

análisis de alternativas de mitigación de impactos debidos a la reducción de caudal por el brazo Aña Cuá / informe final



Mosaico de fotografía aérea del brazo Aña Cuá tomadas en abril de 1994, durante el proceso de llenado del embalse Yacyretá. Escala gráfica aproximada. Los números rojos corresponden a la ubicación de las fotografías del brazo Aña Cuá tomadas por el Sector Medio Ambiente (Paraguay) del DOC de EBY durante la época de reducción de caudales por debajo del caudal "ecológico" ($1.500 \text{ m}^3/\text{s}$), en abril de 1997. Las letras verdes corresponden a las fotografías tomadas por la consultoría durante el período de aguas altas, marzo de 1998.



preparado para Entidad Binacional Yacyretá por:

Dr. Luis Carlos García Lozano, *coordinador*
 Lic. Celeste Acevedo, *ecología terrestre*
 Lic. Mario Bernalt, *aspectos sociales y comunitarios*
 Dr. Alejandro Deeb, *aspectos económicos, hidrológicos y energéticos*
 Lic. Luis A. Kieffer, *aspectos sanitarios y de calidad del agua*
 Dr. Rolando Quirós, *ecología acuática*
 Dr. Ernesto Sánchez Triana, *valoración económica de externalidades*

Ayolas/Ituzaingó, julio de 1999

vista aérea del BAC y ubicación de fotos	portada
fotos de efectos de reducción de caudales	2
fotos del BAC y entorno, época de aguas altas	5
índice	7
I introducción	8
II metodología	
III problemática	
IV dinámica de la problemática	
V verificación de la dinámica	
VI evaluación ambiental de alternativas	
VII análisis multiobjetivo de alternativas	
VIII recomendaciones	



1 vertedero brazo Aña Cuá con los deflectores en funcionamiento



2 isla Yatebú y ataguía, emergentes con caudal de 1.500 m³/s, vista E-O, progresión 19.000



3 vista parcial de isla Yaguapy-reí desde presa de tierra progresión 19.800



4a vista de la porción oriental de la isla San Rafael



4b erosión de orillar en margen izquierda de isla Yacyretá, frente a isla San Rafael



4c erosión de orillar en margen izquierda de isla Yacyretá, frente a isla San Rafael



5a brazo Aña Cuá desde futura salida de canal del arroyo Aguapey



5b arroyo Aguapey desde confluencia de futura salida de canal con brazo Aña Cuá



5c vista lateral de futuro canal de drenaje de a° Aguapey



5d embarcaciones varadas en playa, en segundo plano vista lateral de futuro canal de drenaje de arroyo Aguapey



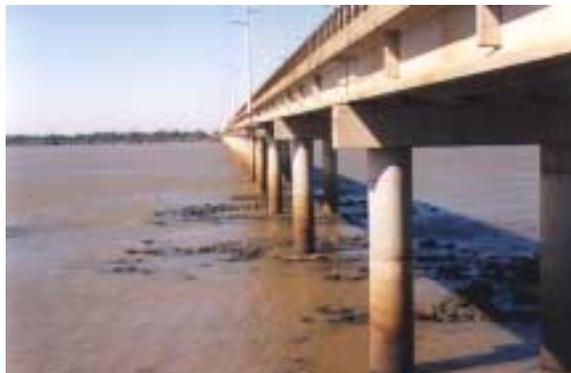
6a arroyo Atinguy, vista frontal de desembocadura en el brazo Aña Cuá



6b playa aguas abajo de confluencia de arroyo Atinguy; posible ubicación de primer azud



6c arroyo Atinguy visto desde el puente que conduce al asentamiento homónimo



7c afloramientos rocosos en pilares de puente, nótese las huellas de niveles altos del agua; al fondo isla Yacyretá



8 espigón o ataguía en sector del puente sobre el brazo Aña Cuá, utilizado para actividades de pesca



9 vista de margen derecha desde cabecera del puente sobre el brazo Aña Cuá



10 salto Aña Cuá, frente a la isla homónima



11a playa formada frente a la toma de agua potable de Ayolas



11a estructura para alojar captación y bombas de la toma de agua potable de Ayolas



12a vista del sitio de descarga de los desagües cloacales de Ayolas, 08.04.1997



12b vista del sitio de descarga de los desagües cloacales de Ayolas, 09.04.1997



13a embarcadero del Hotel Turismo sobre el brazo Aña Cuá, foto tomada desde el hotel



13b vista lateral de acceso del embarcadero del Hotel Turismo desde el brazo Aña Cuá



14 sitio de confluencia de arroyo de descarga de humedales de Ayolas frente a isla Yegros; sitio de 3^{er} azud



15a extensa playa formada en el puerto de Ayolas



15b extensa playa formada al frente de la Base Naval



16a embarcadero del Club de Pesca Yacyretá, vista hacia aguas abajo



16b embarcadero del Club de Pesca Yacyretá, vista hacia aguas arriba



a vertedero brazo Aña Cuá en marzo de 1998, fotografía tomada desde isla San Rafael



b banco bajo a punto de ser rebosado, ca. confluencia de a° Atinguy



c vista parcial de isla Aña Cua, desde el club social de la Villa Permanente (Ayolas); al fondo isla Yegros



d bosque ripario inundado, sobre bancos altos, escalonados de margen derecha, aguas abajo de arroyo Atinguy



e panorámica de confluencia de brazos Aña Cuá y San José Mí, desde margen derecha ca. Coratey



f margen derecha en sitio de descarga de aguas cloacales de Ayolas



g erosión de orillares por bombeo hidrostático, margen derecha, ca. confluencia de arroyo Atinguy



h pesca comercial en el brazo Aña Cuá, aguas arriba del puente



i pesca deportiva en sector turístico aguas arriba de Ayolas



j bosque secundario ripario inundado, riacho Prohibido, isla Pucú



k ganadería extensiva de bajos rendimientos sobre pastos naturales, al fondo humedales de Ayolas



n restos de bosque de araryes posiblemente afectados por aislamiento causado por terraplén vial, al O de Ayolas



l mosaico de biotopos, planicie del BAC, margen derecha: al frente pastizales, al fondo esteros y bosque anegable



m actividades agropecuarias de subsistencia en la isla Yacyretá



o Base Naval-Armada Paraguaya, en Ayolas, construida en dos niveles como protección contra las inundaciones

antecedentes	8
objetivos	8
enfoque metodológico	8
contenido del informe	10

I introducción

Introducción

Antecedentes

La Entidad Binacional Yacyretá (EBY) contrató en enero de 1998 al grupo de expertos, autores del presente informe, para realizar una evaluación integral de las alternativas de manejo de la problemática ambiental del brazo Aña Cuá del río Paraná (BAC), derivada de la entrada en operación a plena capacidad de la central hidroeléctrica de Yacyretá (CHY) en 1998.

Esta problemática se deriva de la concurrencia de las demandas sobre los caudales del BAC que ejercen, de una parte la CHY y de otra los sistemas naturales y culturales del BAC.

La CHY fue diseñada para operar a pelo de agua con la totalidad del caudal afluente al embalse de Yacyretá, lo cual implica una reducción drástica del caudal en el BAC durante el período de estiaje.

Por otra parte, en la margen derecha del BAC se ha desarrollado –a partir de la construcción y puesta en marcha del emprendimiento hidroeléctrico– un aprovechamiento comercial y deportivo de los recursos piscícolas y paisajísticos que requiere caudales y niveles semejantes a los del río natural para su persistencia. Estos recursos son fundamentales para la población del distrito de Ayolas.

Objetivos

De acuerdo con lo estipulado en los términos de referencia preparados por la EBY para la contratación del grupo con-

sultor, los objetivos del estudio son los siguientes:

Objetivo general

Definir la alternativa costo-efectiva más favorable como mitigatoria del impacto sobre el brazo Aña Cuá, considerando la interrelación de aspectos sociales, ecológicos, económicos y técnicos.

Objetivos particulares

1. Analizar las opciones de atenuación según sus impactos ambientales, su diseño y/o manejo más efectivo.
2. Garantizar que las consideraciones ambientales y de generación sean compatibles para la toma de decisiones referentes a la selección, ubicación, diseño y/o manejo de la alternativa escogida.
3. Comparar sistemáticamente las distintas alternativas de mitigación en términos de sus potenciales impactos ambientales, costos de construcción, de operación, mantenimiento y de generación hidroeléctrica.
4. Definir para cada alternativa los perjuicios y beneficios ambientales, adjuntando los valores económicos referenciales de las medidas de mitigación o compensatorias.
5. Proponer medidas factibles y costo-efectivas capaces de reducir los impactos ambientales adversos y significativos a niveles aceptables. (Plan de atenuación y/o mitigación)
6. Incluir las medidas compensatorias, si las acciones mitigatorias no son factibles o costo-efectivas.

Enfoque metodológico

En las reuniones preliminares, desarrolladas en Ituzaingó entre funcionarios del Departamento de Obras Complementarias (DOC) de EBY y el grupo consultor, en octubre y diciembre de 1997, fue evidente la escasa información disponible antecedente y actual del BAC (i.e., anterior al emprendimiento de las obras de Yacyretá y posterior a ellas y a la entrada en operación de la CHY), sobre el medio natural y el grado de aprovechamiento de recursos. Esta situación impediría el cumplimiento estricto de algunos de los objetivos particulares, en especial aquellos relacionados con la valoración económica.

Para suplir esta deficiencia de información, el grupo consultor acordó un enfoque de procesos que permitiera identificar la evolución reciente y tendencias de los sistemas naturales y culturales del BAC, sus causas y su interacción con el desarrollo del emprendimiento Yacyretá y contrastar estos procesos con los esperables de la ejecución de las varias alternativas. El grupo consultor sometió a consideración de EBY este enfoque metodológico que se sintetiza a continuación:

1. Reconstrucción del estado inicial del brazo Aña Cuá, antes de la construcción de Yacyretá, en la zona de influencia de la operación de la CHY, i.e., desde el vertedero Aña Cuá hasta la confluencia con el brazo San José Mi.

1.1 asentamientos humanos, recursos, calidad y uso de recursos (espacio, suelo, agua, vida silvestre, canal per se, etc.).

1.2 modificaciones al sistema, derivadas de la construcción y funcionamiento actual y acciones y procesos de manejo implantadas.

1.3. status actual de asentamientos humanos, recursos, calidad y uso de recursos (espacio, suelo, agua, vida silvestre, canal per se, etc.).

2. Diagrama causal de brazo Aña Cuá (relaciones entre acciones y procesos de Yacyretá y componentes físicos, biológicos y socioeconómicos) en tres escenarios:

2.1 heredado del status actual de desarrollo de las obras

2.2 operación prevista a la cota 76

2.3 operación prevista a la cota 83

3. Identificación de consecuencias mediante diagramas de causalidad y matrices de acciones/procesos por consecuencias (físicas, biológicas y sociales) en cada uno de los escenarios citados, considerando el BAC desde el sitio de presa en dirección aguas abajo y con sus sistemas naturales y culturales vinculados y asociados.

3.1 los diagramas causales serán: acción/proceso → consecuencia física → consecuencia biológica → consecuencia socioeconómica → consecuencias secundarias.

3.2 complementación con factores atenuantes o acelerantes de consecuencias previstas, posibilidades de manejo (atenuación, mitigación o compensación) e información complementaria requerida para evaluación.

4. Formulación de matrices de consecuencias por soluciones. Se consideran dos tipos de soluciones:

4.1 implantadas

4.2 alternativas previstas

4.3 balance, matriz de consecuencias residuales.

5. Diagrama de causalidad con soluciones y contraste con diagrama inicial

5.1 acción/proceso + solución → consecuencia física → consecuencia biológica → consecuencia socioeconómica → consecuencias secundarias

5.2 verificación de factores atenuantes o acelerantes, balance de información complementaria requerida.

5.3 matriz de soluciones para consecuencias residuales, sin evaluación integrada.

5.4 diagramas de causalidad de operación de brazo Aña Cuá con soluciones

6. Evaluación integrada (técnica, económica, ambiental y socioeconómica) y jerarquización de soluciones. Se plantean dos enfoques alternos, que pueden ser complementarios:

6.1 enfoque de costos ambientales, se presume de difícil aplicación por la escasa información disponible. Requiere la confrontación de los costos de las consecuencias negativas de cada alternativa con y sin costos de manejo (atenuación, mitigación y compensación), directos e indirectos a través de modificaciones en reglas de operación de Yacyretá, con los beneficios derivados de la reducción de las consecuencias negativas.

6.2. análisis multiobjetivo: puesto que no hay una función objetivo definible a priori para el manejo de brazo Aña Cuá que incorpore el componente ambiental, se requerirá por tanto el planteamiento de un esquema que permita comparar soluciones sub-óptimas. Este enfoque requiere acuerdos para la definición de objetivos y para la definición de matrices de preferencias.

Contenido del informe

En términos generales el estudio se desarrolló de acuerdo con el derrotero planteado en el enfoque metodológico descrito anteriormente. El presente informe está organizado siguiendo dicho derrotero:

- presentación de la problemática,
- descripción y calificación de las opciones de solución y
- jerarquización multiobjetivo y selección de alternativas.

Así, el informe, además de esta introducción, consta de siete capítulos y seis anexos.

El segundo capítulo presenta en detalle la metodología empleada para el desarrollo de la evaluación integral.

El tercer capítulo plantea la problemática a estudiar y el carácter heredado del conflicto BAC-CHY.

El cuarto establece las relaciones causales entre el desarrollo de la CHY y la evolución del sistema natural-cultural del BAC hasta su estado actual y resalta las

hipótesis fundamentales contenidas en estas relaciones causales.

El capítulo quinto presenta la información recopilada y analizada por el grupo consultor que permite la verificación de dichas hipótesis.

En el capítulo sexto se sintetizan las opciones de manejo del conflicto BAC-CHY, se califican las consecuencias residuales de cada una, sus efectos sobre la generación de energía, los factores atenuantes o acelerantes actuales de estas consecuencias, sus posibilidades de manejo y la información complementaria requerida para precisarlas y cuantificarlas.

El capítulo séptimo es el fundamental del estudio, consiste en el análisis multiobjetivo de las alternativas de manejo, incluye el planteamiento de criterios de evaluación, la calificación de cada alternativa desde el punto de vista de estos criterios, la asignación de pesos y los resultados de la evaluación, es decir la jerarquización multicriterio de las alternativas.

En el último capítulo, octavo, se presentan las recomendaciones derivadas del análisis multiobjetivo en cuanto a:

- las características y forma de operación de la opción recomendada por el grupo consultor,
- a la estrategia de manejo interino de la problemática del BAC, antes de que la EBY pueda implementar dicha solución.

Los informes finales de los consultores individuales contienen la información recopilada y analizada por cada uno y que sirvió de base para la construcción de los

capítulos centrales de este informe (problemática, opciones de manejo y selección de alternativa), estos se presentan en los siguientes anexos:

1. Estudio de Alternativas para Mitigación del Impacto en el Brazo Aña Cuá, Ecología Acuática; preparado por el Dr. Rolando Quirós.
2. Aspectos relacionados con la calidad del agua en el BAC; preparados por el Lic. Luis A. Kieffer.
3. Análisis de Alternativas de Mitigación de Impactos debido a la Reducción del Flujo del Caudal por el Brazo Aña Cuá, Área de Ecología Terrestre; preparado por la Lic. Celeste Acevedo.
4. Aspectos sociales y comunitarios, preparado por el Lic. Mario Bernalt.
5. Metodologías para la Evaluación Económica de Externalidades Económicas Asociadas con Efectos Ambientales del Manejo del Brazo Aña Cuá dentro del Proyecto de Yacyretá, preparado por el Dr. Ernesto Sánchez Triana.
6. Valoración Económica de los Aspectos Energéticos, preparado por el Dr. Alejandro Deeb.

	introducción	12
A.	formulación de problemática	12
B.	diagramas de causalidad	12
C.	hipótesis	12
D.	datos	12
E.	procesamiento	13
F.	análisis	13
G.	alternativas de solución	13
H.	selección de alternativas	14

II Metodología

Metodología

Introducción

La metodología empleada para la evaluación integral de alternativas de manejo de la problemática del BAC se basó en la implementación del ciclo *problemática-hipótesis-solución*, esquematizado en la figura 1, modificada de Dyner (1993)¹. Este consiste en una adaptación y expansión del proceso de investigación científica aplicada al entendimiento de fenómenos ecológicos planteado por Poole (1974)², a la solución de problemas relacionados con la planificación.

El proceso completo se divide en hemisiclos. El primero (**A-B-C-D-E-F-C-B-A**) se concentra en el entendimiento de la problemática y es básicamente equivalente al proceso de investigación científica. El segundo (**B-G-H-A**), está orientado a la búsqueda de la solución a la problemática planteada en A.

Las etapas A (formulación de la problemática) a C (formulación de hipótesis) fueron producto del trabajo en grupo en las varias reuniones en Ituzaingó y Ayo-las y sufrió un proceso de aproximaciones sucesivas.

Las etapas de producción (D), procesamiento (E) y análisis de información (F) para verificación de las hipótesis (C) fueron desarrolladas individualmente por cada consultor, con base en la extensa

¹ Dyner R., Isaac. 1993. Dinámica de sistemas y simulación continua en el proceso de planificación. Colciencias, Universidad Nacional de Colombia. Medellín
² Poole, Robert W. 1974. An introduction to quantitative ecology. McGraw-Hill. New York.

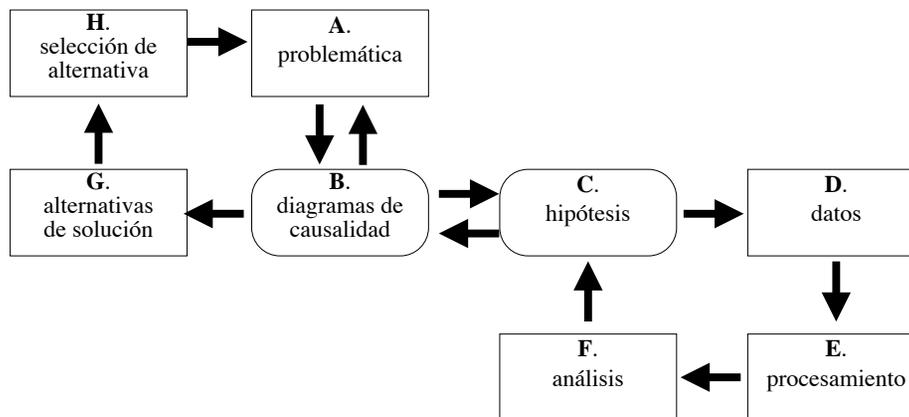


Figura 1. Diagrama simplificado del ciclo *problemática – análisis – solución* empleado para la evaluación integral de alternativas de manejo del BAC, ver detalles en texto

documentación suministrada por EBY y recopilaciones propias. Los detalles metodológicos de estas etapas están consignados en los anexos citados.

A continuación se describen brevemente las etapas del ciclo; las etapas A a E se ilustran con ejemplos realistas relacionados con el BAC, pero que no necesariamente fueron contemplados en la aplicación de la metodología. Su finalidad es estrictamente explicativa. En los capítulos siguientes se presentan en detalle la formulación de la problemática, los diagramas de causalidad y las hipótesis implícitas. Los anexos contienen detalles de la temática propia de cada consultor.

A Formulación de problemática

Enunciado explícito del fenómeno a entender o del conflicto a resolver, v. gr.:

- cuáles son los cambios (físicos, ecológicos, sociales, financieros...) esperados en el complejo BAC-CHY, como consecuencia de las reducciones de caudal debidas a la operación de la CHY.

- qué los determina, v. gr. el volumen total desviado del BAC, el caudal (volumen por unidad de tiempo), la reducción de la lámina, la duración del evento, etc.

- cómo es el comportamiento temporal de tales cambios, v. gr., inmediatos, retardados, efímeros, transitorios, permanentes, recurrentes...

- afectan estos cambios la existencia de recursos biológicos actualmente aprovechados (por ejemplo pesca, vida silvestre, etc.) e inducen el desarrollo de otros potencialmente aprovechables

- puede predecirse la magnitud y duración de los eventos retardados (reducción o cambio en la composición de los recursos pesqueros, p. ej.) con base en el conocimiento de eventos inmediatos o transitorios (crecientes, estiaje, episodios recurrentes de sobresaturación de gases...)

B Diagramas de causalidad

Traducción de la problemática a *relaciones de causa-efecto* o de *correlación en-*

tre variables (los diagramas se modifican como consecuencia de la aceptación o rechazo de las hipótesis), v. gr.:

- reducciones recurrentes de caudal en el BAC → depresión estacional de la napa freática en la margen derecha → tendencia a la conversión de los humedales periféricos en hábitas más mésicos → reemplazo paulatino de especies de plantas → cambios en la composición de la fauna vertebrada herbívora → reducción de los recursos de caza...

C Hipótesis

Expresión verificable de la relación causa-efecto o de correlación entre dos variables, p. ej.:

- áreas distales y proximales al BAC en la margen derecha no difieren en cuanto a composición y diversidad de flora herbácea anual o en cuanto a composición y diversidad de fauna herbívora vertebrada

- composición y diversidad de fauna piscícola es constante para diferentes caudales del BAC y para diferentes duraciones e intensidades de estiaje anual

- biomasa de peces/esfuerzo de captura permanece constante con los cambios de caudal

D Datos

Valores cualitativos o cuantitativos (con base en fuentes primarias o secundarias) de los parámetros de las variables involucradas en una hipótesis y que pueden ser obtenidos con los recursos físicos y humanos disponibles. p. ej.:

- listas de abundancia o biomasa/especie de fauna herbívora vertebrada (o de flora

herbácea terrestre) de áreas con hábitats análogos a diferentes distancias del BAC y en diferentes condiciones de caudal y de duración de caudales

- producción pesquera del BAC en diferentes condiciones de caudal y de duración de caudales...

E Procesamiento

Traducción de datos a información mediante herramientas numéricas, matemáticas o estadísticas. Normalmente implica la estructuración de bases de datos para su selección y aglomeración. v. gr.:

- cálculo de índices de diversidad o curvas de especies–esfuerzo de muestreo de flora herbácea terrestre de áreas análogas a diferentes distancias del BAC y en diferentes condiciones de caudal y de duración de caudales...

- análisis de varianza/covarianza entre caudales, duraciones de caudal y abundancia, biomasa, diversidad... de flora herbácea o producción pesquera...

F Análisis

Verificación de las hipótesis con base en la información generada en la etapa de procesamiento. Aceptación de hipótesis verdaderas, rechazo de las falsas y reformulación de hipótesis alternas.

Este primer hemiciclo termina con la reformulación de los diagramas de causalidad, con base en las hipótesis aceptadas y con una ganancia neta de conocimientos que mejoran el entendimiento de la problemática establecida al comienzo.

G Alternativas de solución

Normalmente el ciclo *problemática-análisis-solución* regresa a la problemática mediante la simulación de modificaciones a las variables para inducir respuestas del sistema en la dirección deseada; éstas deben ser verificadas con la información generada en las etapas D y E del primer hemiciclo. En el caso del sistema BAC-CHY, es necesario articular cada una de las opciones de manejo al diagrama o diagramas de causalidad y deducir a partir de ellas las consecuencias sobre los elementos fundamentales del sistema, i.e., sobre la persistencia de los recursos actuales del BAC y su grado de aprovechamiento y sobre la generación de energía eléctrica en la CHY.

