440	I C
1978	VILLA UNIÓN (Cierre lateral)	BERMEJO	VILLA UNION	N.O.A.	LA RIOJA	19	550	220	2.800 / 45	I
1978	LAS LOMITAS	TORO	CPO. QUIJANO	N.O.A.	SALTA	24	939	900	7.000 / 53	I
1979	SALTO GRANDE	URUGUAY	CONCORDIA / SALTO	LITORAL	ARGENTINA/URUGUAY	37	3.000	T 2.515 / G 1.450	5.500.000 / 78.300	H S / R I
1979	PIEDRAS MORAS	TERCERO	ALMAFUERTE	CENTRO	CÓRDOBA	57	509	785	90.000 / 832	I H
1979	LA ANGOSTURA	ANGOSTURA	TAFI DEL VALLE	N.O.A.	TUCUMÁN	35	334	830	70.000 / 800	I C S R
1980	LA FALDA	GRANDE	LA FALDA	CENTRO	CÓRDOBA	23	236	6	600 / 14,5	S C R
1980	EL CHAÑAR	NEUQUÉN	CENTENARIO	COMAHUE	NEUQUÉN	14	6.300	1.750	34.500 / 1.000	H
1981	PEÑAS BLANCAS	JURAMENTO	CNEL. MOLDES	N.O.A.	SALTA	12,6	204	30.500	1.860 / 67	C H
1981	QUEBRADA DE ULLÚM	SAN JUAN	MARQUESADO	CUYO	SAN JUAN	60	300	3.750	440.000 / --	I H C
1981	LA HUERTITA	QUINES	QUINES	CUYO	SAN LUÍS	G 55 / T 9	G 205 / T 160	G 105 / T 70	470.000 / 430	I C

AÑO	NOMBRE	RÍO	POBL. CERCANA	REGIÓN	PROV. O PAÍS	ALT.	LONG.	VOL. PRESA	VOL./ÁREA EMBALSE	USO
1982	LOS ALISOS	LOS ALISOS	S.S. DE JUJUY	N.O.A.	JUJUY	51	480	170	19.000 / 142	C I S
1982	PASO DE LAS CARRETAS	QUINTO	E. LOBOS	CUYO	SAN LUÍS	T 35 / G 55	T 2375 / G 535	T 1.005 / G 135	63.300 / 756	I S / C
1983	EL TIGRE	DIAMANTE	25 DE MAYO	CUYO	MENDOZA	49 / --	700 / --	T 692 / G 40	7.000 / 65	H
1983	ARROYITO	LIMAY	SENILLOSA	COMAHUE	NEUQUÉN/ RÍO NEGRO	37	3.500	4.000	296.000 / 3.860	H
1984	CERRO PELADO (Cierre lateral)	GRANDE	AMBOY	CUYO	CÓRDOBA	50	1.480	1.600	--	--
1984	CERRO PELADO (Cierre principal)	GRANDE	AMBOY	CUYO	CÓRDOBA	104	410	3.700	370.000 / 1.240	H I / C R
1984	ALICURA	LIMAY	S.C. BARILOCHE	COMAHUE	NEUQUÉN/ RÍO NEGRO	130	880	13.000	3.215.000 / 6.500	H
1985	LAS MADERAS (COMP.)	LAS PAVAS	EL CARMEN	N.O.A.	JUJUY	G 27 / T 33	G 167 / T 1.730	G 105 / T 1.700	2.000 / 30	I H
1985	EL TUNAL	JURAMENTO	EL GALPÓN	N.O.A.	SALTA	27	2.985	3.810	310.000 / 3.800	I M C S
1986	CHAÑARMUYO	CHAÑARMUYO	CHAÑARMUYO	N.O.A.	LA RIOJA	30	220	300	6.000 / 80	I
1989	ARROYO CORTO	GRANDE	AMBOY	CUYO	CÓRDOBA	42	1.583	2.354	35.000 / 395	H
1989	CASA DE PIEDRA	COLORADO	GRAL. ROCA	COMAHUE	LA PAMPA/ RÍO NEGRO	47	10.260	11.000	4.000.000 / 36.000	I H C
1991	URUGUA-I	URUGUA-I	LIBERTAD	LITORAL	MISIONES	90	697	600	1.193.000 / 8.844	H
1993	PIEDRA DEL ÁGUILA	LIMAY	PIEDRA DEL ÁGUILA	COMAHUE	NEUQUÉN/ RÍO NEGRO	170	820	2.780	12.400.000 / 29.200	H C
1994	YACYRETÁ	PARANÁ	ITUZAINGO / AYOLAS	LITORAL	ARGENTINA/PARAGUAY	43	69.600	81.000	21.000.000 / 172.000	H I C
1995	ARROYO LUDUEÑA	Aº LUDUEÑA	ROSARIO	LITORAL	SANTA FE	11	6.500	--	--	C
1999	PICHI PICUN LEUFU	LIMAY	PIEDRA DEL ÁGUILA	COMAHUE	RÍO NEGRO/ NEUQUÉN	48	1.050	2.050.000	197.000 / 1.800	H
1999	PUNTO UNIDO	COLORADO	25 DE MAYO	COMAHUE	LA PAMPA/ RÍO NEGRO					