Alternativas consideradas. Las opciones de manejo analizadas incluyeron los cuatro grupos definidos por la EBY en los términos de referencia:

- a. mantenimiento de caudales mínimos ecológicos en el BAC (estables o variables), sin obras de regulación
- b. diferentes opciones de generación en el Brazo Aña Cuá, con caudales mínimos ecológicos con y sin obras de regulación
- c. construcción de presas reguladoras y manejo del BAC y
- d. opciones de canalización y maximización de sequía en el BAC.

Puesto que las opciones son combinaciones de obras y procesos, el número considerado a lo largo del proceso fue variable. Finalmente se compararon 13 alternativas representativas de los cuatro grupos descritos anteriormente.

Comprobación ambiental de las alternativas de manejo del BAC. Se desarrolló en grupo en los talleres de trabajo en Ituzaingó y Ayolas. El análisis se hizo en dos escalas, gruesa y fina; las dos fueron *relativas* (opuesto a *absolutas*) puesto que se requiere discriminar entre opciones diferentes (o diferenciables) para el logro del mismo objetivo y, en general, *cualitativas* dada la limitada información cuantitativa confiable³.

La evaluación *gruesa* se basa en el contraste del funcionamiento actual de la planicie del BAC (canal, tributarios, margen derecha, isla Yacyretá y archipiélago de la confluencia con el San José Mí, etc.), con el funcionamiento previsto al incorporar las acciones y procesos de las alternativas de manejo del BAC (maximización o minimización de la sequía, reposición de caudales u obras de regulación para mantenimiento de lámina, etc.).

El objetivo de este análisis es identificar los puntos de los procesos en donde las acciones de los proyectos de manejo potencialmente interfieren con el funcionamiento actual (natural - cultural) y refuerzan o contrarrestan los cambios naturales o culturales que actualmente ocurren en la planicie, algunos de ellos derivados directamente del emprendimiento CHY.

³ El conocimiento que se tiene sobre el funcionamiento ecológico de la planicie y en particular sobre su aprovechamiento por las comunidades locales es muy general e impreciso. Se carece, por ejemplo, de información confiable y adecuada sobre pesquerías comerciales, de subsistencia y deportivas, sobre aprovechamiento de humedales y fauna silvestre y las relaciones de estos recursos con las variaciones actuales y pasadas de los niveles y caudales en el BAC.

La evaluación ambiental a escala *fina* determina las principales consecuencias ambientales potenciales de las alternativas de manejo del BAC. Como herramienta para realizar esta evaluación se utilizó una lista de comprobación ambiental interpretada a la luz de la información suministrada por el diagnóstico del medio ambiente físico, ecológico y sociocultural de la zona de influencia del BAC, en particular de las áreas que alojan los biotopos sensibles.

El análisis parte de las interacciones posibles identificadas en el análisis grueso. Estas son contextualizadas geográficamente, es decir se precisan, hasta donde es posible con la información disponible sobre los escenarios geográficos de las interacciones. Para cada una se desarrolla la posible cadena de causalidad:

acción del proyecto → *cambio físico*
→ *cambio ecológico* → *cambio social*

Es decir se establece cómo una acción o proceso del proyecto que en general es un cambio físico, se traduce en un cambio ecológico y éste a su vez en un cambio social. En ocasiones la acción o proceso del proyecto se traduce directamente en una consecuencia social; o la consecuencia ecológica no implica cambios en el contexto antrópico.

Dentro de las consecuencias sociales se considera por separado cuál es la consecuencia de la alternativa sobre la generación de energía por parte de la EBY, pues ésta constituye la actividad concurrente con el uso del agua para las funciones ecológicas y socioeconómicas que ameritó la realización del presente estudio.

Con la información disponible, tanto de

la alternativa, como de la zona de influencia, no es posible cuantificar las interacciones ni evaluarlas económicamente para jerarquizarlas. Esta deficiencia, si bien anormal para el nivel de desarrollo de las alternativas, se puede suplir en parte mediante el planteamiento de los siguientes atributos de la consecuencia:

- *información complementaria* relevante para precisar la validez de las consecuencias identificadas y la pertinencia de las medidas de mitigación o compensación propuestas
- *factores atenuantes o acelerantes de las consecuencias*, es decir hechos y circunstancias imperantes en la región del BAC o su zona de influencia que reducen la importancia de las consecuencias identificadas, ya sea por su pequeña magnitud o duración, baja probabilidad de ocurrencia, porque se trata de situaciones que ocurren en la actualidad aunque las causas sean diferentes o por que además se presentan consecuencias benéficas que pueden contrarrestar las deletéreas.
- *medidas de mitigación o compensación* que pueden ser implementadas para eliminar o reducir las consecuencias.

El análisis ambiental, tanto a escala gruesa como fina, se centra en las problemáticas asociadas a la operación de la CHY, i. e., aquellas que realmente pueden traer consecuencias importantes sobre el medio físico-biológico, los recursos socialmente aprovechados y la organización social. Las actividades de construcción de las obras necesarias para efectuar el manejo, si la alternativa recomendada requiere obras, no se contemplan aquí. Las consecuencias negativas de una alternativa dada, típicamente asociadas al pro-

ceso constructivo (construcción de azudes, estructuras de control, excavación, limpieza y adecuación de canales, formación de terraplenes viales, explotación de zonas de préstamo de materiales, conformación de depósitos y manejo de sobrantes de construcción, etc.) y los procesos biológicos o sociales asociados o derivados, se recomienda sean controladas y minimizadas mediante la implementación de un manejo normativo a cargo de los contratistas y supervisado por inspectores ambientales de EBY. Los detalles de esta recomendación no hacen parte del alcance de este estudio.

Es necesario enfatizar que dadas las imprecisiones de algunas alternativas –no en cuanto a su concepción, sino al detalle de su implementación y la incertidumbre asociada a la información limitada con que se cuenta– este análisis es de relaciones potenciales. Un punto particularmente relevante acerca de evaluaciones ambientales en general y en particular sobre las que se realizan en el neotrópico, es el carácter eminentemente natural –opuesto a exacto– que poseen las ciencias ambientales. La ecología no es una ciencia exacta; cuenta con herramientas que permiten afirmar –en algunos casos con un nivel adecuado de certidumbre– que dadas ciertas situaciones **a**, otras condiciones **b** pueden ocurrir, pero siempre se corre el riesgo de que ciertas predicciones no ocurran o de que ciertos efectos no puedan ser detectados, simplemente por la multiplicidad de factores que intervienen, aún en el más simple de los procesos ambientales.

Este alto nivel de incertidumbre asociado al vaticinio ambiental solamente puede superarse mediante la acumulación siste-

mática de datos acerca de tantas situaciones como sea posible. En otras palabras monitoreando muchos y muy diversos fenómenos ambientales con el doble objetivo de mejorar la base estadística para efectuar inferencias y para revisar los conceptos ecológicos sobre los cuales éstas se basan.

H Selección de alternativas

Escogencia de la solución más adecuada para resolver la problemática mediante análisis multiobjetivo, programación dinámica o cualquier otro método. Las opciones de manejo difieren en tres aspectos:

- en cuanto a su eficiencia para minimizar consecuencias ambientales en el BAC,
- en cuanto a la complejidad técnica y operativa de su implementación y
- en cuanto a los costos en los que EBY debe incurrir para su ejecución.

Los términos de referencia preparados por la EBY solicitan explícitamente la valoración técnica y económica de las opciones de manejo. Para el caso del BAC se ensayaron dos enfoques: análisis económico y análisis multiobjetivo.

Análisis financiero y económico. La valoración financiera de las diferentes alternativas de manejo se dirige a estimar el flujo de caja para la EBY debido a la implementación de cada opción. El principal costo para EBY, pero no el único, es debido a la reducción de caudales de generación asociados a cada una de las opciones. La metodología y resultados para determinar las consecuencias financieras

para EBY se encuentran en el Anexo VI. De manera simplificada esta consiste en:

- análisis del mercado eléctrico en el cual opera la CHY y caracterización de su competitividad para establecer la relación entre precios de mercado (con base en escenarios) y costos de oportunidad de la energía entregada al sistema interconectado.
- estimativos de la producción energética de la CHY con base en la evaluación de la información hidrológica suministrada por la EBY y el valor esperado de la potencia y la energía generada por el emprendimiento CHY para diferentes caudales de forzoso desembalse a través del BAC.
- cálculos del valor esperado de la potencia y energía que podrían producirse en una central hidroeléctrica en el brazo Aña Cuá, para aprovechar los caudales de forzoso desembalse
- valoración económica de los resultados en cuanto a producción eléctrica.

La valoración económica de las alternativas correspondientes considera los costos y beneficios de las diferentes alternativas para la sociedad como un todo.

La definición de costos y beneficios de cada una de las alternativas ha de desahogarse con precisión tanto en magnitud como en el período de tiempo en que se efectuará la inversión correspondiente. Para efectuar el análisis económico se requiere igualmente conocer el precio sombra de la inversión pública en Argentina y Paraguay, así como la tasa de descuento que utiliza la EBY. De esta manera es factible calcular el valor presente neto de

cada alternativa como el balance de beneficios y costos descontados a 1998.

La estimación de los costos de mano de obra, e insumos locales ha de efectuarse tomando en consideración las condiciones locales y por tanto estimando los precios sombra de los insumos correspondientes, como por ejemplo el precio sombra de la mano de obra en la zona de influencia del proyecto.

En el anexo V se describen los métodos de evaluación financiera y económica que el grupo consultor propuso inicialmente. Estos son exigentes en cuanto a la cantidad de información antecedente (series de tiempo de abundancia, aprovechamiento y precios de recursos) y actual requerida (encuestas) y fueron descartados como herramienta para efectuar la selección de alternativas.

Análisis multiobjetivo. Los métodos de análisis multiobjetivo (AMO) permiten incluir explícitamente en el proceso de toma de decisiones objetivos económicos, sociales, ambientales, financieros, técnicos y de cualquier otro tipo. Algunos de ellos pueden estar representados por funciones matemáticas complejas mientras que otros sólo por expresiones cualitativas (Smith, et al. 1993)⁴.

Un problema de múltiples objetivos se puede representar matemáticamente mediante un vector de p dimensiones, en el

4 Smith Q., Ricardo A., Germán Poveda J., Oscar J. Mesa S., Darío Valencia R., Isaac Dyer R. 1993. Decisiones con múltiples objetivos e incertidumbre. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, publicación n° 5 del Postgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos. v+231 pp. Medellín.

cual cada dimensión representa una función objetivo; ésta a su vez es una función de varias variables, \underline{x} , así:

$$Z(\underline{x}) = [Z_1(\underline{x}), Z_2(\underline{x}), \dots, Z_p(\underline{x})],$$

y cada uno de los objetivos es a su vez función del vector \underline{x} de variables de decisión.

Los métodos de AMO tratan de identificar la o las mejores soluciones considerando múltiples objetivos simultáneamente. El conjunto de soluciones óptimas se denomina conjunto de soluciones no dominadas o no inferiores. Este está constituido por aquellas soluciones sobre las cuales no puede decirse que una es mejor que las otras cuando se consideran todos los objetivos propuestos. (Smith et al., 1993)

La selección de una solución específica del conjunto de soluciones no dominadas significa que el decisor ha manifestado de alguna manera su preferencia por esa solución, la cual representa cierta combinación concreta de logros de los diferentes objetivos.

En este contexto se podría hablar, en términos generales, de dos procesos en la toma de decisiones utilizando AMO. En el primero se define el conjunto de soluciones no dominadas y en el segundo se selecciona la solución por implementar. Tal selección se hace teniendo en cuenta la estructura de preferencias que tiene el decisor sobre los diferentes objetivos considerados. (Smith et al., 1993)

La figura 2. presenta el esquema general del procedimiento de análisis multiobjetivo aplicado al BAC.

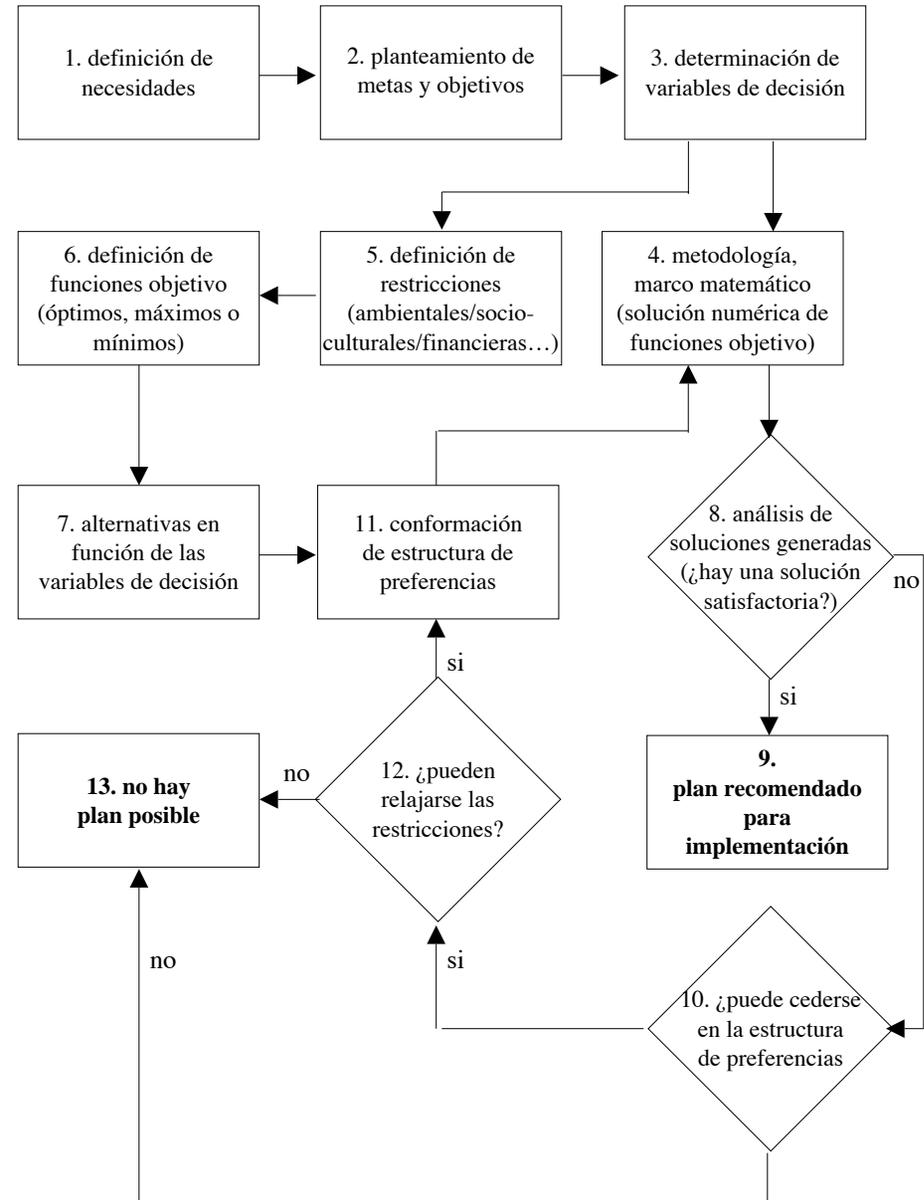


Figura 2. Procedimientos de análisis multiobjetivo para la selección de la alternativa óptima de manejo del BAC

cambios ambientales antecedentes	17
cambios adicionales previstos	17

III Planteamiento de la problemática

Planteamiento de la problemática

Cambios ambientales antecedentes en el BAC

Tanto los aspectos positivos, como los negativos de la estructura y dinámica natural-cultural actuales en el área de influencia de Yacyretá son heredados de modificaciones importantes que se han dado en el ecosistema del Paraná y sus biotopos terrestres y anfibios asociados, como consecuencia de la construcción y puesta en marcha de varios emprendimientos hidroeléctricos aguas arriba, desde el decenio de 1960.

En el caso particular del BAC, la reducción de la longitud original del brazo por la construcción de la presa y el cierre de ésta para llenado del embalse de Yacyretá a la cota 76, proceso que concluyó en 1994, constituyen el cambio más impor-

tante. Para la población local este cambio ha tenido connotaciones tanto positivas (desarrollos viales, generación de empleos, facilitación de la pesca en el tramo no inundado del BAC, etc.) como negativas (desplazamiento forzado de población, desaparición de más de la mitad de la isla Yacyretá, etc.) y su evolución reciente refleja estas dos condiciones.

El proceso constructivo ocurrió de una manera lenta –transcurrieron más de 20 años entre la iniciación de los diseños y la entrada en operación de las primeras máquinas– y muchas consecuencias también se fueron dando al mismo ritmo, lo que permitió la adaptación de la sociedad a las condiciones cambiantes.

Si bien lentos en su devenir, muchos cambios fueron drásticos, dos en particular: de un lado la formación del embalse y con él la desaparición de biotopos terrestres y anfibios con sus recursos (el

tramo alto del brazo Aña Cuá, esteros, embalsados, riachos, bosques riparios, etc., de la isla Yacyretá y de la margen derecha), la formación de hábitats sin antecedentes regionales (v. gr. el embalse mismo, áreas con sobresaturación de gases) y de otra parte, la formación de una barrera física para las migraciones de peces del sistema Paraná.

Este último aspecto tiene implicaciones fundamentales para este estudio, por cuanto que el tramo bajo del brazo Aña Cuá a partir del cierre de la presa (posiblemente desde la época de construcción de la ataguía y de la presa misma) funciona como una callejón sin salida, donde muchos peces migratorios se concentran buscando paso hacia los tramos altos del río. Esta especie de trampa ha permitido el florecimiento en el tramo bajo del brazo de una importante actividad pesquera comercial y deportiva y de los servicios asociados a éstas.

Estos desarrollos quizás poco significativos en un contexto nacional y aún regional, son fundamentales en la escala local y están ahora amenazados por la nueva etapa del desarrollo de Yacyretá.

Cambios adicionales previstos en el BAC

El proceso de instalación de las turbinas se inició en agosto de 1994 y concluyó en junio de 1998, fecha a partir de la cual la CHY entró en plena operación. Los caudales turbinados aumentaron paulatinamente de 400 m³/s, al inicio de la operación en septiembre de 1994, hasta ca.

11.500 m³/s a finales de 1997 (línea roja, figura 3.) y con ellos la alteración hidrológica del BAC (línea azul rey, figura 3.).

Para mediados de 1998 se estimó llegar al caudal máximo turbinable (13.500 m³/s a 14.200 m³/s según estén operando 19

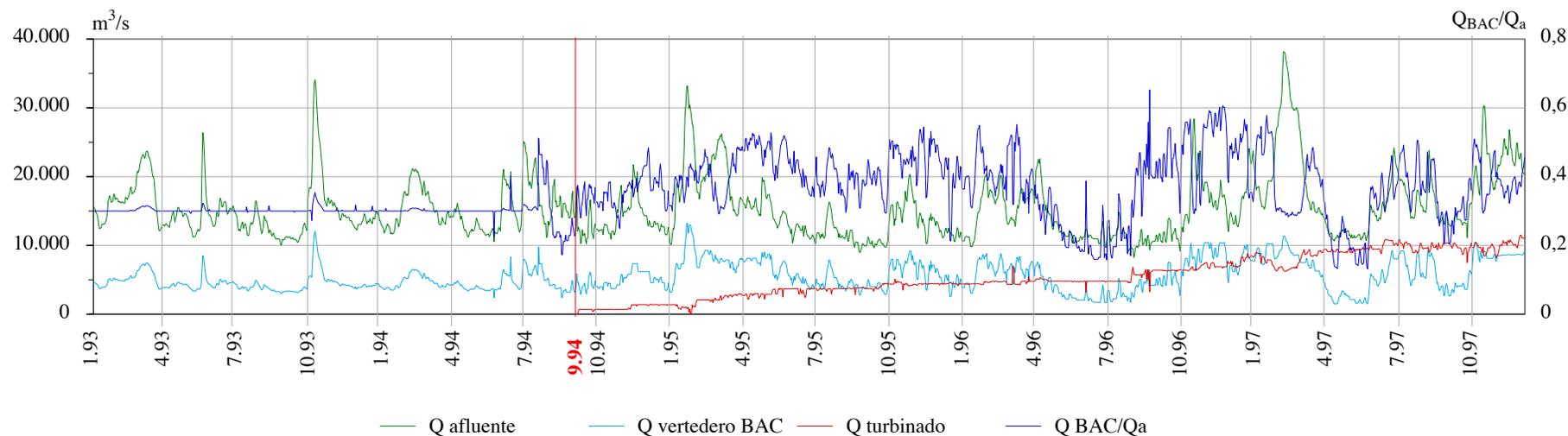


Figura 3. Efectos de la entrada gradual en operación de la central hidroeléctrica de Yacyretá (en septiembre de 1994) sobre los caudales del BAC. La proporción de 1/3 predominante antes de dicha fecha es alterada por la operación de la central. Gráfica elaborada con datos suministrados por Hidrología, Departamento Técnico de EBY, marzo de 1998

ó 20 unidades de generación¹). A partir de entonces se esperaría el inicio de un nuevo ciclo de cambios en el brazo Aña Cuá, i.e., un estiaje prolongado anual, superior a los 3-4 meses en promedio antes de la construcción de la central, y mucho más drástico, con descensos de los niveles del río hasta ca. 2 m.

Esta reducción será aún más prolongada cuando el embalse alcance su nivel definitivo a cota 83, para tal situación los

¹ Las reglas de operación de la CHY preveían una turbina en mantenimiento y 19 en funcionamiento. Sin embargo, la operación actual promedio procede con sólo 18 turbinas en operación, 2 en mantenimiento y varias de ellas operadas en modo de *regulación primaria de frecuencia* (RTF), lo cual permite liberar al BAC 1.300 m³/s (700 por disponibilidad y 600 por RTF). (Ing. M. Cardinali, DT/EBY. 19.11.98. Comentarios a la versión preliminar de este informe final).

caudales turbinables pueden alcanzar 15.500 a 16.300 m³/s y el período de sequía en el BAC superaría los 10 meses todos los años².

No sólo por lo paulatino del proceso de instalación de las turbinas, si no además por las condiciones de aguas altas –impeprantes desde la primavera austral de 1997 hasta el otoño austral de 1999, período ENSO– la reducción drástica de caudales en el Aña Cuá no se ha dado aún, figura 4. En el primer semestre de 1998 se tuvieron en toda la cuenca del Plata niveles cercanos a los máximos históricos como consecuencia de las abundantes lluvias en la cuenca alta del Paraná y de las sudestas (mar de leva inducido por los alisios).

² EBY analiza actualmente la viabilidad técnica, financiera, ambiental y socio-económica de llevar el embalse a cota 83 (Ing. M. Perayre H., DOC/EBY. 9.5.99. Carta a coordinador grupo consultor).

La alteración hidrológica del BAC (caudales y niveles reducidos la mayor parte del año y fluctuaciones netas mayores a las antecedentes y a las actuales) deriva en consecuencias sobre los recursos acuáticos y terrestres (recursos pesqueros, estabilidad y productividad de los humedales y otros biotopos anfibios, etc.) y éstas a su vez inducen inestabilidades e insatisfacciones en el sistema social (mayor incertidumbre de caudales y niveles, reducción de accesibilidad de los recursos pesqueros, etc.) que ha estado en un acelerado proceso de acoplamiento a un ambiente cambiante.

La eliminación o reducción de estas consecuencias implica la derivación de caudales destinados a la generación durante los períodos críticos todos los años y conllevan reducciones en los ingresos esperados de la EBY en función del caudal sacrificado, de la época del año en la cual

dichos caudales son derivados y de las condiciones del mercado energético (demandas, mercados, precios, etc.).

En la actualidad la EBY dispone de una solución transitoria, consistente en la erogación al BAC de 1.500 m³/s, denominada caudal *mínimo "ecológico"*. Sin embargo, como se dijo, esa opción no ha sido aún utilizada y los costos implícitos no han sido causados³.

³ En abril de 1997 se condujeron ensayos en el BAC, cerrando vanos del vertedero hasta alcanzar caudales cercanos al mínimo "ecológico", situación que se permitió continuar por varios días (ver figura 4.); estos ensayos fueron documentados fotográficamente por el DOC de la EBY, para apreciar las consecuencias sobre la infraestructura en las dos márgenes del brazo (fotos 1 a 16b, pp. 3-6).

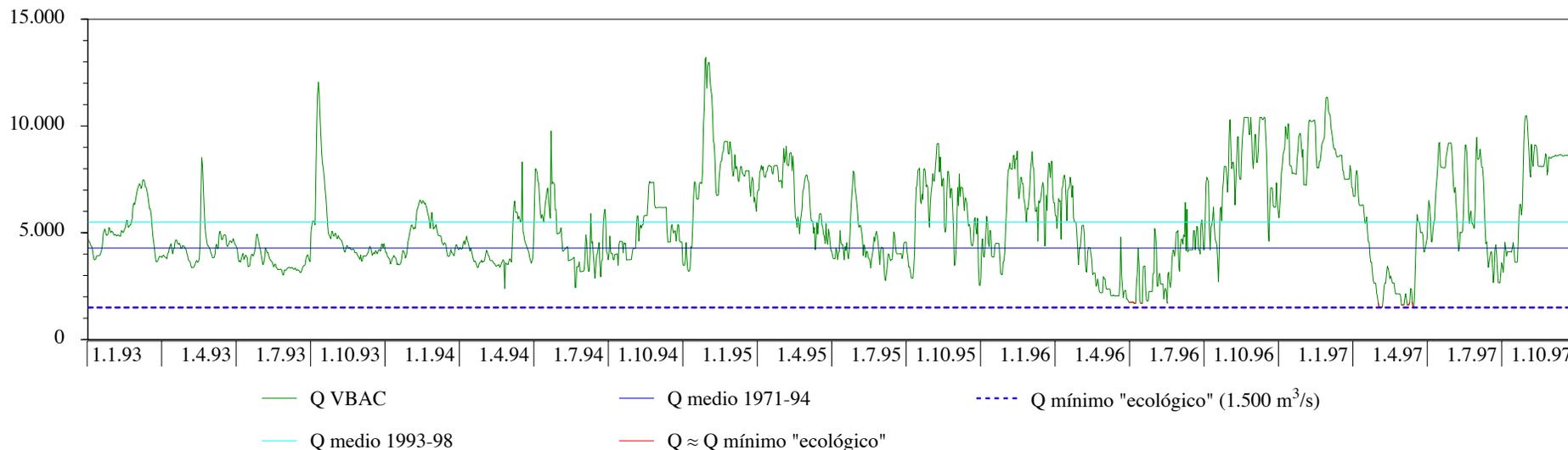


Figura 4. Descargas m³/s por el vertedero del brazo Aña Cuá desde enero de 1993, las líneas rojas corresponden a los episodios de caudales cercanos al mínimo "ecológico" de 1.500 m³/s. Datos suministrados por Hidrología (Departamento Técnico, EBY), marzo de 1998

interacción BAC-CHY 20
hipótesis fundamentales 21

IV Dinámica de la problemática del BAC

Dinámica de la problemática del BAC

Interacción BAC - CHY

Los enunciados anteriores respecto de la problemática del Aña Cuá se esquematizan en la figura 5. El diagrama de causalidad ilustra cómo la construcción de Yacyretá y su fase de operación temprana (a capacidad baja y media) contribuyeron a la generación del actual status social, económico y cultural de la margen derecha del BAC (procesos inscritos en el polígono punteado); cómo la operación prevista para el futuro interfiere, i. e., retarda o acelera procesos existentes o genera interacciones adicionales asociadas al desarrollo y sostenimiento de los sistemas naturales y culturales del BAC (procesos inscritos en el polígono de líneas discontinuas - - -); y por último cómo los dos tipos de soluciones previstas se articulan a los procesos actuales.

Las flechas indican la dirección (causa-consecuencia) y el color el tipo de interacción, **verde** es *estimulante* y **rojo** es *retardante* del proceso resultante y de los que de él se derivan. El color de la flecha no indica el valor social o económico del resultado ni su magnitud.

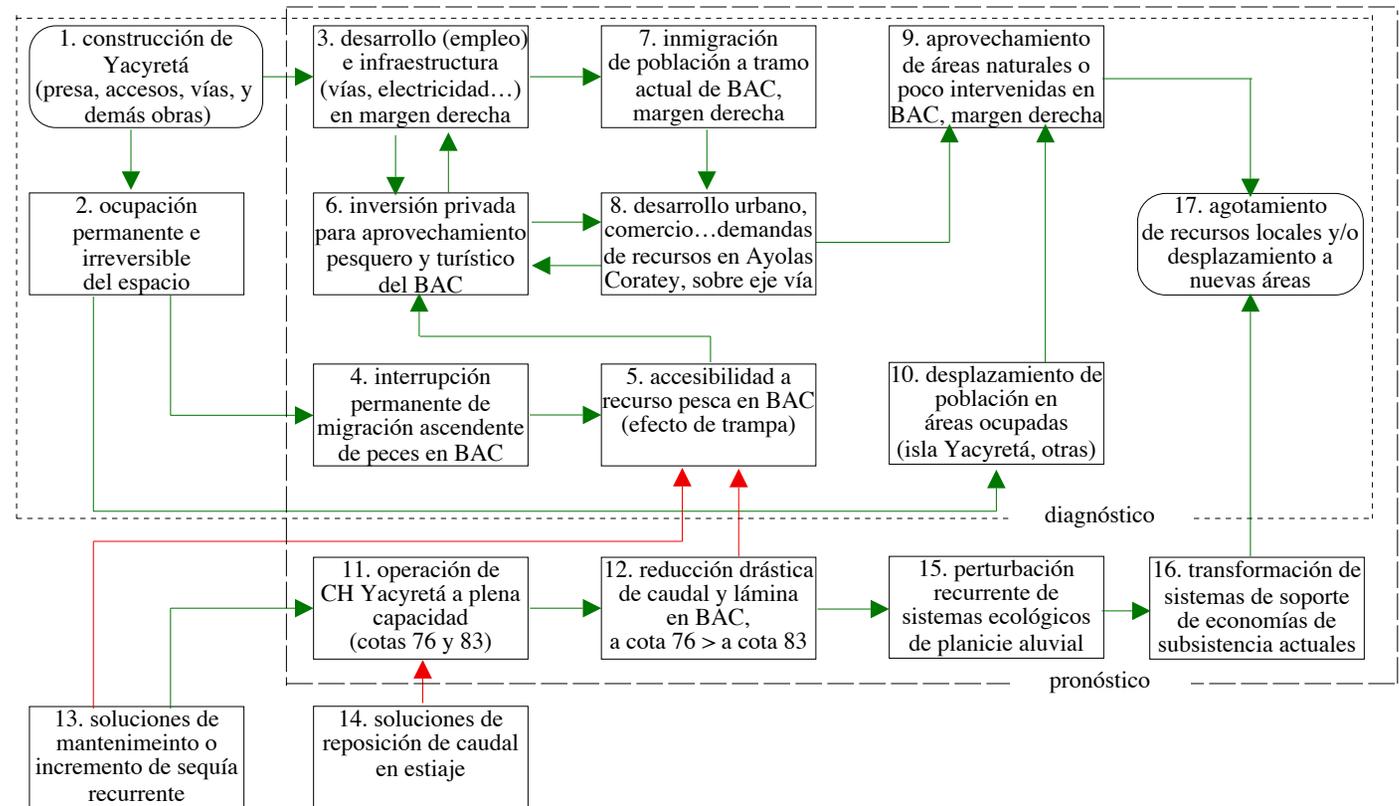


Figura 5. Interrelaciones de los elementos del sistema BAC - CHY.

Diagnóstico

El punto de partida es el proceso constructivo de Yacyretá [1] que por una parte dió origen a la ocupación permanente del espacio [2] y por otra estimuló el desarrollo de la margen derecha del BAC mediante la generación de empleos temporales y la construcción de infraestructura [3], esta situación a su vez indujo un flujo migratorio a la región [7].

Las obras permanentes desplazaron a la población asentada en la isla Yacyretá [10] la cual fue relocalizada en la margen derecha, donde inició la transformación de áreas poco intervenidas [9].

La presa interrumpió permanentemente las migraciones ascendentes de peces [4] y el BAC fragmentado se constituyó en una trampa para los individuos adultos durante las migraciones anuales, tornándose en un recurso de fácil acceso [5] que

permite el florecimiento de las pesquerías comerciales [6].

Esta condición, aunada a las nuevas vías, al mejoramiento de las existentes [3] y al desarrollo urbano incipiente en Ayolas [8], estimulado además por la gran afluencia de dinero circulante de EBY y sus contratistas, indujeron un desarrollo turístico centrado en el aprovechamiento pesquero deportivo [6] que actualmente refuerza el ciclo de desarrollo local en

Ayolas [3, 7, 8] y ejerce demandas adicionales de bienes y servicios y el ulterior aprovechamiento de otros recursos [9] en la región.

El proceso así consolidado en la región de Ayolas, desde la presa del BAC hasta Coratey, puede eventualmente conducir a un sobreexplotación de los recursos locales y una vez agotados estos, inducir emigración a otras áreas no intervenidas o a centros urbanos cercanos, v. gr. Encarna-

ción, [17], situación a la cual aún no se ha llegado. La orientación y el control de este proceso de crecimiento y desarrollo es función de las políticas regionales y nacionales y de los estilos de desarrollo auspiciados por el estado, por tanto está por fuera del marco de análisis de este estudio¹.

Hasta aquí el diagrama de causalidad sintetiza la evolución de la situación antecedente y actual, i.e., refleja el diagnóstico de la interacción BAC-CHY.

Pronóstico

Sin manejo ambiental. La segunda parte del diagrama, descrito a continuación, plantea el pronóstico de los cambios esperados a partir de la conclusión de las obras de la CHY y su entrada en operación a plena capacidad.

La operación de Yacyretá a plena capacidad a partir de 1998 [11], implica períodos recurrentes anuales de estiaje prolongado en el BAC² [12], con el consecuente deterioro de los biotopos terrestres de la

1 De facto, tanto la EBY como las agencias de manejo de los recursos naturales en Paraguay y Argentina consideran prioritario este aspecto; v.gr., actualmente adelantan conjuntamente estudios tendientes al diseño de estrategias para aprovechamiento perdurable del recurso pesquero en el BAC y en el embalse.

2 Es la situación esperada si no se adoptase un plan de manejo; sin embargo EBY tiene el compromiso de liberar al BAC durante el estiaje un caudal no inferior a 1.500 m³/s (mínimo "ecológico"). Esta es justamente una de las opciones de manejo a evaluar junto con la situación "cero" (operación sin reposición de caudales al BAC).

planicie aluvial [15] y su repercusión sobre las economías de subsistencia en ellos basadas [16].

Por otro lado, los bajos caudales impiden el ingreso de los peces migratorios al BAC y con ello se reduce la accesibilidad actual al recurso pesquero [5]; esta situación afecta tanto a las economías de subsistencia [16] en el brazo, como las del sistema urbano de Ayolas

La inestabilidad social rural y urbana derivada no revierte los procesos del sistema económico local [3, 7, 8], sino que conduce a una depredación de los recursos locales y al eventual desplazamiento de los productores primarios [17].

Con soluciones para manejo. Finalmente, el diagrama articula las opciones de manejo disponibles. Para simplificar, estas se agrupan en dos, aquellas que tienen como fundamento un mantenimiento o intensificación de la sequía recurrente [13] y las que conllevan la reposición de caudal y lámina en estiaje [14].

No hay soluciones óptimas; claramente el emprendimiento hidroeléctrico compite con la función ecológica y social del BAC actual. Las soluciones de mantenimiento o incremento de la sequía [13] favorecen la función de la EBY, i.e., maximizan la generación de energía [11] y sustentan el ciclo de consecuencias ambientales negativas descrito arriba.

Las soluciones de reposición de caudal [14] tienen el efecto contrario, reducen la eficiencia financiera de la EBY y disminuyen las consecuencias ambientales negativas.

Hipótesis fundamentales de la relación BAC - CHY

El diagrama de causalidad descrito anteriormente contiene un número alto de hipótesis en los tres escenarios:

- antes de la operación plena de Yacyretá (situación heredada y actual),
- a partir de la entrada en operación plena, en ausencia de un plan de manejo y
- a partir de la entrada en operación plena, con alternativas de manejo

Las hipótesis fundamentales del diagrama se resumen en el siguiente conjunto:

Hipótesis del diagnóstico

1. Las actividades de construcción de la CHY indujeron un flujo migratorio a la región de Ayolas y un cambio en los sistemas de producción locales.
2. La construcción de la CHY indujo cambios en la accesibilidad y niveles de aprovechamiento de los recursos, de una parte en la pesca –mediado por el efecto de trampa del brazo– y de otra en el paisaje y los biotopos de la isla de Yacyretá y de la margen derecha del BAC, derivados del mejoramiento de la red vial.

3. El aumento poblacional, aunado a la mayor disponibilidad y acceso de los recursos (hipótesis 1. y 2.) generaron un desarrollo local permanente, sustentado en el aprovechamiento de recursos pesqueros y paisajísticos

4. La consolidación del proceso de desarrollo propio en la región de Ayolas aumentó los deterioros localizados de los biotopos naturales y su reemplazo por mosaicos de usos.

Hipótesis del pronóstico

5. Se espera un cambio ecológico directo derivado de la operación a plena capacidad de la CHY (sin plan demanejo) y está relacionado con el deterioro paulatino de los biotopos de la planicie aluvial proximales a la margen derecha del BAC.

6. El mantenimiento de las condiciones actuales implica pérdidas financieras para la EBY en función del caudal derivado al BAC (6a.); recíprocamente, la minimización de éstas genera pérdidas al sistema social del BAC (6b.).

La seis hipótesis anteriores constituyen la materia del próximo capítulo.

	diagnóstico	23
1	inmigración y cambios en sistemas productivos	23
2	accesibilidad de recursos y aprovechamientos nuevos	24
3	ciclo de desarrollo permanente en Ayolas	25
4	deterioro de recursos naturales en Ayolas	26
	pronóstico	29
5	deterioro paulatino de recursos en la planicie aluvial	29
	6a pérdidas financieras para EBY	31
	6b pérdidas para el sistema social del BAC	34

V Verificación de la dinámica

Verificación de la dinámica

En las páginas anteriores se enunció la problemática de la relación BAC - CHY y se tradujo a un diagrama de relaciones causales con el fin de establecer las hipótesis básicas del funcionamiento actual y esperado del BAC, tal como es influenciado por la operación de Yacyretá.

En este capítulo se sintetiza la información acopiada y analizada por el grupo consultor que permitió validar dichas hipótesis y por consiguiente el modelo propuesto del diagrama de causalidad.

Tal como se explicó en la metodología, la evidencia para sustentar estas hipótesis es básicamente de carácter secundario, principalmente la extensa información documental suministrada por la EBY. Observaciones no sistemáticas llevadas a cabo en la región por parte del grupo consultor, en particular sobre aspectos sociales y de uso de recursos, permitieron corroborar también algunas de las hipótesis planteadas. La información de soporte que se cita a continuación es la presentada por cada uno de los consultores en los anexos a este informe, donde se encuentra una discusión más amplia.

Diagnóstico

1 Inmigración y cambios en los sistemas productivos

Las actividades de construcción de la CHY indujeron un flujo migratorio a la región de Ayolas y un cambio en los patrones de ocupación y en los sistemas de producción locales.

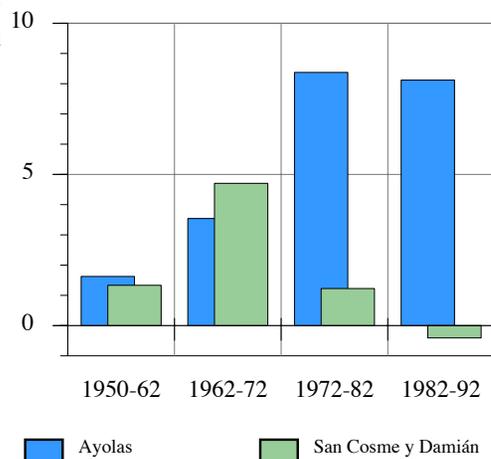


Figura 6. Tasas de crecimiento anual intercensal en Ayolas y San Cosme y Damián. Fuente: Bernalt, 1998, Anexo IV

Inmigración. Las tasas de crecimiento anual netas en Ayolas, donde está localizada la Villa Permanente de la EBY, pasaron de 1,6 en el período 1950-1962 –valores menores a la tasa de crecimiento vegetativo nacional, indicadoras de una tendencia a la emigración– a valores superiores al 8% anual a partir de la iniciación del desarrollo de Yacyretá en 1973. En contraste, la población de San Cosme y Damián, localizada aguas arriba de la presa de Yacyretá y que cedió extensas áreas para el embalse, incluso presentó tasas anuales negativas en el período intercensal 1982-1992, ver figura 6. (Anexo IV, Bernalt, 1998).

En el período intercensal 1972-1982 Ayolas experimentó un crecimiento neto del 123% (Anexo IV, Bernalt, 1998). Durante este decenio se llevaron a cabo los estudios del emprendimiento y se lograron los mayores avances en la construcción de las obras.

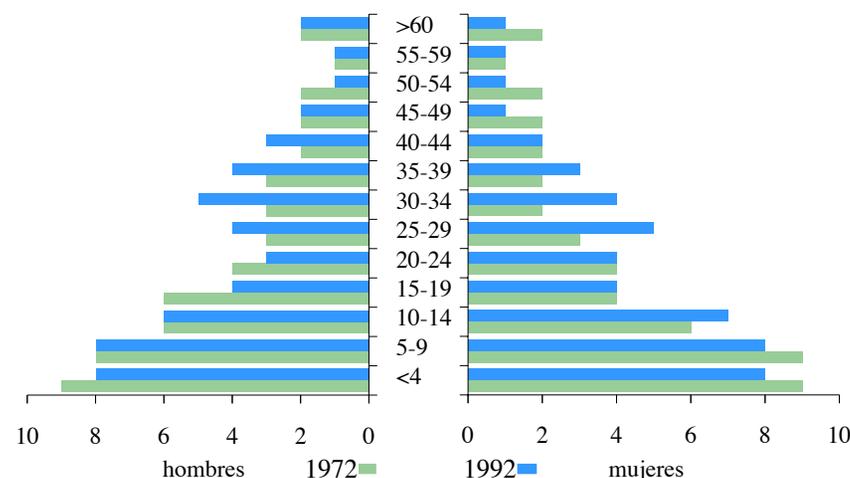


Figura 7. Composición porcentual por sexo y edades de la población de Ayolas en 1972 (antes de la construcción de la CHY) y en 1992, antes de iniciar el llenado del embalse. Fuente: Bernalt, 1998, Anexo IV

Este crecimiento fue fundamentalmente urbano, la relación urbano/ rural pasó de 50,5% en 1982 a 71,4% en 1992; aún así, el crecimiento absoluto de población en la zona rural fue alto, 2.903 personas en 1982, vs. 3.661 en 1992 (Anexo IV, Bernalt, 1998).

Por otra parte, el flujo migratorio fue fundamentalmente de familias jóvenes, activas en el mercado laboral. Las pirámides de edades de la figura 7. muestran un aumento entre 1972 y 1992 en la proporción de las clases etarias entre 25 y 40 años, con pequeñas diferencias entre los sexos. La proporción de las clases etarias infantiles y juveniles es relativamente constante en los dos censos. (Anexo IV, Bernalt, 1998)

Cambios en los patrones de empleo. Aunado al rápido crecimiento poblacional de Ayolas ocurre otro fenómeno demográfico consistente en el cambio en los patrones de ocupación de la pobla-

ción. En primer lugar, como se dijo, aunque la población rural creció en términos absolutos, la mayoría de la población de Ayolas pasó a ser urbana. Este cambio es debido básicamente a la alta oferta de empleo que el desarrollo de Yacyretá brindó.

En el Anexo IV, Bernalt 1998 presenta datos comparativos para 1972, antes de iniciarse la construcción de Yacyretá y 1992 cuando la gran mayoría de las obras civiles habían concluido. Durante el período de 20 años el crecimiento anual de ciertas ocupaciones fue vertiginoso, con tasas superiores al 10% anual; tanto por el aumento del número absoluto de puestos de trabajo como por las altas tasas de crecimiento anual se destacan las construcciones, los servicios generales y el comercio.

Esto contrasta con un decrecimiento neto en el número de personas dedicadas a las actividades primarias (agricultura, gana-



Figura 8. Cambios en los niveles y tipos de ocupaciones de la población económicamente activa de Ayolas. Los valores de la derecha son las tasas de crecimiento anual de cada categoría.
Fuente: Bernalt, 1998. Anexo IV

dería, caza y pesca); durante el período 1971-92 la actividad disminuyó en 576 personas (25%), ver figura 8., presumiblemente por migraciones intraregionales campo-ciudad, Bernalt, 1998, Anexo IV.

Estos registros consolidados enmascaran la predominancia de las economías familiares de subsistencia en la región del BAC, hecho que pudo ser corroborado en

entrevistas informales en Atinguy, isla Yacyretá y otras localidades.

La subsistencia de las familias campesinas del BAC se basa en una combinación de actividades desarrolladas por miembros diferentes de la familia, algunos de los cuales pueden no residir en la zona: No hay exactamente una división del trabajo, aunque se dan algunos patrones.