Tabla 5: Represas más importantes de Argentina, ordenadas cronológicamente.

Si en un gráfico se representa la cantidad de represas que se habilitaron por año, se observa el gran ímpetu de la década del 60 - 80 y el declive de la década del 90, donde se habilitaron en total 6, en concordancia con la tendencia mundial. En el comienzo de este siglo, en los 7 años que se llevan no se ha habilitado hasta el día de hoy ninguna nueva represa, demostrando que la crisis que sufrió la Argentina impacto directamente sobre la terminación de las que estaban proyectadas.

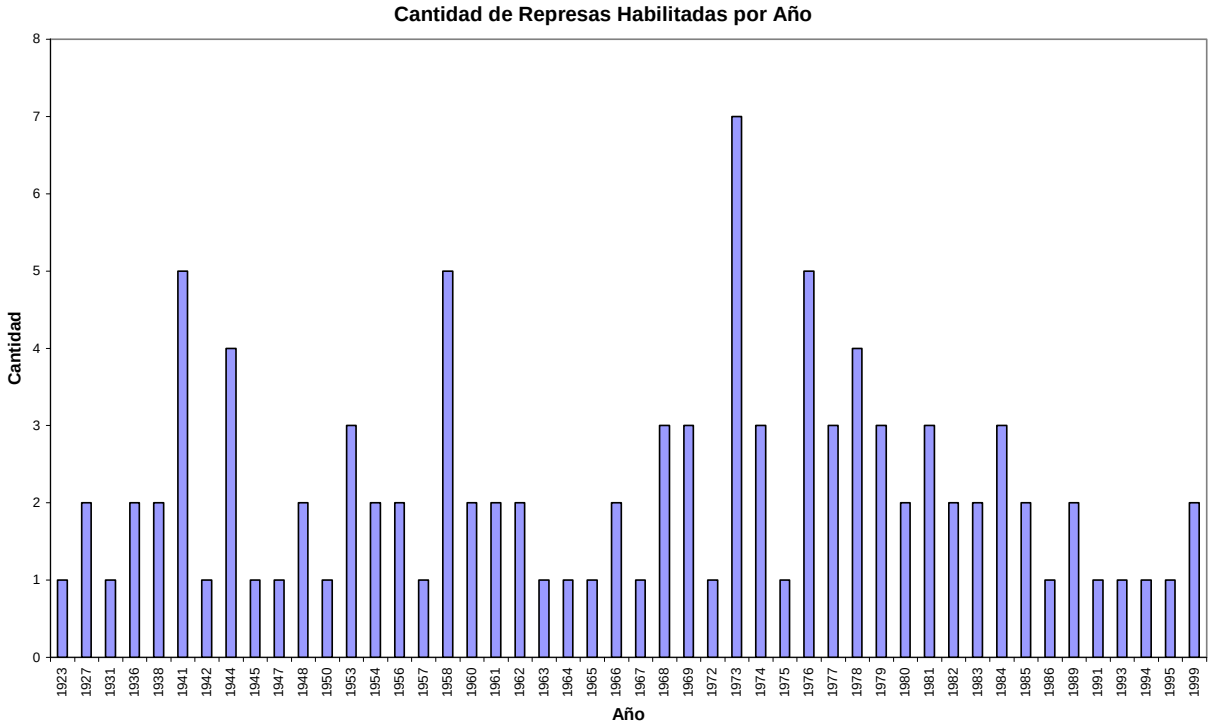


Gráfico 9: Cantidad de Represas ordenadas en forma cronológica.

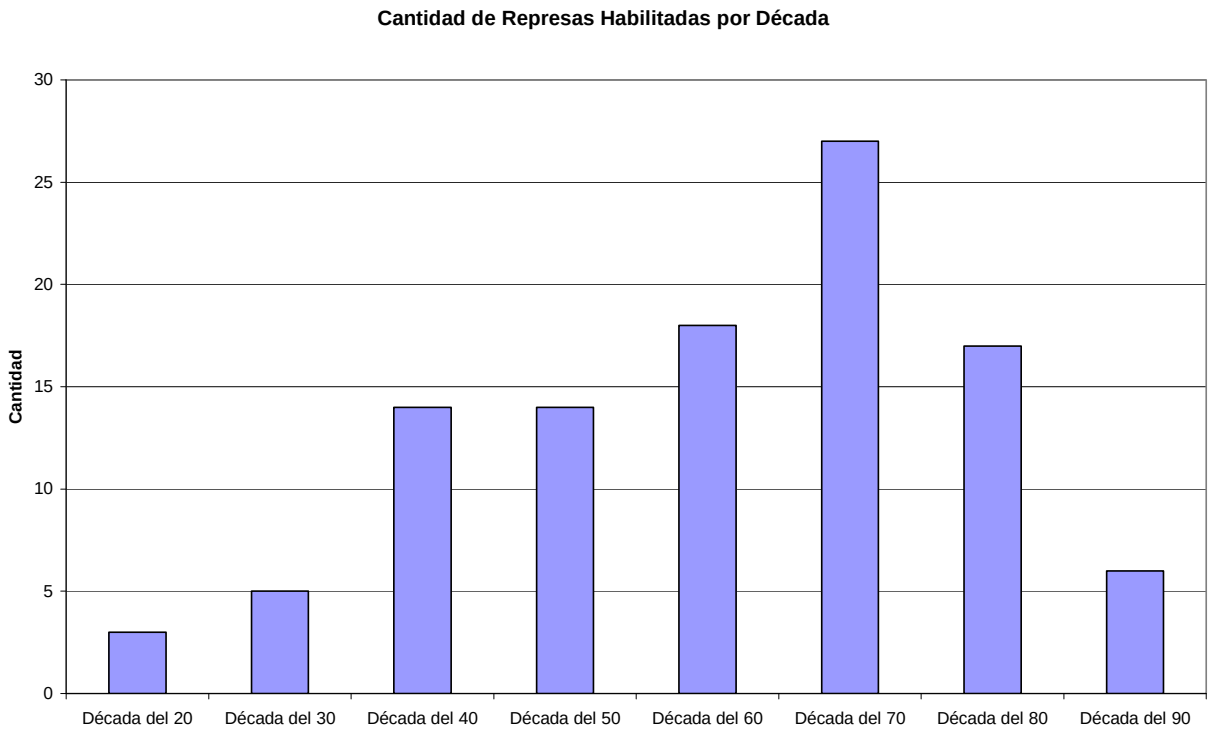


Gráfico 10: Cantidad de Represas Habilitadas por Década.

En este último gráfico se observa claramente la tendencia en Argentina en la habilitación de nuevas represas y su impacto en el deterioro de la matriz hidro-energética.