- *agricultura* (maíz, mandioca, caña de azúcar, algodón y frutales) y *cría* de cerdos y aves de corral en pequeñas parcelas, Bernalt, 1998, Anexo IV
- *pastoreo/ramoneo* de pequeños rebaños de vacunos en áreas muy extensas que normalmente no pertenecen al dueño de los ganados, Bernalt, 1998, Anexo IV
- *cacería* (venados, carpinchos, patos, yacaré...) para carne y posiblemente en menor grado para piel, Bernalt, 1998, Anexo IV

- *pesca artesanal* (sábalo, pacú, dorado, etc., más de 30 spp comerciales importantes), Quirós, 1998, Anexo I; Bernalt, 1998, Anexo IV

- *otras actividades extractivas* (leñateo, madera, fibras, frutos silvestres...), Acevedo, 1998, Anexo II; Bernalt, 1998, Anexo IV

- *jornaleo o empleo temporal* (en haciendas, comercios, residencias, pequeñas industrias, con EBY y sus contratistas, etc.) Bernalt, 1998, Anexo IV

- *remesas* de miembros de la familia que han emigrado a ciudades grandes en Paraguay, Argentina o Brasil y trabajan en labores domésticas o que requieren poca

escolaridad (jardinería, aseo y limpieza, guardias, etc.), Bernalt, 1998, Anexo IV

- *venta de excedentes* de agricultura, pesca, cacería, ganadería, etc., Bernalt, 1998, Anexo IV

La contribución porcentual de cada fuente o actividad a la autosuficiencia familiar varía, no sólo espacialmente (v.gr., las familias de la isla vs. las familias más cercanas a Ayolas, los pescadores del aº Atinguy vs. los de Coratey, etc.), si no también a lo largo del año (p. ej., los recursos pesqueros o mejor la accesibilidad a ellos varía a lo largo de año; los empleos temporales son también en ocasiones estacionales, v.gr., los asociados al turismo), sin embargo esto no está bien documentado ni para el BAC ni para otras áreas de Yacyretá.

2. Accesibilidad de recursos y aprovechamientos nuevos

La construcción de la CHY indujo cambios en la accesibilidad y niveles de aprovechamiento de los recursos, de una parte en la pesca –mediado por el efecto de trampa del brazo– y de otra en el paisaje y los biotopos de la isla de Yacyretá y de la margen derecha del BAC, derivados del mejoramiento de la red vial.

Recursos pesqueros. No se posee información sobre la comunidad de peces del tramo actual del BAC (presa–confluencia con el brazo San José Mi), previa al cierre del río ni antes de la entrada en operación de la CHY; sólo a partir de mayo de 1997 se ha iniciado una evaluación sistemática del recurso pesquero en el BAC; Quirós, 1998, Anexo I.

Sin embargo, con la información generada por diversos investigadores en 5 evaluaciones dentro del sistema Paraná, realizadas entre 1987 y 1997, tanto en la zona de embalse, como aguas abajo de la presa, antes y después del cierre del río y con posterioridad a la iniciación de la operación de la CHY, se pueden establecer las siguientes afirmaciones:

1. La diversidad de especies de peces del sistema del Paraná en Yacyretá, aguas abajo del embalse es alta (más de 120 especies) y no ha cambiado en relación con la situación antes del cierre del río, aunque en 1997 se reportaron en aguas lóxicas dos especies propias del embalse (*Hypophthalmus edentatus* y *Parapimelodus velenciennesi*) y dos exóticas a la cuenca del Paraná (*Cichla ocellaris* y *Plagioscion squamisissimus*). Quirós, 1998, Anexo I.

2. La especie más numerosa en las faenas experimentales de pesca es la sardina de río (*Hemiodus orthonops*); el sábalo (*Prochilodus lineatus*) representa del 50 al 60% de la biomasa, seguido por la boga (*Leporinus obtusidens*), el dorado (*Salminus maxillosum*), y los armados (*Oxydoras* sp, *Pterodoras* sp). Esta situación es semejante a la reportada antes del cierre del río. Quirós, 1998, Anexo I.

3. La presa principal y la del BAC impiden las migraciones ascendentes de primavera–verano y las fuertes corrientes de las descargas al pie de presa, tanto de las turbinas como de los vertederos, atraen los individuos de especies migratorias, particularmente los adultos y estimulan así la concentración de una gran cantidad de adultos reproductivos, ca. 1-2·10⁶ individuos/ha. Estas densidades se reducen

Cuadro 1. Personas dedicadas a la pesca en el sector del BAC en 1998

localidad	n° personas
San Cosme	200
Atinguy	137
Villa María Graciela	*
Ayolas antigua	210
Isla Yacyretá	47
otras islas del BAC	53
Coratey	100
Yabebyry	*
total	747
total sin San Cosme	547

* sin información

Fuente: Bernalt 1998, Anexo IV

drásticamente (hasta $1 \cdot 10^3$ - $1 \cdot 10^4$ individuos/ha) con la distancia a la presa y aparentemente también con las disminuciones de descarga (Quirós, 1998, Anexo I)¹.

La alta diversidad de especies que aún persiste, las altas concentraciones de peces grandes asociadas a las descargas y la imposibilidad de continuar las migraciones, convirtieron al BAC en un área excepcionalmente rica en pesca con posterioridad al cierre del río (Quirós, 1998, Anexo I; Bernalt, 1998, Anexo IV). Se debe resaltar que el cambio ha sido uno de accesibilidad del recurso (i.e., concentración espacial y temporal) y no de la magnitud del mismo.

Consecuentemente, a lo largo del BAC se ha desarrollado una actividad pesquera de

¹ Éstas equivalen a biomasa ca. 1.000.000 - 2.000.000 kg/ha en las áreas próximas y de 1.000 a 10.000 kg/ha en las áreas distantes de la presa; cálculo basado en pesos medios de especies del BAC tomados de FCV UN, 1997 (citado por Quirós, 1998, Anexo I).

tres tipos: deportiva (dorado y otras especies de gran tamaño), comercial (sorubí, pacú) y de subsistencia (las anteriores más sábalo, sardinas, bogas, etc.). La importancia relativa de cada tipo varía a lo largo del año y en las diferentes localidades (Bernalt, 1998, Anexo IV).

Bernalt, con base en entrevistas y encuestas informales (Bernalt 1998, Anexo IV), estima que ca. 1.000 personas están vinculadas a las faenas de pesca en el tramo presa BAC-Coratey, ver cuadro 1.

La información cuantitativa sobre la actividad pesquera actual y antecedente es escasa. Sin embargo, Bernalt (1998, Anexo IV) presenta algunos datos que permiten establecer grosso modo la importancia de la pesca comercial en el BAC (ver cuadro 2.)². Con base en estos valores se estima que los ingresos brutos anuales de un pescador comercial pueden alcanzar entre US\$8.931 y US\$14.290³.

La pesca como actividad económica primaria genera además en Ayolas otras actividades que ocupan un número indeterminado de personas: comercio (provisión de aparejos y artículos de pesca, comidas,

² Los valores presentados son simples cálculos, pues los datos disponibles están agregados y no permiten calcular medias, varianzas ni diferencias a lo largo del año o por localidades.

³ El cálculo no tiene en cuenta los costos de producción (transporte, bote, motor, combustibles, aparejos, depreciación de equipos, impuestos, seguros...), por tanto los ingresos netos pueden ser sensiblemente menores. A pesar de esto, la cifra es significativa; Bernalt (1998, Anexo IV) estima en US\$3.700 los ingresos anuales de una familia campesina, en la cual 2 ó más miembros son proveedores.

Cuadro 2. Información para evaluación de la importancia de la pesca en el BAC

actividad pesquera*	
horas de pesca/día	10
días de pesca/año	178
n° embarcaciones de pescadores	69
proporción comercial	54
proporción deportiva	15
proporción de subsistencia	31
captura diaria por canoa*	
ejemplares	103
kilogramos	185
precio en puerto (Gs/kg en 1998)**°	
enero 98	2.500
abril 98	4.000
valor pesca comercial†	
esfuerzo (días hombre)	13.324
captura (kg·10 ³ /año)	1.232
valor en puerto (US\$·10 ³)	1.972
rendimiento (US\$/jornada)	50,2
	80,3
ingresos anuales por pesca	8.931
comercial por pescador(US\$)	14.290

* datos tomados de Bernalt, 1998, Anexo IV

† cálculos aritméticos para este informe

° US\$1 = 2.500 Gs en 1998

bebidas, combustibles); movilización y transporte (lanchas, camionetas, vehículos refrigerados); fabricación artesanal de botes y canoas y servicios varios (lancheros, baquianos, guías, mecánicos de motores fuera de borda, administración de hospedajes, colectores de carnadas, etc.), Bernalt, 1998, Anexo IV.

Aprovechamiento nuevo de recursos existentes

El turismo es un sector económico creciente, estrechamente relacionado con el florecimiento de la actividad pesquera en

Ayolas. Esta no es exclusiva de los habitantes locales; por el contrario, la gran mayoría de los pescadores comerciales y deportivos son forasteros (50% brasileños y 40% de Asunción). Entre 4.000 y 6.000 visitantes por año (equivalente a ca. 25-45% de la población residente) se trasladan a Ayolas para dedicarse a la pesca (Bernalt, 1998, Anexo IV).

Por otra parte, el clima placentero, los variados paisajes del BAC (el río, las islas, el arroyo Atinguy, etc.), las extensas áreas naturales con abundante caza (v. gr., el humedal de Neembucú), las obras de Yacyretá (presa, vertederos, etc.), otros sitios de interés asociados a la EBY (Villa Permanente, Vivero Forestal, Museo, Reservas de Vida Silvestre) y las crecientes actividades comerciales se han constituido en un atractivo para muchos visitantes cada año.

Esta afluencia la facilitan las vías carreteras que a partir de la construcción de Yacyretá comunican a Ayolas con Asunción y Encarnación y al puente sobre el Paraná, entre ésta y Posadas.

Los estimativos –en apariencia muy altos para una localidad del tamaño de Ayolas– varían entre ca. 12.000 a 30.000 personas anuales de diversas nacionalidades principalmente brasileños (57%) y japoneses (9%), (Bernalt, 1998, Anexo IV).

3. Ciclo de desarrollo permanente en Ayolas

El aumento poblacional, aunado a la mayor disponibilidad y acceso de los recursos (hipótesis 1. y 2.) generaron un desarrollo local permanente, sustentado en el aprovechamiento de recursos pesqueros y paisajísticos.

Durante el decenio 1972-82, las actividades de diseño y en particular de construcción de la CHY estimularon una inmigración importante y propiciaron la diversificación de las actividades productivas; a partir del cierre del río la pesca y el turismo a ella asociado comienzan a constituirse en el nuevo motor de la economía de Ayolas (Bernalt, 1998, Anexo IV). La Municipalidad de Ayolas no lleva registros del movimiento turístico ni estadísticas del mercado de peces; sin embargo, entrevistas y encuestas informales adelantadas por Bernalt, junto con la in-

formación documental revisada (1998, Anexo IV) permiten estimar los ingresos conjuntos de los 6 hoteles en más de US\$1.500.000 anuales y por otra parte establece que unas 1.200 familias (ca. 50% de la población) están vinculadas directa o indirectamente con la pesca y otras tantas al turismo.

4. Deterioro de biotopos naturales en la región de Ayolas

La consolidación del proceso de desarrollo propio en la región de Ayolas aumen-

tó los deterioros localizados de los biotopos naturales y su reemplazo por mosaicos de usos. El acelerado crecimiento poblacional de Ayolas, tanto por inmigración espontánea como por los reasentamientos inducidos por el proyecto, en particular de la isla Yacyretá, han traído como consecuencia la ampliación de las áreas de aprovechamiento agropecuario a expensas de los biotopos naturales: bosques sobre diferentes tipos de suelos y esteros. Acevedo, 1998, Anexo III.

Para la producción agrícola, principalmente de arroz, se utilizan los terrenos no inundables que se rotan con pasturas o se construyen pequeñas obras de riego y drenaje (taipas), para obtener rendimientos de 5.000 a 7.000 kg/ha; Bernalt, 1998, Anexo IV.

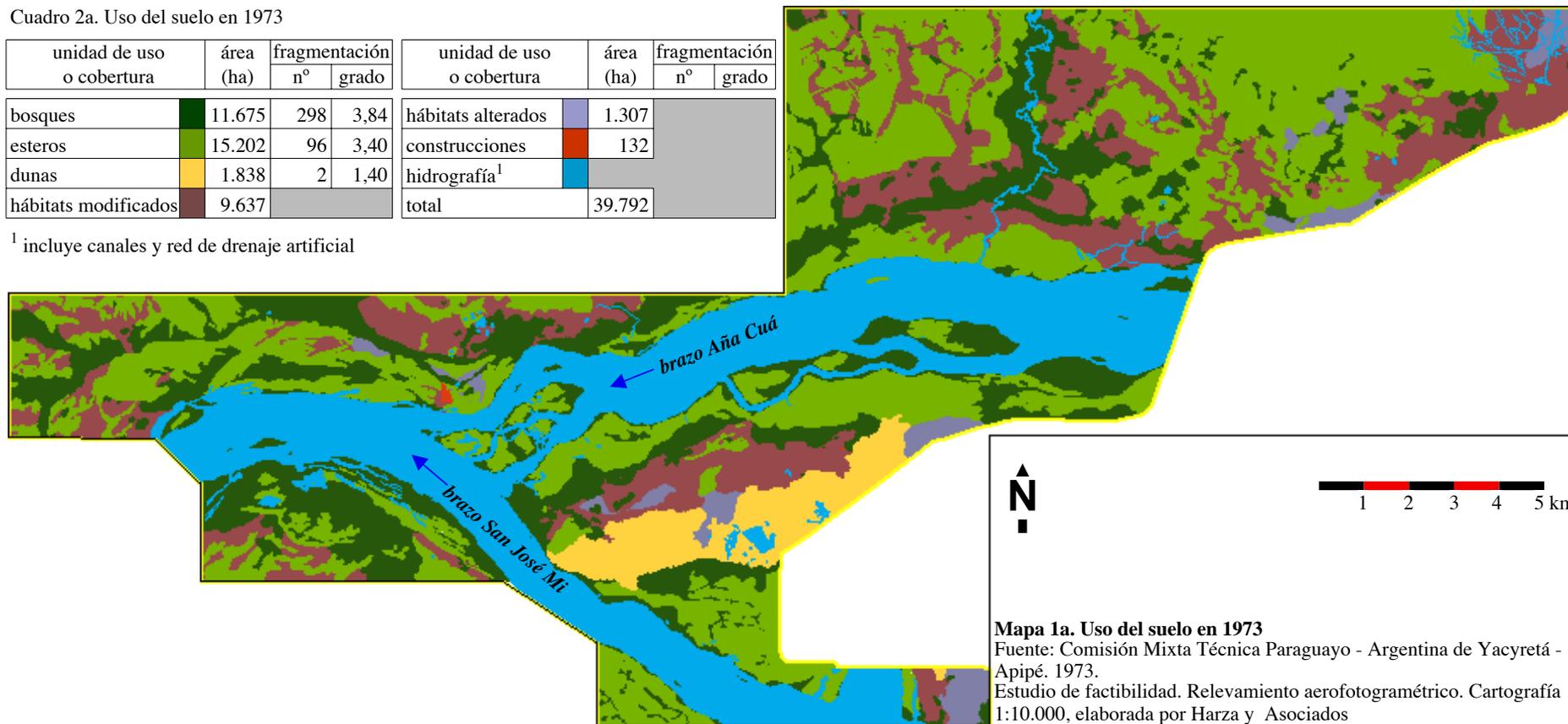
La ganadería es extensiva, de bajos rendimientos (4,8 ha/cabeza) y es el principal uso en términos de área.

No se cuenta con documentación acerca del uso del suelo antes de la construcción

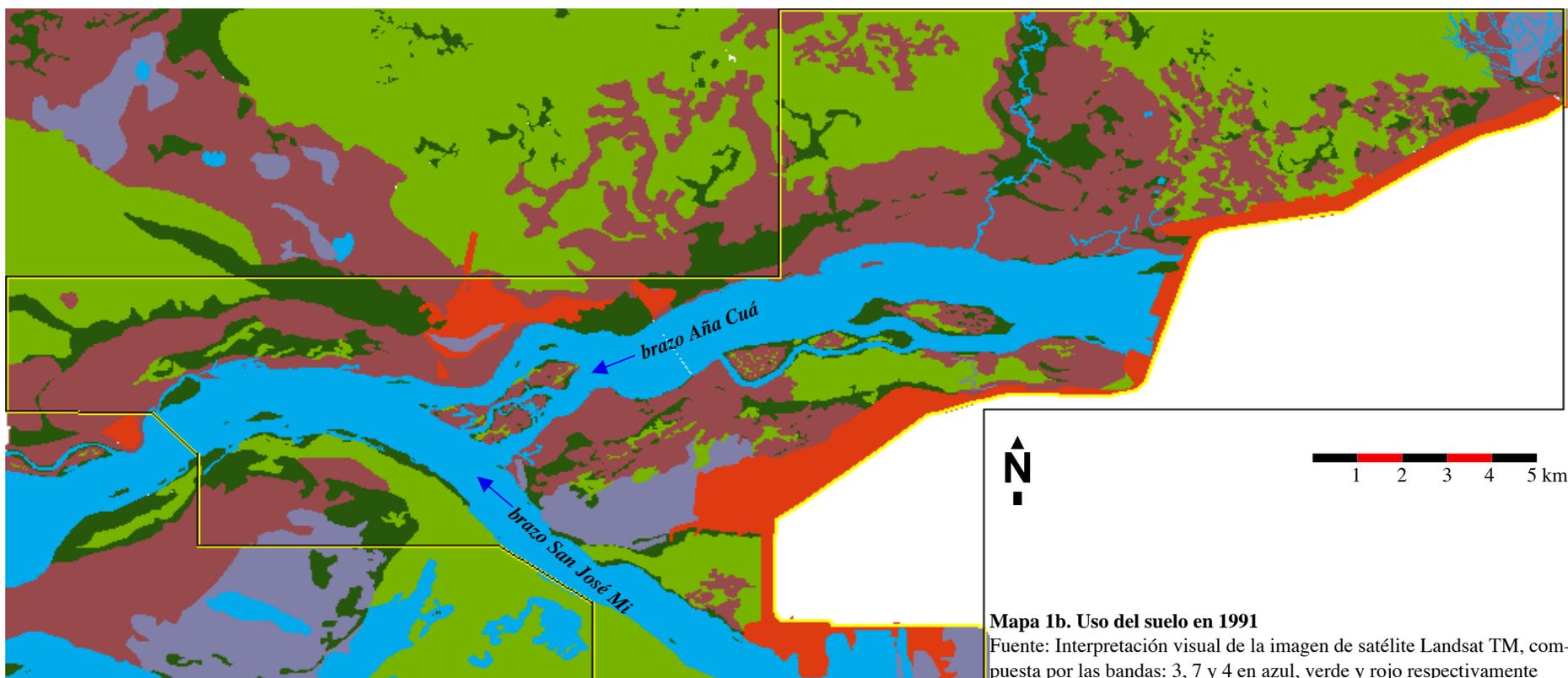
Cuadro 2a. Uso del suelo en 1973

unidad de uso o cobertura	área (ha)	fragmentación		unidad de uso o cobertura	área (ha)	fragmentación	
		nº	grado			nº	grado
bosques	11.675	298	3,84	hábitats alterados	1.307		
esteros	15.202	96	3,40	construcciones	132		
dunas	1.838	2	1,40	hidrografía ¹			
hábitats modificados	9.637			total	39.792		

¹ incluye canales y red de drenaje artificial



Mapa 1a. Uso del suelo en 1973
 Fuente: Comisión Mixta Técnica Paraguayo - Argentina de Yacyretá - Apipé. 1973.
 Estudio de factibilidad. Relevamiento aerofotogramétrico. Cartografía 1:10.000, elaborada por Harza y Asociados



Mapa 1b. Uso del suelo en 1991

Fuente: Interpretación visual de la imagen de satélite Landsat TM, compuesta por las bandas: 3, 7 y 4 en azul, verde y rojo respectivamente

de Yacyretá. Sin embargo, se tuvo acceso a cartografía detallada a escala 1:10.000, elaborada en 1973 por la firma consultora del diseño que cubre parcialmente la margen derecha del BAC actual y la totalidad de la margen izquierda; con base en ésta se preparó un mapa de uso y cobertura del suelo a escala 1:100.000 (mapa 1a). La distribución de áreas se presenta en el cuadro 2a.

Para la situación posterior al desarrollo de Yacyretá se elaboró una interpretación visual de la imagen de satélite Landsat TM de 1991, bandas 3, 7 y 4 y ésta se llevó a la cartografía de 1973, véase mapa

1b y cuadro 2b. La comparación⁴ diacrónica muestra una reducción del 23,2 % en las área de biotopos naturales: dunas, áreas con coberturas leñosas y esteros y un subsecuente incremento en las áreas antropizadas: hábitats modificados, dedicados a la ganadería extensiva, hábitats alterados, con predominancia de la agricultura y áreas con construcciones, estas últimas no están restringidas a las obras de Yacyretá sino al gran crecimiento ur-

⁴ Puesto que la cartografía disponible de 1973 no está completa, la contabilidad sólo se hizo sobre las áreas comunes a las dos fechas y localizadas aguas abajo de las presas, principal y BAC.

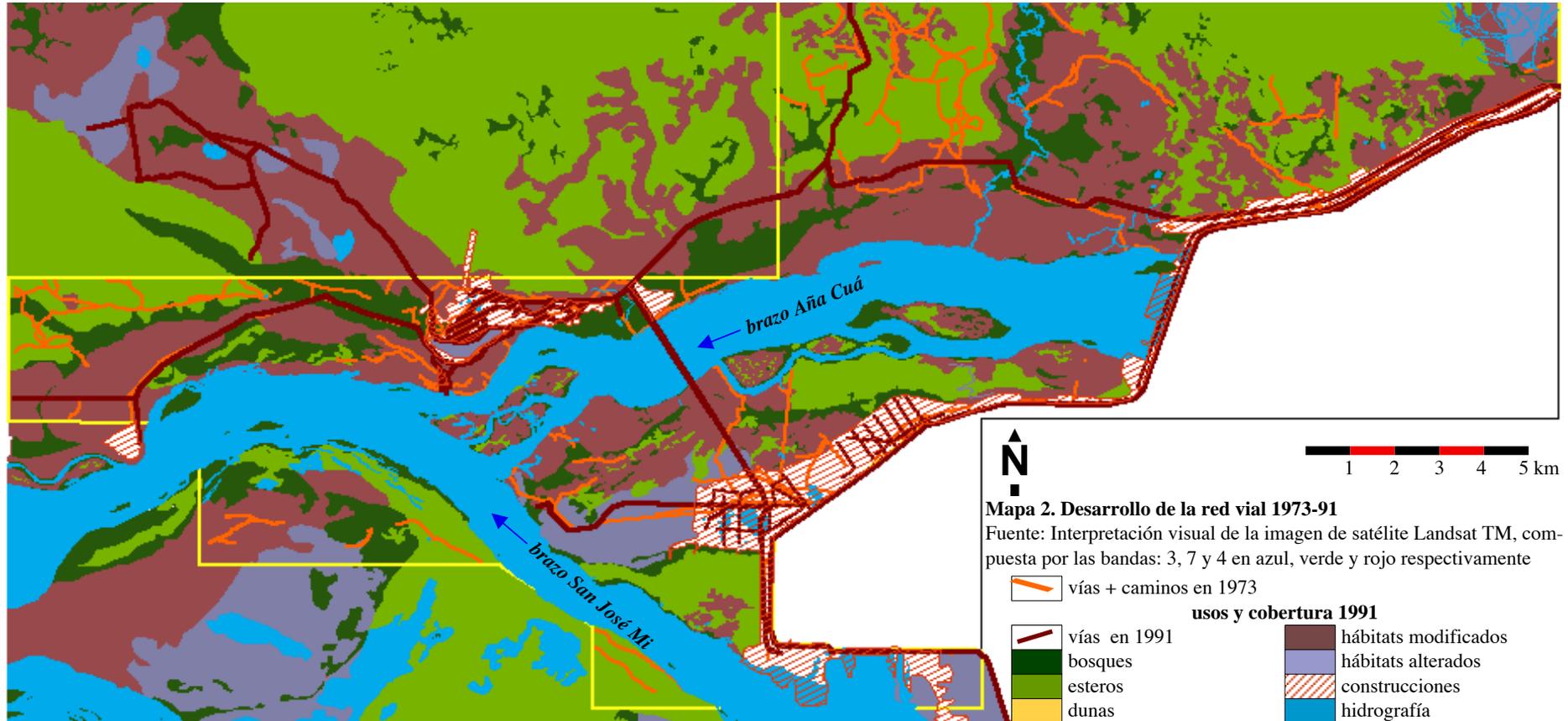
Cuadro 2b. Uso del suelo en 1991¹

unidad de uso o cobertura	área (ha)	fragmentación		unidad de uso o cobertura	área (ha)	fragmentación	
		n°	grado			n°	grado
bosques	8.027	176	3,02	hábitats alterados	2.057		
esteros	12.237	65	3,72	construcciones	4.001		
dunas	-			hidrografía ²			
hábitats modificados	15.066			total ³	41.390		

¹ los valores se refieren sólo al área comparable con 1973

² incluye canales y red de drenaje artificial

³ la diferencia en área total (< 5%) en relación con 1973 es debida a la disminución del área cubierta por la hidrología y a imprecisiones en la elaboración de la nueva cartografía.



bano de Ayolas que forma un cordón desde el puente sobre el BAC hasta el sector antiguo y la Villa Permanente.

Además de la reducción en área, los biotopos naturales, particularmente los bosques, fueron afectados por la fragmentación⁵, con posibles disminuciones de la diversidad de especies al aumentar el aislamiento inter-fragmentos. Entre 1973 y 1991 hubo una reducción neta en el nú-

mero de fragmentos de bosque y disminuyó la varianza en área, es decir los reductos boscosos se hicieron uniformemente más pequeños, ver figura 9. y leyendas de los mapas 1a. y 1b. Algo semejante, pero menos drástico ocurrió con los esteros.

Además del crecimiento urbano (Coratey y en especial Ayolas que pasó de ca. 12 ha en 1973 a ca. 600 ha en 1991), las zonas más afectadas están asociadas a los desarrollos viales (ver mapa 2.):

- la isla de Yacyretá, por la substracción de extensas áreas para las obras,
- los zonas de pastoreo al NO de la zona urbana de Ayolas
- todo el litoral derecho del BAC a ambos lados de la vía San Cosme y Damian – Ayolas
- la cuenca del a° Atinguy, adonde se reasentaron los desplazados de la isla Yacyretá.

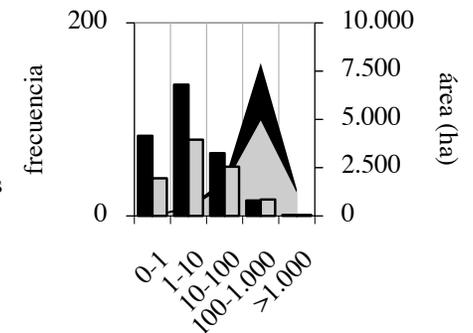


Figura 9. Cambios en las frecuencias y áreas de los reductos de bosques del BAC entre 1973 y 1991. Fuente: cartografía este estudio

⁵ El grado de fragmentación se expresa como la desviación típica dividida por la media del área.

Pronóstico

Las hipótesis que se discuten a continuación son básicas para el establecimiento de las predicciones relacionadas con las interacciones entre las características del medio natural y cultural del BAC actual y cada una de las opciones de manejo. La predicción es *sensu lato*, tal como se emplea en la ciencia, i.e., inferir relaciones desconocidas a partir de conocidas.

5. Deterioro paulatino de los biotopos de la planicie aluvial

Se espera un cambio ecológico directo derivado de la operación a plena capacidad de la CHY (sin plan de manejo) y está relacionado con el deterioro paulatino de los biotopos de la planicie aluvial proximales a las márgenes derecha e izquierda del BAC.

Los humedales al norte de la margen derecha se recargan regularmente con aguas lluvias y sólo en avenidas extraordinarias se conectan con el BAC, pero los biotopos localizados entre la orilla del BAC y el albardón natural y los de la isla Yacyretá están estrechamente relacionados con las pulsaciones del Paraná. Estas áreas son aproximadamente las delimitadas entre la orilla del BAC y las líneas verdes (cota 72) en la figura 10. e incluyen el tramo bajo del arroyo Atinguy. Las áreas entre la línea amarilla (cota 64) y la orilla del BAC son afectadas por las crecientes regulares del BAC. Esta faja es más amplia en la isla Yacyretá (hasta 3 km) que en la margen derecha –de 1,5 a 2 km de anchura al E de la confluencia del arroyo Atinguy– y prácticamente inexistente a la altura del sector urbano de Ayolas.

Modificaciones en cuanto a la frecuencia,

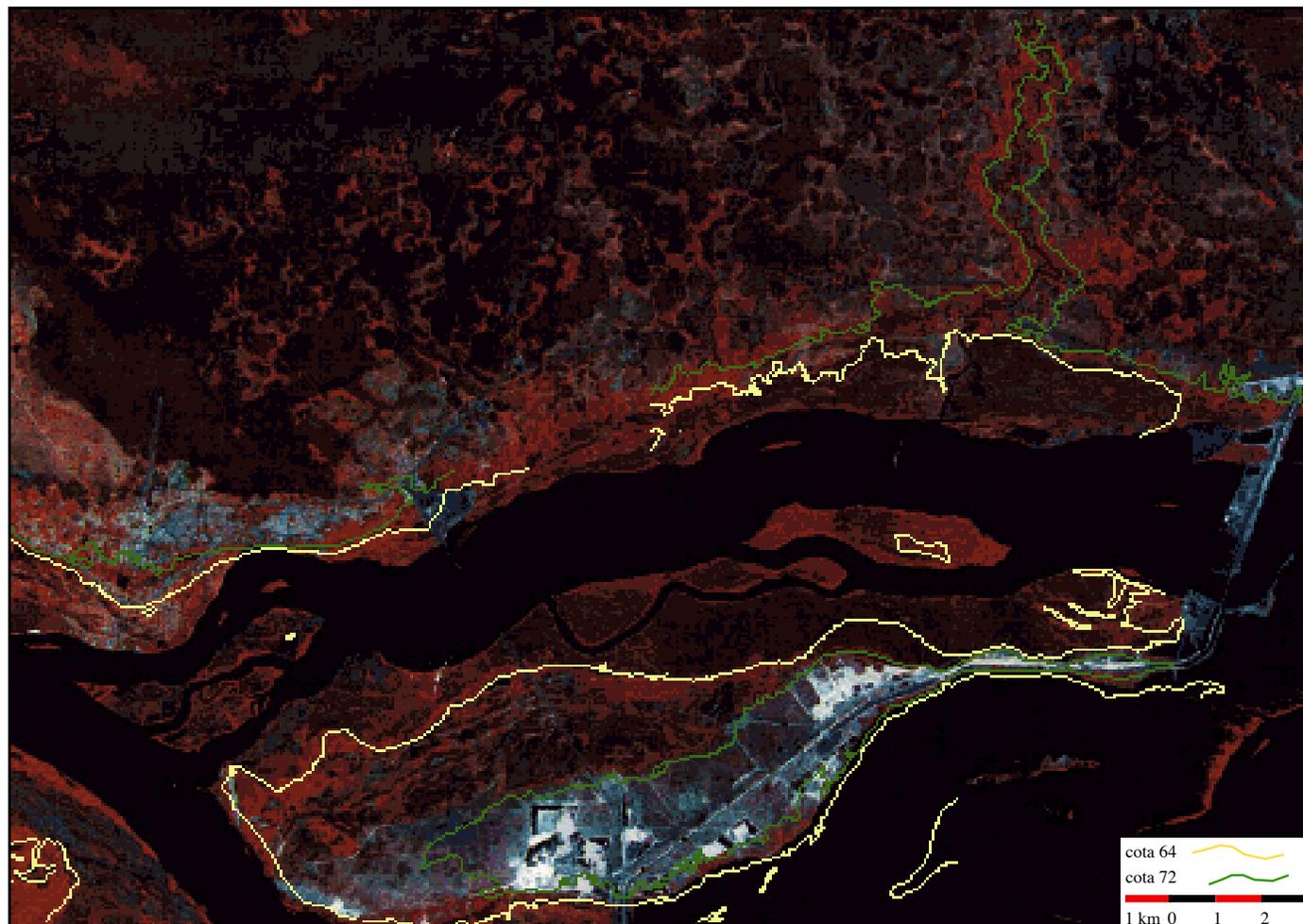


Figura 10. Límites de la planicie aluvial en el BAC: el cordón boscoso (tonalidad roja en la imagen) sobre el albardón en la margen derecha y las dunas en la isla Yacyretá (línea verde, cota 72) y crecientes normales del BAC (cota 64, línea amarilla).

Fuente: detalle de imagen Lansat TM 1991 y cartografía este estudio.

intensidad y regularidad de las fases de sequía e inundación tendrán consecuencias sobre la estructura y la dinámica de los biotopos terrestres, acuáticos y anfibios (Quirós, 1998, Anexo I, Acevedo, 1998, Anexo III).

Previo al cierre de la presa de Yacyretá el

BAC presentaba un pulso de inundación-estiaje modificado por la regulación de la cuenca superior durante los últimos 30

años –posiblemente además por la predominancia de un período húmedo– que ha aumentado los caudales medios y el nivel base de estiaje, figura 11. (Quirós,

6 Asociada al almacenamiento para liberación en periodos de estiaje de ca. 240 km³ en 48 embalses de la cuenca alta del río Paraná

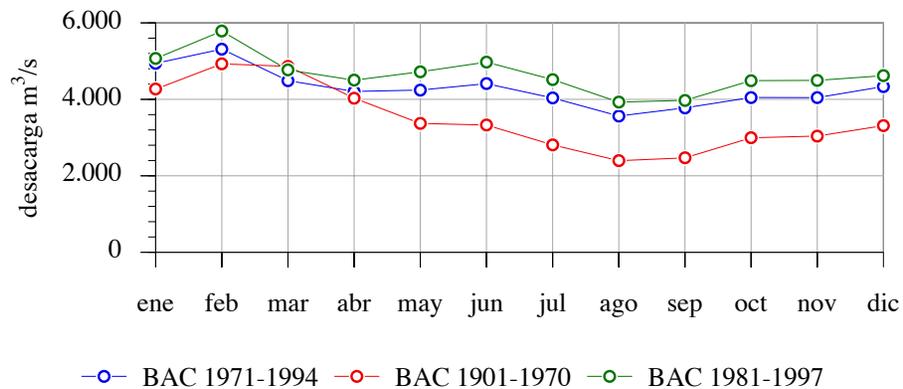


Figura 11. Caudales medios históricos en el BAC: series río no regulado 1901-1970, río regulado 1971-94 y serie 1981-1997
Fuente: Quirós, 1998, Anexo I

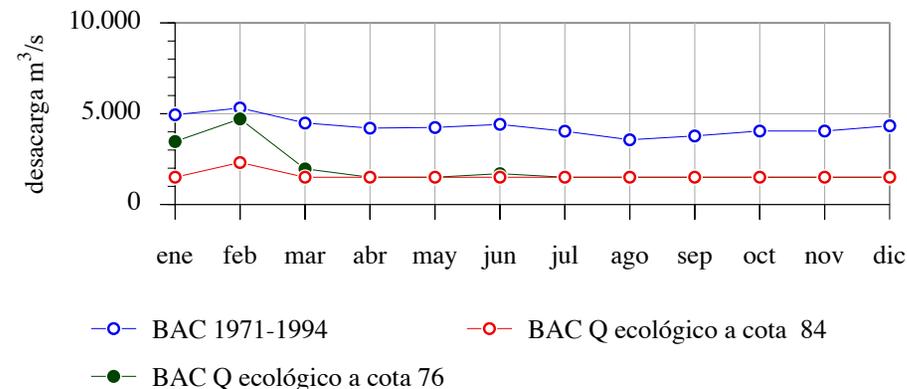


Figura 12. Caudales medios históricos en el BAC (serie río regulado, 1991-1994) versus caudal mínimo "ecológico" a cotas 76 y 84.
Fuente: Quirós, 1998, Anexo I

1998, Anexo I, Deeb, 1998, Anexo VI).

Los humedales localizados por debajo de la cota 72, en especial los de la isla Yacyretá, el nivel de la napa freática –en particular en la margen derecha que no recibe el efecto compensador del brazo San José Mi– y las comunidades acuáticas y palustres en general, sufrirán los efectos negativos de las reducciones esperadas en caudales (figura 12.) y desniveles (figura 13a. y 13b.), los cuales serán más severos a la cota de operación 84 que a la cota 76. (Quirós, 1998, Anexo I, Acevedo, 1998, Anexo III).

Los efectos sobre las comunidades anfíbias y terrestres no se manifestarán rápidamente por cuanto éstas están adaptadas a la variabilidad del régimen pulsante, en particular en cuanto a la intensidad de la fase de estiaje (figura 14.). En general se espera un reemplazo paulatino de los elementos (especies y genotipos) actuales por otros más resistentes a las sequías intensas y prolongadas. La recurrencia de

episodios de aguas altas (mayor con operación a cota 76 que a cota 84, figura 12.) dificultará el establecimiento de elementos méxicos o xéricos en las áreas distales del río; por tanto se espera la persistencia de un disclímax con predominancia de gramíneas y ciperáceas resistentes y elementos méxicos y xéricos anuales. Con operación a cota 84 las comunidades en las áreas distales posiblemente evolucionarán hacia climaxes más méxicos (Acevedo, 1998, Anexo III).

Las opciones que modifican drásticamente la hidrología (secado transitorio, canalización) implican grandes cambios en la estructura de la comunidad de peces con disminución de la diversidad: predominancia de especies de pequeño porte que cumplen todo su ciclo de vida localmente, típicas de hábitats lénticos y de régimen de arroyo, tales como aquellas que actualmente habitan las zonas costeras y la llanura de inundación y algunas reportadas para la boca de los arroyos (a° Yabebiry previo al cierre o actual a° Agua-

pey), Quirós, 1998, Anexo I.

Las opciones que mantienen las descargas históricas o un caudal mínimo de más de 1.500 m³/s favorecen el mantenimiento de la comunidad actual, en riqueza y abundancia.

Las opciones que producen disminución del tiempo de permanencia del agua (presas o azudes) y que constituyen obstáculos al desplazamiento de los peces, favorecerán el desarrollo de comunidades de peces con especies adaptadas a profundidades menores y a menores velocidades de corriente que cumplen todo su ciclo de vida localmente. Sin embargo, en opciones que impliquen un acceso, aunque sea restringido, de las grandes especies que cumplen parte de su ciclo de vida en el canal principal (generalmente migradoras), es de esperar un reclutamiento de ejemplares adultos provenientes de aguas abajo y el eventual reclutamiento de huevos, larvas y juveniles pro-

venientes del embalse.

La relativamente estrecha llanura de inundación del BAC hace que las diferencias en los caudales (figura 12.) se reduzcan cuando se consideran los niveles (figuras 13a. y 13b.). Este hecho representa una apreciable ventaja en la aplicación de medidas de mitigación de impacto ambiental sobre las comunidades de peces. (Quirós, 1998, Anexo I).

El agua del BAC actual es semejante a la del río antes de cierre de la presa; i.e., no varió su composición iónica relativa del tipo C1 bicarbonada-cálcica-magnésica. Por otra parte, comparaciones para conjuntos de datos levantados antes y después del cierre de la presa no revelan una clara correspondencia entre las variaciones del quimismo y los cambios de caudal, excepto en cuanto a la concentración de gases totales disueltos, relacionada con los episodios de utilización del vertedero del BAC. (Kieffer, 1998, Anexo II)

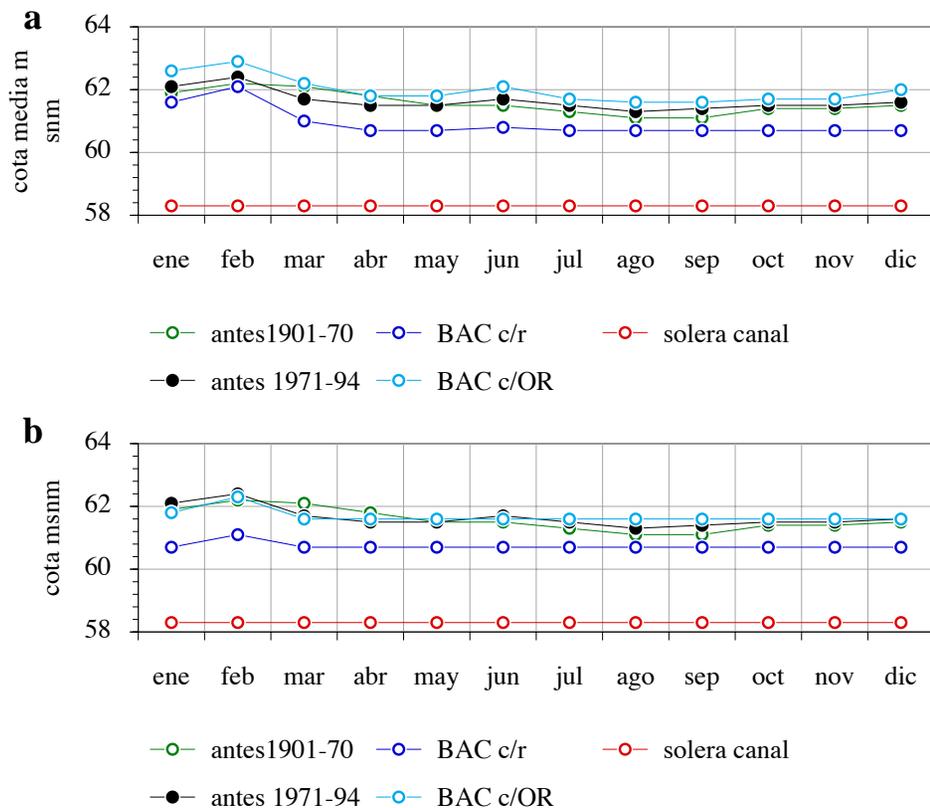


Figura 13. Cota media histórica en el BAC antes del cierre (series río no regulado 1901-70 y río regulado 1971-94), con restricción de 1.500 m³/s mínimo, con azudes (Q medio 260 m³/s mínimo) y cota de solera de la alternativa canal. Operación a cota 76 (a) y a cota 84 (b). Fuente: Quirós, 1998, Anexo I

De mantenerse variaciones de caudal semejantes a las históricas, no se esperan cambios en la calidad del agua (Kieffer, 1998, Anexo II). Por otra parte, esta calidad se deteriorará en función de la reducción del caudal (alternativas de secado, canalización y lavado) y del aumento del tiempo de residencia hidráulica del agua en el BAC (alternativas de presas y azu-

des). Las consecuencias de esta reducción serán más sobre los aprovechamientos humanos del agua (captaciones para consumo doméstico, comercial e industrial y dilución de desechos cloacales principalmente) que sobre las propiedades de los hábitats de organismos acuáticos y terrestres. Estas están más bien determinadas, en el caso del BAC, por los cambios asociados a las reducciones de

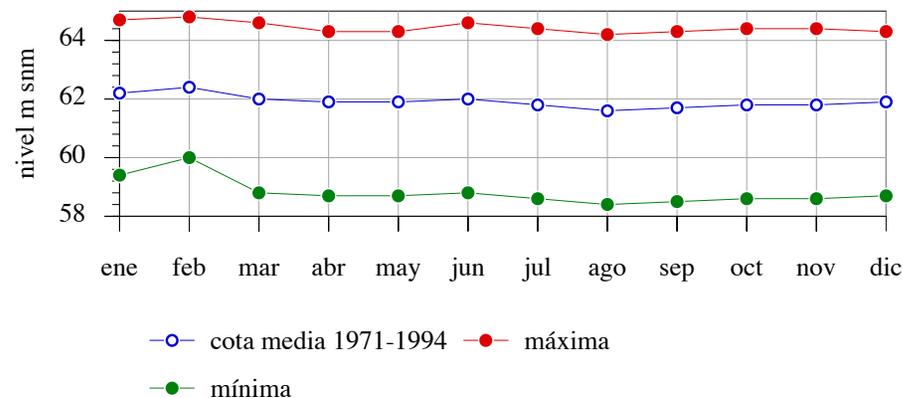


Figura 14. Niveles medios, mínimos y máximos históricos del BAC (serie río regulado, 1971-1994). Fuente: Quirós, 1998, Anexo I

caudales y niveles (Kieffer, 1998, Anexo II).

6a. Pérdidas financieras para EBY

El mantenimiento de las condiciones actuales implica pérdidas financieras para la EBY en función del caudal derivado al BAC; recíprocamente, la minimización de éstas genera pérdidas al sistema social del BAC.

Valoración económica de los aspectos energéticos. La asignación al manejo ambiental del BAC de caudales que potencialmente pueden utilizarse para generación eléctrica, tiene consecuencias financieras. El estimativo de éstas se llevó a cabo de acuerdo con el siguiente procedimiento (detalles en Deeb, 1998, Anexo VI):

1. Definición del nivel de competitividad del mercado en el cual opera la CHY.
2. Selección de escenarios probables de precios de la energía futura generada por

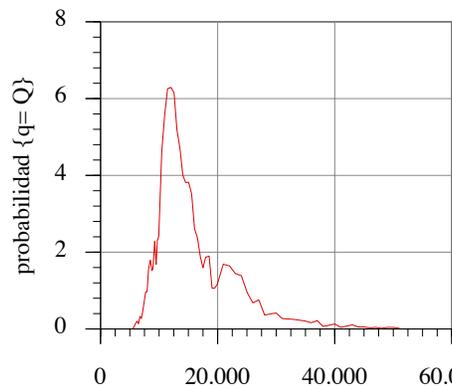
la CHY.

3. Determinación de la potencia y energía de la CHY bajo diferentes esquemas de manejo del BAC
4. Valoración económica de resultados de potencia y energía.

El mercado eléctrico en el cual opera la CHY es básicamente competitivo, por tanto se asume que los precios de energía que se cotizan en el mercado representan adecuadamente los costos de oportunidad de la energía entregada al sistema interconectado y no hay necesidad de ajustes especiales para obtener *precios sombra* o *de cuenta*. (Deeb, 1998, Anexo VI).

Los escenarios de precios contemplados asumen: a. Yacyretá en la cota actual, b. ingreso de la cuarta unidad de Comahue, en mayo de 1999, c. ingreso de equipamiento informado y d. precios de combustibles estables en el tiempo. Los escenarios son:

1. Crecimiento de la demanda, 5%. 2.500 MW de exportación, constantes a lo largo



caudales diarios en Posadas m³/s
 Figura 15. Distribución de probabilidades del día, de mayo a noviembre inclusive, desde el año 2000.
 Fuente: Deeb, 1998, Anexo VI

del día, de mayo a noviembre inclusive, desde el año 2000.

2. Crecimiento de la demanda 7%. 1.000 MW de exportación, constantes a lo largo del día y del año, a partir del año 2000 inclusive.

3. Crecimiento de la demanda, 3,5%. Importación de Brasil en verano, saturando el corredor Yacretá – Mercado, a partir del año 2000 inclusive.

*Cálculos de potencia y energía*⁷. Para el análisis y valoración de las condiciones futuras de la CHY, inclusive la asignación de caudales al manejo del BAC, se

⁷ Para efectos de este estudio Deeb (1998, Anexo VI), desarrolló una herramienta computacional que permite estimar el valor esperado de la potencia y la energía generada por la CHY para diferentes caudales de forzoso desembalse a través del BAC. La tabla inicial se complementó para estimar el valor esperado de la potencia y energía que podría producir una hipotética central hidroeléctrica en el BAC, aprovechando dichos caudales.

Cuadro 3. Ejemplo de cálculos de potencia y energía en CHY en función de caudales mínimos en BAC (Q_{min} BAC = 200 m³/s)

Q _{Posadas}	frecuencia	duración	Q generación	Q BAC	Q vbp	H embalse	H BAC	H bp	salto neto (m)	rendimiento generación	potencia (MW)	energía (MWh)	Pm anual (MW)	generación potencial en BAC			
														salto neto (m)	potencia (MW)	energía (MWh)	Pm anual (MW)
5.500	0	100,0	5.300	200	0	78,1	63,9	58,9	18,9	0,879	863	0	0	14,0	24	0	0
5.750	0,044	100,0	5.550	200	0	77,8	63,9	58,9	18,5	0,877	884	3.398	0,388	13,7	24	91	0,01
...																	
13.500	4,714	42,4	13.300	200	0	74,9	63,9	60,8	13,9	0,848	1.536	634.152	72,39	10,9	18	7.476	0,853
14.000	4,002	38,4	13.775	225	0	74,9	63,9	60,9	13,8	0,847	1.580	553.838	63,22	10,9	20	7.137	0,815
...																	
48.000	0,011	0,1	15.250	15.649	17.101	81,3	67,2	63,8	17,2	0,869	2.237	2.148	0,245	13,8	35	34	0,004
49.000	0,033	0,0	15.250	16.091	17.659	81,2	67,3	63,8	17,0	0,868	2.213	6.376	0,728	13,7	35	100	0,011

toma la serie 1970-1997, con la distribución de probabilidades de la figura 15.

Para los cálculos de potencia y energía, con base en información suministrada por la EBY (DT), se contemplaron los elementos hidráulicos (nivel de embalse en función de caudales en Posadas y niveles de restitución en el brazo principal y en el BAC) y electromecánicos (salto neto vs. caudal por cada turbina, rendimiento de éstas en función del salto neto, ambos a máxima potencia y eficiencia de los equipos de generación).

Las reglas de operación adoptadas son las siguientes:

- desembalse por el BAC de caudal mínimo "ecológico" para cualquier caudal disponible en Posadas.
- caudal sobrante de 1. asignado a generación eléctrica, hasta alcanzar la capacidad de los equipos.
- caudal en exceso de 2. pero < de 8.000 m³/s, se vierte por el vertedero del BAC

4. caudal sobrante de 3. se vierte por el vertedero del brazo principal.

Los anteriores criterios se expresaron en un conjunto de relaciones matemáticas, con base en éstas y en los caudales disponibles para generación, se adelantaron los

cálculos indicados a manera de ejemplo en el cuadro 3., con el objetivo de estimar: a. potencia media anual producida en las instalaciones actuales de CHY; b. energía media anual entregada al sistema interconectado por la CHY; c. potencia suministrable al sistema interconectado

Cuadro 4. Resultados análisis de producción energética, datos anuales, serie de 1971 a 1995

Q mínimo BAC (m ³ /s)	CH Yacretá opera a cota 76				CH Yacretá opera a cota 84			
	CHY		CH BAC		CHY		CH BAC	
	potencia*	energía**	potencia	energía	potencia	energía	potencia	energía
0	1.436,8	12.586,3	0,0	0,0	2.402,6	21.046,9	0,0	0,0
50	1.433,9	12.560,7	5,4	47,2	2.396,6	20.993,8	9,1	80,1
100	1.430,9	12.535,1	10,8	94,4	2.390,5	20.940,7	18,3	160,2
150	1.428,0	12.509,4	16,2	141,6	2.384,4	20.887,5	27,4	240,2
200	1.425,1	12.483,6	21,3	186,3	2.378,3	20.834,2	36,3	317,6
250	1.422,0	12.457,0	26,5	231,7	2.372,3	20.781,1	45,0	393,9
300	1.418,9	12.429,6	31,7	277,9	2.365,9	20.725,2	53,9	472,5
400	1.412,6	12.374,5	42,2	370,1	2.353,1	20.613,3	71,9	629,5
500	1.406,3	12.319,1	52,7	461,4	2.340,3	20.501,2	89,8	786,3
1.000	1.373,3	12.030,3	102,3	895,8	2.274,9	19.928,1	175,9	1.540,8
1.500	1.337,9	11.719,9	149,6	1.310,4	2.206,8	19.332,0	260,0	2.277,2
2.000	1.300,0	11.388,0	194,9	1.707,5	2.136,5	18.715,4	341,7	2.993,1

* potencia en MW
 ** energía anual en GWh

por una central hidroeléctrica hipotética en el BAC (CH BAC) con capacidad para turbinar hasta 1,5 veces el caudal mínimo ecológico medio adoptado; d. energía en la CH BAC.

Estos cálculos se repitieron para un rango de 12 caudales ecológicos (medios) en el BAC entre 0,0 m³/s y 2.000 m³/s y para las dos cotas de operación, actual 76 y de diseño, 84 m (cuadro 4.). De este cuadro cabe resaltar los siguientes resultados:

1. Para un caudal nulo en el BAC, condición inicial de diseño, la CHY entregaría potencias medias de 1.436,6 MW (cota 76) ó 2.402,6 MW (cota 84). La energía media anual en el nodo de Yacretá sería de 12.586 GWh (cota 76) y 21.047 GWh (cota 84).

2. Los caudales ecológicos en el BAC disminuyen tanto la potencia media como la energía que puede entregar el complejo; los factores de reducción son mayores a cota 84 que a cota 76.

3. La tasa de aumento en capacidad y en energía de la CH BAC con incrementos del caudal asignado para manejo ambiental disminuye con éstos; la disminución es menor a cota 84 que a cota 76; v. gr., para un caudal mínimo en el BAC de 150 m³/s se puede ofrecer 16,2 MW (cota 76) ó 27,4 MW (cota 84) de potencia media, con una producción energética media anual de 141,6 GWh (cota 76) ó 240,2 GWh a cota 84. Para el actual caudal ecológico mínimo de 1.500 m³/s (10 veces mayor), la potencia media ofrecida por la CH BAC sería de 149,6 MW (9,2 veces) y la energía media anual de 1.310,4 GWh (9,3 veces); mientras que a cota 84 la potencia y la energía aumentan aumentarían 9,5 veces.

Cuadro 5. Ingresos por energía e ingresos sacrificados por caudal mínimo (MUS\$, valor presente 20 años) y costo marginal del agua (MUS\$/m³/s). Tasa de descuento 12,0%

Q mínimo BAC (m ³ /s)	Escenarios de precios											
	1				2				3			
	CHY	CHY+ BAC	ingreso sacrificado	costo marginal	CHY	CHY+ BAC	ingreso sacrificado	costo marginal	CHY	CHY+ BAC	ingreso sacrificado	costo marginal
0	5.823,2	5.823,2	–	–	6.661,2	6.661,2	–	–	4.820,8	4.820,8	–	–
50	5.809,2	5.825,9	14,0	0,28	6.645,1	6.664,9	16,1	0,32	4.809,3	4.823,0	11,6	0,23
100	5.795,2	5.828,6	28,0	0,28	6.629,0	6.668,5	32,2	0,32	4.797,7	4.825,2	23,2	0,23
150	5.781,1	5.831,3	42,0	0,28	6.612,9	6.672,1	48,3	0,32	4.786,1	4.827,3	34,8	0,23
200	5.767,1	5.833,5	56,1	0,28	6.596,7	6.675,0	64,5	0,32	4.774,5	4.829,0	46,4	0,23
250	5.753,0	5.835,3	70,2	0,28	6.580,5	6.677,6	80,7	0,32	4.762,8	4.830,4	58,0	0,23
300	5.738,2	5.837,0	85,0	0,30	6.563,6	6.679,9	97,6	0,34	4.750,6	4.831,6	70,3	0,24
400	5.708,6	5.840,2	114,6	0,30	6.529,5	6.684,6	131,7	0,34	4.726,1	4.834,1	94,8	0,25
500	5.678,9	5.843,3	144,3	0,30	6.495,4	6.689,1	165,8	0,34	4.701,5	4.836,4	119,3	0,25
1.000	5.526,4	5.848,5	296,8	0,31	6.320,4	6.699,9	340,8	0,35	4.575,4	4.839,7	245,4	0,25
1.500	5.366,7	5.842,7	456,5	0,32	6.137,1	6.698,0	524,1	0,37	4.443,3	4.834,0	377,5	0,26
2.000	5.200,3	5.826,0	622,9	0,33	5.946,3	6.683,6	714,9	0,38	4.305,6	4.819,1	515,2	0,28

Valoración económica de los resultados. Los cálculos de potencia y energía se integraron a los 3 escenarios de proyecciones de precios para producir una estimación de las consecuencias financieras potenciales de asignar caudales mínimos fijos al manejo ambiental del BAC. Para la evaluación se utilizaron las siguientes premisas: a. cálculos de valores esperados medios anuales de potencia y energía con base en distribución de probabilidades de caudal (figura 15.); b. crecimiento del embalse a cota 848 a partir del año 2002. c. tasa de descuento del 12% anual, análisis de sensibilidad con tasas de 10% y 14%. Los resultados de la valoración económica, requeridos para comparar distintas

⁸ Esta hipótesis se puede considerar optimista, produce un incremento importante en los ingresos de la EBY, dado el actual plan de que sea el sector privado quien realice la inversión estimada en ca. US\$ 700 millones.

opciones de manejo en el BAC se sintetizan en el cuadro 5. y en las figuras 16. a 19. v. gr., para un caudal en el BAC de 150 m³/s los ingresos esperados son de \$5.781 millones que con respecto a un caudal cero representan una diferencia de US\$42 millones (cifras resaltadas en **negrilla** en el cuadro 5.). Si se toma el actual caudal ecológico mínimo de 1.500 m³/s, la energía no generada (diferencia de ingresos entre una asignación de 1.500 m³/s en el BAC y la asignación cero de diseño), representan US\$456,5 millones.

También se estima el costo marginal de cada metro cúbico por segundo asignado a la preservación ambiental. Para caudales bajos el costo (valor presente en 20 años) es ca. \$1 millón por cada 3 m³/s. Para caudales mayores, por cada \$1 millón asignado a preservación se pueden

⁹ Aquí se sintetizan sólo los resultados para la tasa de descuento del 12%; Deeb, 1998, Anexo VI detalla los resultados para las otras tasas.

comprar tan solo 2 m³/s de los recursos asignados a generación energética.

Central Hidroeléctrica del BAC. Una central hidroeléctrica en el BAC permitiría aprovechar los caudales mínimos de vertido y reducir la problemática asociada a la sobresaturación de gases por la operación del vertedero del BAC¹⁰. La herramienta computacional desarrollada para la valoración económica de los caudales de manejo del BAC se complementó para estimar los valores de potencia y energía que podrían generarse en el BAC con dichos caudales. La capacidad de la planta se definió como 1,5 veces el caudal mínimo ecológico, ésta permite aprovechar parcialmente caudales de exceso.

Los beneficios financieros correspondientes se pueden leer en el cuadro 5.

¹⁰ Este beneficio no se contempla en la evaluación de la CH BAC, pues no se cuenta con información adecuada sobre los costos derivados de la sobresaturación

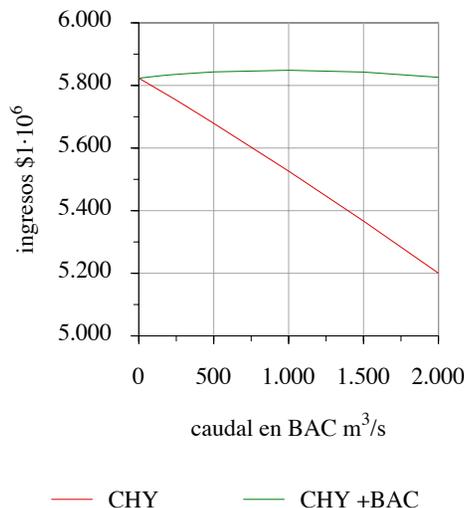


Figura 16. Valoración energética, escenario 1. Fuente: Deeb, 1998, Anexo VI

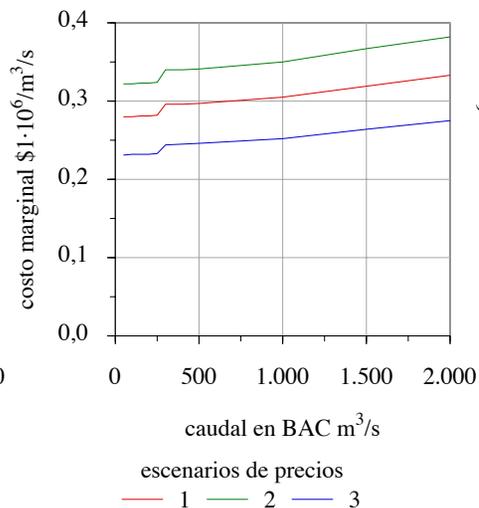


Figura 17. Costo marginal del agua Fuente: Deeb, 1998, Anexo VI

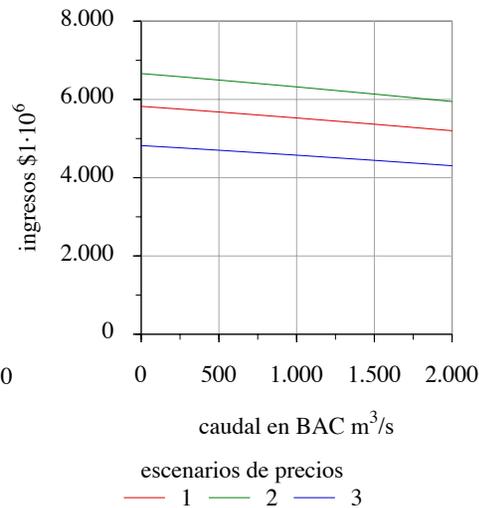


Figura 18. Ingresos esperados Yacyretá Fuente: Deeb, 1998, Anexo VI

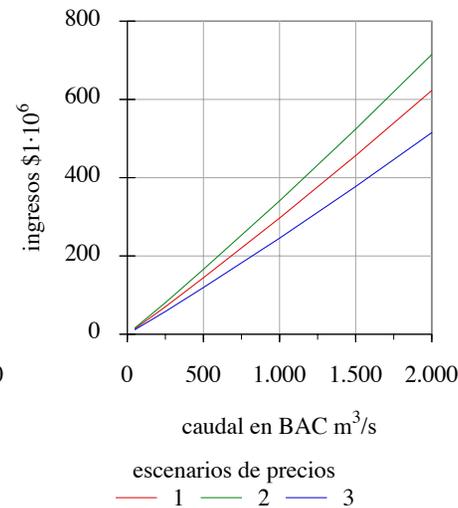


Figura 19. Ingresos por generación en BAC Fuente: Deeb, 1998, Anexo VI

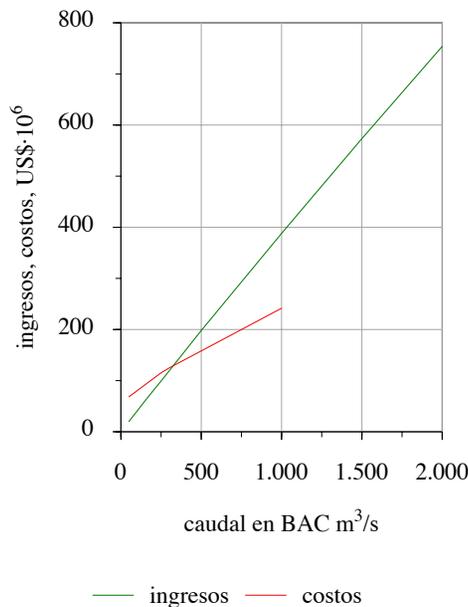


Figura 20. Evaluación aproximada CH BAC Fuente: Deeb, 1998, Anexo VI

para los 3 escenarios de precios estudiados. Con base en el escenario de precios N° 1 y tasa de descuento del 12%, los beneficios por la CH BAC (diferencia entre los ingresos por generación en la CHY más CH BAC y los ingresos por la actual infraestructura de Yacyretá) se comparan con los costos medios de construcción de la central¹¹. Los resultados se presentan en la figura 20¹².

La estimación de costos de inversión para la CH BAC toma como base valores muy variables reportados para otras centrales hidroeléctricas, no necesariamente aplicables para el presente caso. Una central

¹¹ La base del cálculo de costos es el Informe Final del Estudio de la Generación Adicional en el Brazo Aña Cuá (presentado a la EBY por CYDY en enero de 1988: Informe 1057/I-D1.0.45;674-41; Archivo Hidráulica L-23.BA).

¹² No se cuenta con información para caudales mayores a 1.000 m³/s

hidroeléctrica en el BAC requeriría la construcción de una estructura de captación, una tubería de carga a través de la presa existente y una pequeña central. En consideración a lo anterior se tomó una gama amplia de posibles costos del nuevo emprendimiento. Los beneficios, en términos de ingresos a EBY son superiores a los costos a partir de un caudal mínimo en el BAC del orden de 330 m³/s. Para caudales inferiores no se justifica la inversión. Un rápido análisis de sensibilidad de los resultados indica que si los costos se reducen en un 20% el caudal crítico corresponde a 250 m³/s, y si se incrementan estos costos, en 20%, el caudal crítico se acerca a 450 m³/s. Estos cálculos son preliminares y no se utilizan para efectos de evaluación de los caudales de manejo ambiental del BAC.

6b. Pérdidas para el sistema social del BAC

La relación recíproca entre las pérdidas de la EBY por ceder caudales turbinables para manejo ambiental del BAC y los beneficios que la sociedad asentada en ambos márgenes del brazo percibe por el aprovechamiento del río y sus recursos asociados, es difícil de evaluar.

Por una parte, la EBY sólo aprovecha los caudales del BAC para generación de energía; mientras que en la actualidad el río provee concurrentemente, sin conflicto hasta ahora, los siguientes servicios a la sociedad asentada en el BAC:

- a. reservorio de pesca,
- b. paisaje de interés turístico,
- c. vía navegable,
- d. fuente de agua potable y receptor de aguas servidas y

Cuadro 6. Recursos aprovechados asociados a las condiciones actuales del BAC e ingresos potencialmente afectados

recurso o actividad	beneficiarios directos (familias)	ingresos anuales por familia	VPN total 20 años*
		\$US·10 ³	
pesca (subsistencia, comercial)	138	11,61	17.423
turismo (operarios y empleados)	669	1,50	10.912
explotación agropecuaria (subsistencia)	437	3,70	17.582
aprovechamiento áreas naturales+vida silvestre	384	1,11	4.635
total		17,92	50.553

* tasa de descuento 12% anual, tasa de inflación 5% anual.

Fuente: cálculos con base en datos de Bernalt, 1998, Anexo IV y proyecciones consignadas en este informe.

e. permite la persistencia de áreas naturales terrestres que alojan recursos aprovechados y de suelos explotados en agricultura y pastoreo.

Por otra parte, no se cuenta con información cuantitativa confiable que permita evaluar la importancia económica actual, proyectar el valor presente de estos servicios ni estimar su reducción en función de las reducciones de caudal, tal como se hizo en el subcapítulo anterior para la generación de energía.

Sánchez, 1998, Anexo V, plantea diferentes esquemas metodológicos para la valoración de las externalidades económicas,¹³ todos ellos intensivos en el uso de información antecedente y actual, no disponible para el BAC.

Con base en la información presentada por Bernalt, 1998, anexo IV, se estiman los ingresos que serían afectados por la

máxima reducción de caudales y se expresan como valor presente neto en 20 años con una tasa de descuento del 12% igual a la utilizada para la valoración de la energía generada por la CHY; estos se presentan en el cuadro 6.

Este estimativo es crudo en extremo y debe tomarse sólo como una indicación para comparaciones globales pues adolece de los siguientes problemas:

1. las categorías de recursos no están completas, v. gr., no se incluyen los impuestos que por diversas actividades productivas y de comercio percibe la ciudad de Ayolas ni los ingresos a la ciudad por la venta de servicios de agua potable y manejo de aguas clocales.

2. los ingresos son brutos, i.e., no se descuentan los costos de producción que no se conocen.

3. se asume que las tasas de consumo o aprovechamiento de los recursos naturales no afectan su disponibilidad, lo cual puede ser inexacto en el caso de la pesca, aunque no se cuenta todavía con información adecuada para verificar esta afirmación.

ción.

4. no se tienen en cuenta los costos para la economía de la reposición de los puestos de trabajo desplazados (pescadores, operarios y empleados de la industria del turismo, etc.)

5. no se contemplan tasas de crecimiento de las actividades, algunas de las cuales parecen estar en expansión (v. gr., turismo y pesca)

6. los beneficiarios directos no son exclusivos de un recurso o actividad, dado que las economías son familiares, de subsistencia; es decir una misma familia se ocupa simultáneamente en varias actividades (ver página 24); se hizo un esfuerzo para separar estas categorías que Bernalt (1998, Anexo IV) presenta agregadas, pero aún así se puede estar sobre- o subestimando el número de beneficiarios.

7. el estimativo de ingresos por aprovechamiento de áreas naturales y vida silvestre se hizo con base en extrapolación de datos para otras culturas ribereñas en Latinoamérica, i.e., ca. 30% de los ingresos familiares, evaluados a precios de los mercados locales, provienen de actividades extractivas y de aprovechamiento de áreas naturales¹⁴.

Considerando las limitaciones anteriormente expuestas, se puede afirmar que los ingresos que serían afectados directamente por la operación a plena capacidad de la CHY equivalen entre 11,1 % y 13,4 % de los que la EBY perdería por manejo ambiental del BAC. Esta cifra es la relación porcentual entre el estimativo de los ingresos afectados, valor presente neto y los costos para EBY de mantener el caudal ecológico mínimo de 1.500 m³/s (Deeb, 1998, Anexo VI).

Podría calcularse esta relación para otras opciones de manejo (erogando otros caudales), pero no es una comparación realista por las razones expuestas anteriormente, basta decir que el impacto de la operación a plena capacidad de la CHY sobre las economías de subsistencia de Ayolas no es despreciable.

¹³ Estos métodos son: 1. de precios de mercado, 2. de avalúo, 3. del factor de ingreso, 4. de costos de viaje, 5. del valor implícito, 6. de costos de restauración o sustitución y 7. costo unitario diario. Detalles sobre su aplicabilidad y restricciones se presentan en Sánchez, 1998, Anexo V.

introducción	37
alternativa I	39
alternativa II	40
alternativa III	41
alternativa IV	42
alternativa V	43
alternativa VI	44
alternativa VII	45
alternativa VIII	46
alternativas IX a XII	47
alternativa XIII	48

VI Evaluación ambiental de alternativas

Evaluación ambiental de alternativas

Introducción

Con base en la extensa información documental facilitada por la EBY¹ (ver además referencias y síntesis de documentos en los Anexos I-VI), discusiones con funcionarios de la EBY (departamentos Técnico y de Obras Complementarias) y reconocimientos del área de influencia del BAC, el equipo de consultores planteó una lista exhaustiva de veinte opciones disponibles para manejo de la problemática del BAC, inclusive algunas variantes que combinaban varias opciones tecnológicas, antes no consideradas por la EBY, ver cuadro 7.

Este ejercicio se consideró útil para desagregar las acciones tecnológicas causantes de cambios, implícitas en cada opción, para identificar las consecuencias directas físicas de cada acción y las ecológicas y sociales derivadas (ver metodología, pp. REF!-REF!). Esta gama amplia de opciones se agrupó en dos categorías:

¹ Entre otros cabe resaltar:
 CDC. 1988. Estudio del caudal mínimo ecológico del brazo Aña Cuá
 EBY. 1992. Informe de evaluación ambiental del proyecto hidroeléctrico Yacyretá
 EBY. 1997. Condiciones de funcionamiento del brazo Aña Cuá. Harza y Asociados. 1988. Estudio de generación adicional por el brazo Aña Cuá;
 Servingci. 1989; Estudio de presas reguladoras Aña Cuá, informe parcial
 Kieffer, L. A. 1996. Informe de impacto ambiental de las minipresas del Brazo Aña Cuá

1. aquellas orientadas a una maximización de la sequía en el BAC, i.e., su conversión permanente a un sistema terrestre, minimizando el ingreso de agua procedente del embalse Yacyretá, vía el vertedero del Aña Cuá (cinco opciones); y

2. las orientadas a reponer diferentes caudales o a ejecutar obras de retardo de flujo de varios tipos para mantener una lámina variable de agua en BAC, compatible con uno o varios procesos ecológicos del brazo y sus biotopos asociados (15 opciones).

A su vez dentro de este segundo grupo se distinguieron alternativas en cuanto a la forma en que el caudal complementario ingresaría al BAC durante los períodos críticos:

- vía el vertedero del BAC,
- vía una válvula subsuperficial semejante a una descarga de fondo en el embalse,
- vía turbinación directamente en el BAC, o
- una combinación de dos o más de las anteriores.

La lista anterior de veinte opciones fue revisada y reducida al condensar varias opciones indistinguibles desde el punto de vista ambiental o técnico (implicaciones para la generación de energía) en una sola. Las trece opciones finalmente consideradas se sintetizan en el cuadro 8.

De acuerdo con los procedimientos detallados en la metodología (pp. REF!-REF!), para cada una de las opciones se identificó la cadena causal de consecuencias primarias
 cambio físico → cambio biótico
 → cambio social

Cuadro 7. Alternativas para manejo del BAC *

1	no hacer nada: agua en BAC según hidrología, maximización de generación; sólo pasan a BAC excedentes no turbinables o Q que no permiten maximización de generación
2	erogación intermitente de agua para lavado, 100-1.500 m ³ /s, periodicidad variable (1,3,7,15 días)
3	variación de política de operación de vertederos, minimización de usos de VBAC para maximización de sequía
4	regulación de cauce sin alimentación para minimizar formación de cuerpos estancados en lecho de BAC
5	regulación de cauce con alimentación (flushing), Q analizados entre 25 y 200 m ³ /s
6	alternativa CDC/Paraguay: formación de 2 embalses, requieren construcción de presas
7	Q ecológico mínimo: 1.500 m ³ /s por vertedero
8	mantenimiento de caudal medio diario en BAC vía VBAC
9	alternativa azudes, número variable, opción actual 3, es opción favorecida por EBY
12	mantenimiento de caudal ecológico mínimo en BAC (magnitud a determinar) por generación en BAC
13	Qecológico mínimo 1.500 m ³ /s por descarga de fondo
14	mantenimiento de caudal medio diario en BAC por generación en BAC
16	combinación de generación en BAC con otras alternativas (4, 5, 6, 8, 9)
17	mantenimiento de caudal medio diario en BAC por válvula subsuperficial
18	Q ecológico diferencial: aguas altas con Q medios diarios y en estiaje con Q mínimos diarios. Q se puede suplir por vertedero o válvula subsuperficial sin/con generación
19	optimación de mantenimiento de turbinas para operar con menos turbinas en estiaje y desviar caudales excedentes a BAC
20	canalización del Aña Cuá, conducción de los caudales de pié de presa y del Atinguy hacia isla Yacyretá, maximización de sequía en BAC

* Estas alternativas combinan las opciones de manejo de la tabla 1. del informe preliminar. Algunas no habían sido definidas previamente por EBY y son el resultado trivial de la combinación de opciones. Otras son alternativas bona fide nuevas que serán objeto de evaluación en el presente estudio.

resultante de la opción tecnológica adoptada. Además se resaltan, para cada una, las consecuencias esperadas de su adopción sobre la generación de energía por la CHY. La identificación y calificación de las consecuencias se desarrolló teniendo en cuenta las relaciones causales identificadas y evaluadas en el capítulo anterior.

Las alternativas se analizan individualmente y los resultados se presentan en forma matricial (cuadros 9-I a 9-XIII). Las alternativas IX a XII se califican conjuntamente por cuanto no presentan diferencias desde el punto de vista ambiental (p. 47)², sino más bien implicaciones para la operación de la CHY y para la generación de energía.

Las matrices de identificación de consecuencias se complementan con otras de calificación. Estas detallan, para cada una de las opciones, los factores antecedentes del BAC y su zona de influencia que atenuarían o reforzarían las consecuencias identificadas. Por otra parte, se establecen así mismo las posibilidades de manejo de dichas consecuencias, ya sea mediante mecanismos de mitigación o acciones de compensación y se plantea la información complementaria requerida para completar la evaluación ambiental.

La información contenida en estas matrices es la base de la jerarquización de opciones detallada en el próximo capítulo.

² En sentido estricto las alternativas IX a XII si presentan diferencias ambientales, pero éstas están relacionadas mas bien con las consecuencias de la sobresaturación de gases causadas por la operación del vertedero con grandes caudales, heredadas de la operación de Yacyretá, y no porque en si mismas causen problemas en el sistema BAC.

Cuadro 8. Catálogo de alternativas para evaluación ambiental

n°	definición
I	reducción extrema de Q en BAC, máxima sequía por cambio en reglas de operación de vertederos: de uso principal VBAC a uso principal del VBP; reducción de generación por reducción del nivel de restitución por vertimientos sólo por BP; $Q_{VBAC} = 0$, $Q_{VBAC} > 0$ si $Q_{afluente a Yacyretá} > 45.000 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{propio BAC} = Q_{Atinguy} + Q_{canal lateral} = 50 \text{ m}^3/\text{s}$ si $Q_{afluente} \leq 45.000 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{VBAC} = Q_{no turbinado} = 0$
II	secado normal, sólo vertimiento excedentes; permite la máxima generación a los dos niveles de operación (76 y 83 m snm), máximo nivel de restitución mediante minimización de vertimientos por VBP; $Q_{VBAC} = Q_{afluente} - Q_{turbinado}$
III	II + lavados: erogación intermitente de agua, Q menores continuos o discontinuos, con fines principalmente sanitarios, derivados del mantenimiento de las unidades de generación; $100 < Q_{VBAC} < 1.500 \text{ m}^3/\text{s}$ con duración y periodicidad variables
IV	canalización, regulación de cauce sin alimentación = alternativa II + canal de comunicación de pozos; máxima generación
V	canalización, regulación de cauce con alimentación = alternativa III + IV (canal de comunicación de pozos); $Q_{VBAC} = 25-200 \text{ m}^3/\text{s}$; reducción de generación = fQ derivado
VI	caudal "mínimo ecológico" $Q_{mínimo ecológico} = 1.500 \text{ m}^3/\text{s}$; reducción en generación entre agosto y septiembre para operación plena a cota 76; "caudales ecológicos" menores, v.gr., $50 \text{ m}^3/\text{s}$, son considerados como lavados
VII	presas, con formación de embalses, tal como fueran definidas por el CDC (1988) y sin mayores detalles de factibilidad técnica
VIII	construcción de retardadores de flujo (3 azudes en diseño actual), con o sin generación, para caudales del orden de $150-300 \text{ m}^3/\text{s}$, continuos o discontinuos con/sin variantes para facilitar el acceso de los peces hacia la presa Aña Cuá; $Q_{VBAC \text{ ambiental}} = 260 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{VBAC \text{ diseño}} = 150 \text{ m}^3/\text{s}$
IX	$Q_{ecológico} \approx Q_{histórico}$, vertido medio diario o medio semanal $\approx 0,3 Q_{afluente a Yacyretá}$ $Q_{BAC \text{ medio estiaje}} = 2.991 \text{ m}^3/\text{s}$ serie 1901-1960 (menor valor) Variantes: $Q_{mínimo diario}$ ó $Q_{mínimo semanal}$
X	Q_{BAC} mediante generación en el BAC con hasta $0,3 Q_{afluente a Yacyretá}$; sin mayores detalles de factibilidad técnica $Q_{BAC \text{ medio estiaje}} = 2.991 \text{ m}^3/\text{s}$
XI ¹	$Q_{histórico}$ con reprogramación de mantenimiento para liberar excedentes que suplan déficits en BAC Operación promedio actual con 19 de 20 turbinas, caudal base en BAC $\approx Q_{medio/turbina} \approx 750 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{BAC \text{ medio estiaje}} = 2.991 \text{ m}^3/\text{s}$
XII ¹	$Q_{histórico}$ con generación + reprogramación de mantenimiento (combinación de X y XI)
XIII	retardadores de flujo modificada: 3 azudes, con alineamiento diferente a opción VIII ó 4 azudes, para minimizar diferencias de niveles entre uno y otro durante época de bajos caudales y permitir libre movimiento de peces y de embarcaciones; con escotaduras escalonadas de anchura variable para vertimientos aún en aguas bajas y simular variaciones de nivel durante fase de estiaje. $Q \approx 260 \text{ m}^3/\text{s}$

1. la información inicialmente suministrada al grupo consultor por la EBY (DT), indicaba que en promedio 19 de las 20 turbinas de la CHY estarían en operación y 1 en mantenimiento. Así, el caudal medio base en el BAC = $Q_{medio/turbina} = 750 \text{ m}^3/\text{s}$. Sin embargo, información reciente de EBY (abril, 1999) indica un consumo efectivo menor por turbina y la necesidad de tener dos unidades en mantenimiento; as el caudal base en el BAC puede ser ca. $1.300 \text{ m}^3/\text{s}$, muy cercano al caudal "ecológico mínimo". La evaluación consignada en el presente capítulo y el análisis multiobjetivo (próximo capítulo) se hacen sobre la alternativa inicialmente definida, i.e., operación con 19/20 turbinas en promedio.

alternativa: acción/proceso	consecuencias			
	físicas	bióticas	sociales	sobre generación
<p>I. variación de política de operación de vertederos, corresponde a una maximización de la sequía en BAC</p> <ul style="list-style-type: none"> política actual: cuando $Q < 26.000 \text{ m}^3/\text{s}$ y Q turbinado es máximo, excedentes son vertidos por VBAC; a partir de este Q, se abre VBP variación: no utilizar VBAC, excepto cuando vertedero principal no sea suficiente, i.e., cuando $Q > 45.000 \text{ m}^3/\text{s}$, el tiempo de recurrencia de este Q es muy bajo, $\approx 1:100$ <p>Alternativa requiere inversiones para traslado de toma de agua y descarga de efluentes clocales</p>	<ul style="list-style-type: none"> formación de régimen de arroyo, lechos furcados y pozos aislados por caudales permanentes de BAC (Atinguy + escorrentía local + canal colector de pie de presa + Aguapey) cambios de caudal drásticos, recurrentes, con período largo (varios años?), desde seco (condición normal de la alternativa) hasta caudales superiores a máxima histórica en eventos de avenidas erosión de orillares por bombeo hidrostático, causado por cambios drásticos de nivel de agua: períodos prolongados de sequía alternados con avenidas de baja probabilidad de ocurrencia depresión cuasi-permanente de napa freática en particular en margen derecha aumento permanente de Q en BP (30%) y erosión aguas abajo de VBP 	<ul style="list-style-type: none"> inhabilitación permanente de hábitats de ciertas cohortes de spp de peces del sistema Paraná formación de hábitats propicios para spp de aguas lénticas y de régimen de arroyo con lechos furcados; acumulación de nutrientes en hábitats lénticos estacionales habilitación y colonización de hábitats terrestres (ca. 50 km^2) de duración media (varios años); humedales en basines y áreas más profundas y hábitats méxicos en la periferia. Estos hábitats serán objeto de perturbaciones drásticas recurrentes durante episodios de aguas altas. algunos humedales y esteros de isla Yacyretá, margen sobre Aña Cua, tramo proximal a presa BAC y los de margen derecha desaparecerán paulatinamente; tendencia a ambientes xéricos en áreas méxicas, avance de biotopos xéricos sobre humedales y biotopos méxicos (ej. bosques de arary en isla Yacyretá y en margen derecha) 	<ul style="list-style-type: none"> pérdida permanente y desplazamiento aguas abajo de recurso pesca de BAC; reducción/redistribución de actividades económicas asociadas (turismo, comercio...) salud pública: efectos +: disminución de vectores en función de reducción de humedales. Población reasentada en Atinguy se puede beneficiar por depresión de napa en pozos ciegos (sépticos) ampliación de área aprovechable para cultivos/pastos, requiere inversiones privadas y sociales para lograr beneficios disminución estacional ? (entre avenidas intraanuales) de agua de pozos para consumo doméstico disrupción de sistemas productivos de autosuficiencia (caza, madera, leña) por alteración de biotopos húmedos y méxicos reducción de recursos bosque/vida silvestre actuales y reemplazo paulatino por spp de ambientes más xéricos conflicto por posesión, apropiación de terrenos habilitados, estado vs. población y pobladores entre sí riesgo de pérdida de inversiones sociales y privadas, cultivos y ganados por eventuales caudales máximos 	<ul style="list-style-type: none"> disminución de generación por reducción de nivel de restitución, por vertimientos sólo por VBP; ocurre cuando $Q > 13.000 \text{ m}^3/\text{s}$ a cota 76 y cuando $Q > 15.400 \text{ m}^3/\text{s}$ a cota 84

factores modificadores de consecuencias		posibilidades de manejo		información complementaria requerida
atenuantes	acelerantes	mitigación	compensación	
<ul style="list-style-type: none"> BAC actualmente funciona como trampa, impide desarrollo de procesos poblacionales (reproducción/migración) para muchas spp migradoras, comerciales. Condición ha permitido el florecimiento reciente (últimos 10-12 años) de la actividad pesquera; i. e., la consecuencia ecológica es irrelevante actividad pesquera puede desplazarse a confluencia con brazo San Jose Mí, aunque allí las facilidades de pesca podrían no darse; la consecuencia social para los pescadores deportivos es irrelevante; para los empresarios turísticos y sus empleados puede ser importante 	<ul style="list-style-type: none"> si aprovechamiento de terrenos habilitados por alternativa (lecho seco) es con sistemas de producción actuales, entonces uso de terrenos será predominantemente en ganadería extensiva, con rendimientos bajos, ca. $4,8 \text{ ha}/\text{cabeza} \approx 1.000 \text{ cabezas}$, por tanto beneficios sociales y económicos serían mínimos cerca de Ayolas y de asentamientos recientes a lo largo de BACel área de humedales, asociada a caudal permanente, será mayor, más humedales que hoy 	<p>la alternativa III en esencia es una medida de mitigación para los efectos de formación de pozos (hábitats acuáticos, estacionales, aislados de poca circulación).</p>	<ul style="list-style-type: none"> adquisición por EBY de inversiones asociadas a actividad pesquera (hoteles, restaurantes, comercios especializados...) crédito blando para traslado de actividades asociadas a pesca a otras localidades propicias, v.gr., Coratey <p>Los mecanismos de compensación anteriores pueden inducir inversiones oportunistas y aún sobreestimaciones de rentabilidad de inversiones actuales para mejorar compensación; por tanto conviene hacer inventarios y avaluos previos</p>	<ul style="list-style-type: none"> cartografía diacrónica de biotopos asociados a napa freática actual, spp típicas, tolerancias a sequías prolongadas grado de dependencia de población actual en recursos asociados al río y a los biotopos dependientes de los actuales niveles de la napa freática

alternativa: acción/proceso	consecuencias			
	físicas	bióticas	sociales	sobre generación
<p>II. no hacer nada. Q en BAC en función de hidrología y de maximización de generación, según reglas de operación actuales (ver alternativa 3.): sólo pasan a BAC excedentes no turbinables o Q que no permiten maximización de generación. Máximo nivel de restitución mediante minimización de uso de VBP. Sólo se usa VBP cuando VBAC evacúe Qs que impliquen riesgo de inundación en Ayolas. Q ingresan $\pm 50 \text{ m}^3/\text{s}$ a lo sumo (Atinguy + canal pie de presa + Aguapey + escorrentía local)</p> <p>Alternativa requiere inversiones para traslado de toma de agua y descarga de efluentes clocales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • formación de régimen de arroyo, lechos furcados y pozos aislados por caudales permanentes de BAC (Atinguy + escorrentía local + canal colector de pie de presa + Aguapey) • cambios de caudal drásticos, recurrentes, con período corto (anual), desde seco (condición normal más probable de la alternativa) hasta caudales superiores a máxima histórica en eventos anuales de aguas altas. • erosión de orillares por bombeo hidrostático, causado por cambios drásticos de nivel de agua: períodos prolongados de sequía alternados con avenidas de duración media (días -semanas) • depresión estacional cuasipermeante ($> 10\text{-}11$ meses/año) de napa freática en particular en margen derecha, de duración muy superior a la actual 	<ul style="list-style-type: none"> • inhabilitación de hábitats de cohortes de spp de peces del sistema Paraná, durante ascensos migratorios, estacional a cota 76 y permanente a cota 83 • formación y desaparición estacional de hábitats propicios para spp lénticas y de arroyo con lechos furcados; acumulación estacional de nutrientes en hábitats lénticos • habilitación+colonización de hábitats terrestres (ca. 50 km^2) de duración corta (meses); humedales en basines y áreas más profundas y hábitats méxicos en la periferia. Estos serán objeto de perturbaciones drásticas recurrentes anuales durante aguas altas. • algunos humedales y esteros de isla Yacyretá, margen sobre Aña Cua, tramo proximal a presa BAC y los de margen derecha disminuirán en extensión y cambiarán en composición florística, persistirán spp más tolerantes a sequías prolongadas; tendencia a ambientes xéricos en áreas méxicas, avance de biotopos xéricos sobre humedales y biotopos méxicos (ej. bosques de arary en isla Yacyretá y margen derecha) 	<ul style="list-style-type: none"> • recurso pesca y actividades económicas asociadas (turismo, comercio...) limitado a períodos de aguas altas anuales con posible invasión limitada de BAC por spp de peces de sistema Paraná, a cota 76 y menor a cota 83 • salud pública: efectos +: disminución de vectores en función de reducción estacional de humedales. Población reasentada en Atinguy se puede beneficiar por depresión de napa en pozos ciegos (sépticos) • ampliación estacional de área aprovechable para cultivos/pastos; estacionalidad no justifica inversiones • disminución estacional de agua de pozos para consumo doméstico • disrupción de sistemas productivos de autosuficiencia (caza, madera, leña) por alteración de biotopos húmedos y méxicos • reducción de recursos bosque/vida silvestre actuales y reemplazo paulatino por spp de ambientes más xéricos 	<ul style="list-style-type: none"> • esta alternativa permite la máxima generación a los dos niveles de operación, 76 y 83 msnm

factores modificadores de consecuencias		posibilidades de manejo		información complementaria requerida
atenuantes	acelerantes	mitigación	compensación	
<ul style="list-style-type: none"> • áreas disponibles para cultivos/pastos se forman en época de menor crecimiento vegetativo y cuando hay menos propágulos disponibles, i.e., beneficios exigüos • BAC actualmente funciona como trampa, impide desarrollo de procesos poblacionales (reproducción y migración) para especies de migradoras comerciales. Esta condición ha permitido el florecimiento reciente (últimos 10-12 años) de la actividad pesquera • actividad pesquera puede desplazarse a confluencia con brazo San Jose Mi, aunque allí las facilidades de pesca no se darían 	<p>la hidrología más probable corresponde a período 1971-1994, cuyas medias son superiores a las de 1901-1970; por tanto biotopos y aprovechamiento social han evolucionado en los últimos 30 años en un contexto de niveles freáticos más altos y con fluctuaciones menores que los esperados con esta alternativa</p>	<p>la alternativa III en esencia es una medida de mitigación para los efectos de formación de pozos (hábitats acuáticos, estacionales, aislados de poca circulación).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • comprar inversiones asociadas a actividad pesquera (hoteles, restaurantes, comercios especializados...) • crédito blando para traslado de actividades asociadas a pesca a áreas más propicias, v.gr., Coratey • mecanismos de compensación pueden inducir inversiones oportunistas y aún sobreestimaciones de rentabilidad de inversiones actuales para mejorar compensación; conviene hacer inventarios y avalúos previos 	<ul style="list-style-type: none"> • cartografía diacrónica de biotopos asociados a napa freática actual, spp típicas, tolerancias a sequías prolongadas • grado de dependencia de población actual en recursos asociados al río y a los biotopos dependientes de los actuales niveles de la napa freática

alternativa: acción/proceso	consecuencias			
	físicas	bióticas	sociales	sobre generación
<p>III. erogación intermitente de agua, para lavado, 100-1.500 m³/s, con periodicidad y duración variable (1,3,7,15 días), manejo puede estar asociado a monitoría de calidad de agua ?, no hay criterios establecidos para definir Q o periodicidad; necesidades determinadas por criterio de maximizar generación. Tasa de lavado óptima sin definir, solo se han analizado costos energéticos por erogación de agua. Alternativa requiere inversiones para traslado de toma de agua y descarga de efluentes clocales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • formación de régimen de arroyo, lechos furcados y pozos aislados por caudales permanentes de BAC (Atinguy + escorrentía local + canal colector de pie de presa + Aguapey) • cambios de caudal drásticos, recurrentes, con período muy corto (mensual), desde seco (condición normal de la alternativa) hasta caudales superiores a máxima histórica en eventos anuales de aguas altas. • erosión de orillares por bombeo hidrostático, causado por cambios drásticos de nivel de agua: períodos prolongados de sequía (meses) alternados con avenidas • depresión estacional (hasta 10-11 meses/año) de napa freática en particular en margen derecha, de duración superior a la actual 	<ul style="list-style-type: none"> • inhabilitación estacional de hábitats de cohortes de spp de peces del sistema Paraná; inhabilitación permanente a cota 83 • formación y desaparición estacional de hábitats propicios para spp lénticas y de arroyo con lechos furcados; acumulación estacional de nutrientes en hábitats lénticos • habilitación+colonización de hábitats terrestres (ca. 50 km²) de duración corta (meses); humedales en balsines y áreas más profundas y hábitats méxicos en la periferia. Estos serán objeto de perturbaciones drásticas recurrentes, anuales durante aguas altas y menores durante lavados con Q ≥ 1.400 m³/s • algunos humedales y esteros de isla Yacyretá, margen sobre Aña Cua, tramo proximal a presa BAC y los de margen derecha disminuirán en extensión y cambiarán en composición florística, persistirán spp más tolerantes a sequías prolongadas; tendencia a ambientes xéricos en áreas méxicas, avance de biotopos xéricos sobre humedales y biotopos méxicos (ej. bosques de arary en isla Yacyretá y margen derecha) 	<ul style="list-style-type: none"> • recurso pesca y actividades económicas asociadas (turismo, comercio...) limitado a períodos de aguas altas anuales posible invasión de BAC por spp de peces de sistema Paraná. Limitaciones mucho mayores a cota 83. • salud pública: efectos +: disminución de vectores en función de reducción estacional de humedales. Población reasentada en Atinguy se puede beneficiar por depresión de napa en pozos ciegos (sépticos) • ampliación estacional de área aprovechable para cultivos/pastos; estacionalidad no justifica inversiones • disminución estacional de agua de pozos para consumo doméstico • disrupción de sistemas productivos de autosuficiencia (caza, madera, leña) por alteración de biotopos húmedos y méxicos • reducción de recursos bosque/vida silvestre actuales y reemplazo paulatino por spp de ambientes más xéricos 	<p>Reducciones de generación en función de caudales derivados a BA, en general son pequeños, semejantes o menores a las consecuencias derivadas del mantenimiento de las unidades de generación.</p>

factores modificadores de las consecuencias		posibilidades de manejo		información complementaria requerida
atenuantes	acelerantes	mitigación	compensación	
<ul style="list-style-type: none"> • esta alternativa puede considerarse como mecanismo de mitigación de algunas consecuencias de alternativas 1. y 3.; reduce consecuencias de formación de pozos aislados en función de la frecuencia de lavado y de depresión de nivel freático, si Q ≥ 1.400 m³/s y de duración ≥ semanas? 	<ul style="list-style-type: none"> • aumento general de impredecibilidad del sistema natural (estabilidad temporal y espacial de biotopos acuáticos y terrestres) y cultural (aprovechamiento de recursos), este factor descompensa las posibles ventajas derivadas de la alternativa 	<ul style="list-style-type: none"> • programación de eventos de lavado de común acuerdo con comunidades; divulgación amplia de información acerca de plan acordado y cumplimiento estricto de programación Lo anterior requiere experimentación para definir Qs, frecuencias, duración adecuadas 	<ul style="list-style-type: none"> • comprar inversiones asociadas a actividad pesquera (hoteles, restaurantes, comercios especializados...) • crédito blando para traslado de actividades asociadas a pesca a áreas más propicias, v.gr., Coratey • mecanismos de compensación pueden inducir inversiones oportunistas y aún sobreestimaciones de rentabilidad de inversiones actuales para mejorar compensación; conviene inventar/avaluar previamente 	<ul style="list-style-type: none"> • cartografía diacrónica de biotopos asociados a napa freática actual, spp típicas, tolerancias a sequías prolongadas • grado de dependencia de población actual en recursos asociados al río y a los biotopos dependientes de los actuales niveles de la napa freática

alternativa: acción/proceso	consecuencias			
	físicas	bióticas	sociales	sobre generación
<p>IV. regulación de cauce sin alimentación. Semejante a alternativa 1. + construcción de canal para articulación de pozos. No hay plan de manejo ni criterios para diseño. Con prediseños crudos, evaluación de costos muy preliminar. Requiere inversiones de capital Requiere traslado de toma de agua potable y de descarda de aguas cloacales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • impide formación de régimen de arroyo, lechos furcados y pozos aislados por caudales permanentes de BAC (Atinguy + escorrentía local + canal colector de pie de presa + Aguapey) • cambios de caudal drásticos, recurrentes, con período corto (anual), desde seco (condición normal de la alternativa) hasta caudales superiores a máxima histórica en eventos anuales de aguas altas. Estos eventos pueden destruir obras de regulación de cauce • erosión de orillares por bombeo hidrostático, causado por cambios drásticos de nivel de agua: períodos prolongados de sequía alternados con avenidas de duración media (días -semanas) si lecho no es impermeabilizado • depresión estacional (hasta 10-11 meses/año) de napa freática en particular en margen derecha, de duración superior a la actual 	<ul style="list-style-type: none"> • inhabilitación estacional, casi total de hábitats de cohortes de spp de peces del sistema Paraná; inhabilitación > 10 meses a cota 83 • rehabilitación y colonización de hábitats terrestres (ca. 50 km²) de duración corta (meses); humedales en bassines y áreas más profundas y hábitats méxicos en la periferia. Estos serán objeto de perturbaciones drásticas recurrentes anuales durante aguas altas. • algunos humedales y esteros de isla Yacyretá, margen sobre Aña Cua, tramo proximal a presa BAC y los de margen derecha disminuirán en extensión y cambiarán en composición florística, persistirán spp más tolerantes a sequías prolongadas; tendencia a ambientes xéricos en áreas méxicas, avance de biotopos xéricos sobre humedales y biotopos méxicos (ej. bosques de arary en isla Yacyretá y margen derecha) 	<ul style="list-style-type: none"> • recurso pesca y actividades económicas asociadas (turismo, comercio...) limitado a períodos de aguas altas anuales posible invasión de BAC por spp de peces de sistema Paraná • salud pública: efectos +: disminución de vectores en función de reducción estacional de humedales. Población reasentada en Atinguy se puede beneficiar por depresión de napa en pozos ciegos (sépticos) • ampliación estacional de área aprovechable para cultivos/pastos; estacionalidad no justifica inversiones • disminución estacional de agua de pozos para consumo doméstico • disrupción de sistemas productivos de autosuficiencia (caza, madera, leña) por alteración de biotopos húmedos y méxicos • reducción de recursos bosque/vida silvestre actuales y reemplazo paulatino por spp de ambientes más xéricos 	<ul style="list-style-type: none"> • esta alternativa permite la máxima generación a los dos niveles de operación, 76 y 83 msnm

factores modificadores de las consecuencias		posibilidades de manejo		información complementaria requerida
atenuantes	acelerantes	mitigación	compensación	
<ul style="list-style-type: none"> • áreas disponibles para cultivos/pastos se forman en época de menor crecimiento vegetativo y cuando hay menos propágulos disponibles, i.e., beneficios exiguos • BAC actualmente funciona como trampa, impide desarrollo de procesos poblacionales (reproducción y migración) para muchas especies de peces. Esta condición ha permitido el florecimiento reciente (últimos 10-12 años) de la actividad pesquera • actividad pesquera puede desplazarse a confluencia con brazo San Jose Mi, aunque allí las facilidades de pesca podrían no darse 	<p>la hidrología más probable corresponde a período 1971-1994, cuyas medias son superiores a las de 1901-1970; por tanto biotopos y aprovechamiento social han evolucionado en los últimos 30 años en un contexto de niveles freáticos más altos y con fluctuaciones menores que los esperados con esta alternativa</p>	<ul style="list-style-type: none"> • requiere programación de eventos de lavado (alternativa III) de común acuerdo con comunidades; divulgación amplia de información acerca de plan acordado y cumplimiento estricto de programación Lo anterior requiere experimentación para definir Qs, frecuencias, duración adecuadas 	<ul style="list-style-type: none"> • compra de inversiones asociadas a actividad pesquera (hoteles, restaurantes, comercios especializados...) • crédito blando para traslado de actividades asociadas a pesca a localidades más propicias, v.gr., Coratey Los mecanismos de compensación anteriores pueden inducir inversiones oportunistas y aún sobreestimaciones de rentabilidad de inversiones actuales para mejorar compensación; por tanto conviene hacer inventarios y avalúos previos 	<ul style="list-style-type: none"> • cartografía diacrónica de biotopos asociados a napa freática actual, spp típicas, tolerancias a sequías prolongadas • grado de dependencia de población actual en recursos asociados al río y a los biotopos dependientes de los actuales niveles de la napa freática

alternativa: acción/proceso	consecuencias			
	físicas	bióticas	sociales	sobre generación
<p>V. regulación de cauce con alimentación. Q analizados entre 25 y 200 m³/s. Combina alternativas III (erogación de agua para lavado) y IV (construcción de canal de articulación de pozos). Se menciona caudal ecológico pero no se define. No hubo prediseños. Para 50 m³/s 40-50 m de anchura x 1,5 m de profundidad, velocidad actual en Aña Cuá = ca. 1,0 m/s. Requiere inversiones de capital</p>	<ul style="list-style-type: none"> • impide formación de régimen de arroyo, lechos furcados y pozos aislados por caudales permanentes de BAC (Atinguy + escorrentía local + canal colector de pie de presa + Aguapey) • cambios de caudal drásticos, recurrentes, con período corto (anual), desde muy bajos caudales (condición normal de la alternativa) hasta caudales superiores a máxima histórica en eventos anuales de aguas altas. Estos eventos pueden destruir obras de regulación de cauce • erosión de orillares por bombeo hidrostático, causado por cambios drásticos de nivel de agua: períodos prolongados de sequía alternados con avenidas de duración media (días -semanas) • depresión estacional (hasta 10-11 meses/año) de napa freática en particular en margen derecha, de duración superior a la actual • reducción de napa freática • podría ser equivalente a un riacho natural en términos de caudal • transparencia menor ? autolimpian-te? 	<ul style="list-style-type: none"> • fauna permanente de peces empobrecida en especies, pero no fauna que ingresa sería la normal de río (canal funcionaría como riacho), algunas reófilas y otras de remansos o de arroyo afluentes, habría aumento de depredación. Especulaciones sin información • habilitación y colonización de hábitats terrestres (ca. 50 km²) de duración corta (meses); humedales en bassines y áreas más profundas y hábitats méxicos en la periferia. Estos serán objeto de perturbaciones drásticas recurrentes anuales durante aguas altas. • algunos humedales y esteros de isla Yacyretá, margen sobre Aña Cua, tramo proximal a presa BAC y los de margen derecha disminuirán en extensión y cambiarán en composición florística, persistirán spp más tolerantes a sequías prolongadas; tendencia a ambientes xéricos en áreas méxicas, avance de biotopos xéricos sobre humedales y biotopos méxicos (ej. bosques de arary en isla Yacyretá y margen derecha) 	<ul style="list-style-type: none"> • facilidad de pesca en migración en la boca de canal facilitaría la pesca y generaría conflictos entre pescadores, con ONGes, inter gobiernos • problemas asociados nivel freático no se solucionan • salud pública: efectos +: disminución de vectores en función de reducción estacional de humedales. Población reasentada en Atinguy se puede beneficiar por depresión de napa en pozos ciegos (sépticos) • ampliación estacional de área aprovechable para cultivos/pastos; estacionalidad no justifica inversiones • disminución estacional de agua de pozos para consumo doméstico • disrupción de sistemas productivos de autosuficiencia (caza, madera, leña) por alteración de biotopos húmedos y méxicos • reducción de recursos bosque/vida silvestre actuales y reemplazo paulatino por spp de ambientes más xéricos 	<p>reducción de generación en función de Q derivado, efecto mínimo para los Qs analizados</p>

factores modificadores de las consecuencias		posibilidades de manejo		información complementaria requerida
atenuantes	acelerantes	mitigación	compensación	
<ul style="list-style-type: none"> • áreas disponibles para cultivos/pastos se forman en época de menor crecimiento vegetativo y cuando hay menos propágulos disponibles, i.e., beneficios exiguos • BAC actualmente funciona como trampa, impide desarrollo de procesos poblacionales (reproducción y migración) para muchas especies de peces. Esta condición ha permitido el florecimiento reciente (últimos 10-12 años) de la actividad pesquera • actividad pesquera puede desplazarse a confluencia con brazo San Jose Mi 	<p>la hidrología más probable corresponde a período 1970-1994, cuyas medias son superiores a las de 1901-1994; por tanto biotopos y aprovechamiento social han evolucionado en los últimos 30 años en un contexto de niveles freáticos más altos y con fluctuaciones menores que los esperados con esta alternativa</p>	<p>planteamiento de habilitar canal como un río pequeño, multihabitat con planicie, de desborde, de Q variable... discusión larga que no llega a ninguna parte, R. Quirós le encuentra más problemas (costos de creación y mantenimiento, incertidumbre) que beneficios. Nuevo biotopo sufriría perturbaciones recurrentes con períodos de aguas altas, mayores a cota 76 que a cota 84</p>	<ul style="list-style-type: none"> • comprar inversiones asociadas a actividad pesquera (hoteles, restaurantes, comercios especializados...) • crédito blando para traslado de actividades asociadas a pesca a áreas más propicias, v.gr., Coratey • mecanismos de compensación pueden inducir inversiones oportunistas y aún sobreestimaciones de rentabilidad de inversiones actuales para mejorar compensación; conviene inventariar/avaluar previamente 	<ul style="list-style-type: none"> • cartografía diacrónica de biotopos asociados a napa freática actual, spp típicas, tolerancias a sequías prolongadas • grado de dependencia de población actual en recursos asociados al río y a los biotopos dependientes de los actuales niveles de la napa freática

alternativa: acción/proceso	consecuencias			
	físicas	bióticas	sociales	sobre generación
<p>VI. Qecológico mínimo: 1.500 m³/s por vertedero. No parece haber sido definido con base en estudios. Q ecológico coincide con mínimo histórico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ampliación de pulso de estiaje-inundación (mínimos menores-máximos mayores), [ver figuras 12. y 13., este informe y Quirós, 1998, Anexo I], efecto mayor a cota 83 que a cota 76 • depresión estacional de napa freática a niveles predominantes antes de 1970, río sin regulación predominio de depósitos despues de avenidas grandes y medianas • cambio de dinámica de sedimentos 	<ul style="list-style-type: none"> • desnaturalización de todos los biotopos de la planicie aluvial si operación es a cota 83, efectos acumulativos lentos (años), tendencia a reducción de áreas de humedales, cambios en composición de vegetación (tolerancias diferentes de especies y genotipos a niveles freáticos profundos y a diferentes extensiones y duración de inundaciones) • formación/perturbación estacional de hábitats terrestres en márgenes de áreas fluviales, colonización por vegetación terrestre pionera • tendencias localizadas a ambientes más xéricos • pérdida de hábitas de criaderos de peces proporcional a la superficie de llanura aluvial afectada • colonización por vegetación terrestre de áreas de río por encima de cota para Q=1500 m³/s y destrucción anual durante eventos de aguas altas 	<ul style="list-style-type: none"> • aprovechamiento estacional en pastos y posiblemente en cultivos en márgenes de áreas fluviales colonizadas por vegetación terrestre • empobrecimiento paulatino, lento (años) de biotopos que sustentan sistemas productivos de subsistencia, posible reversión a niveles previos a 1970, pero no hay información confiable para comparar • efecto difuso sobre recurso pesquero (reducción de criaderos de peces) 	<p>Q de entrada a Yacyreta en agosto y septiembre son menores a 13.500 m³/s necesarios para operación plena con 19 máquinas a cota 76</p> <p>a cota 84 Q ingresa < Q necesario 15.000 m³/s</p>

factores modificadores de las consecuencias		posibilidades de manejo		información complementaria requerida
atenuantes	acelerantes	mitigación	compensación	
<ul style="list-style-type: none"> • río regulado desde 1970 (embalses del alto Paraná en Brasil) • construcción de albardones artificiales (diques) y canales para drenaje artificial para impedir inundación de la planicie en margen derecha 	<ul style="list-style-type: none"> • la estacionalidad/regularidad del ciclo no está alterada hasta ahora 	<p>definir Q ecológico en forma diferencial para diferentes épocas del año, durante fase de estiaje; v. gr., en época de máxima sequía histórica, Q ecológico = caudales mínimos medios diarios, en otras épocas Q ecológico = medios diarios de estiaje. (ver alternativa IX). Este caudal se puede suplir ya sea por vertedero, por valvula subsuperficial sin o con generación (ver alternativas X y XI)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • comprar inversiones asociadas a actividad pesquera (hoteles, restaurantes, comercios especializados...) • crédito blando para traslado de actividades asociadas a pesca a áreas más propicias, v.gr., Coratey • mecanismos de compensación pueden inducir inversiones oportunistas y aún sobreestimaciones de rentabilidad de inversiones actuales para mejorar compensación; conviene inventarir/avaluar previamente 	<ul style="list-style-type: none"> • cartografía diacrónica de biotopos asociados a napa freática actual, spp típicas, tolerancias a sequías prolongadas • grado de dependencia de población actual en recursos asociados al río y a los biotopos dependientes de los actuales niveles de la napa freática

alternativa: acción/proceso	consecuencias			
	físicas	bióticas	sociales	sobre generación
<p>VII. (alternativa CDC). Formación de 2 embalses, requiere construcción de presas y vertederos semejantes a los de presa BAC para manejo de grandes caudales. Sin prediseños. Q de alimentación 50 m³/s + Atinguy + escorrentía local</p>	<ul style="list-style-type: none"> • reducción de flujo, aumento de tiempo de residencia • retención de sólidos generados en cuenca aportante aguas abajo de presa BAC (efluentes clocales, desagües de industrias, materiales de erosión) y materiales de disposición de embalsados • desnaturalización (pérdida) del pulso estiaje-creciente • niveles freáticos más estables, en un punto por encima del mínimo pero por debajo del máximo • cambio radical de paisaje 	<ul style="list-style-type: none"> • presa proximal a San José Mi impide repoblamiento, efecto semejante a presa BAC presa Yacyretá se traslada aguas abajo • 10-12 spp de aguas más lénticas favorecidas, ej. spp de arroyos, éstas no tienen en la actualidad interés pesquero (pesca de subsistencia, comercial o deportiva); reducción de aún desaparición en zona de embalses de spp reófilas, quizás ca. 90-100 spp • flujo reducido induce cambios paulatinos en calidad del agua (agravada por materia orgánica de de embalsadospor: sedimentación, aumento leve de temperatura, disminución de oxígeno disuelto a niveles del de los arroyos... es decir se afectan hábitats de peces actuales • efectos sobre biotopos terrestres (distales del río pero por debajo de cota 72) en planicie aluvial de margen derecha debidos a ausencia del pulso y a estabilización de napa freática: sitios xéricos a méxicos humedales a méxicos. 	<p>reducción de ingresos de actividades asociadas a recursos pesca y paisaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pescadores residentes (isla Yacyretá y Atinguy ca. 230 familias) • pescadores turistas • empresarios de turismo y pesca • infraestructura turística (hoteles, casas de recreo, restaurantes) • infraestructura para pesca (embarcaderos, centros de acopio) • desplazamiento de industria turística y pesquera hacia aguas abajo • dificultades con navegación, no es posible navegar de un embalse a otro 	<p>reducción baja por erogación de 50 m³/s</p>

factores modificadores de las consecuencias		posibilidades de manejo		información complementaria requerida
atenuantes	acelerantes	mitigación	compensación	
<ul style="list-style-type: none"> • presa proximal a San José Mi impide repoblamiento, el efecto de trampa del BAC actual se traslada aguas abajo 			<ul style="list-style-type: none"> • planificar aprovechamiento turístico (vela, esquí acuático...) de nuevo paisaje • comprar inversiones asociadas a actividad pesquera (hoteles, restaurantes, comercios especializados...) • crédito blando para traslado de actividades asociadas a pesca a áreas más propicias, v.gr., Coratey • mecanismos de compensación pueden inducir inversiones oportunistas y aún sobreestimaciones de rentabilidad de inversiones actuales para mejorar compensación; conviene inventarir/avaluar previamente 	

alternativa: acción/proceso	consecuencias			
	físicas	bióticas	sociales	sobre generación
<p>VIII. alternativa azudes, número variable, alternativa más opcional por EBY, contempla 3 azudes. Q de diseño 150 m³/s Q recomendado DOC = 260 m³/s</p>	<ul style="list-style-type: none"> • reducción de flujo, aumento de tiempo de residencia hidráulico • retención de sólidos generados en cuenca aportante aguas abajo de presa BAC (efluentes clocales, desagües de industrias, materiales de erosión) y materiales de disposición de embalsados • desnaturalización (pérdida) del pulso estiaje-creciente • niveles freáticos más estables, en un punto por encima del mínimo pero por debajo del máximo 	<ul style="list-style-type: none"> • efecto de barrera < alternativa VII (presas), depende de profundidad de corona de azudes durante estiaje (agosto, septiembre) cuando ocurren migraciones; escotaduras de presa varios m muy altas • 10-12 spp de aguas más lénticas favorecidas, ej. spp de arroyos, éstas no tienen en la actualidad interés pesquero (pesca de subsistencia, comercial o deportiva); reducción, aún desaparición en zona de embalses de spp reófilas, quizás ca. 90- 100 spp • flujo reducido induce cambios paulatinos en calidad del agua (agravada por materia orgánica de embalsados): sedimentación, incremento leve de temperatura, disminución de O₂ a tensiones semejantes a las de los arroyos... i. e., se afectarían hábitats de peces actuales • efectos sobre biotopos terrestres en planicie aluvial de margen derecha, semejantes pero menores que en alternativa VII 	<p>reducción de ingresos de actividades asociadas a recursos pesca y paisaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pescadores residentes • pescadores turistas • empresarios de turismo y pesca • desplazamiento de industria turística y pesquera hacia aguas abajo • dificultades con navegación, no es posible navegar de un microembalse a otro cuyos volúmenes son: 35, 27,3, 22 hm³) en aguas bajas • aumento de conflictos por uso de recursos pesqueros 	<p>generación cercana a la máxima, a los dos niveles de operación, 76 y 83 msnm aún con con Q permanente = 260 m³/s</p>

factores modificadores de las consecuencias		posibilidades de manejo		información complementaria requerida
atenuantes	acelerantes	mitigación	compensación	
<ul style="list-style-type: none"> • azud inferior, proximal a confluencia con brazo San José Mi impide repoblamiento, el efecto de trampa del BAC actual se traslada allí • en la actualidad existe una veda parcial a la pesca en el BAC, impuesta por las autoridades paraguayas; no se cumple a cabalidad y ha generado resquemores y sobornos; si bien este hecho no disminuye los conflictos por los recursos pesqueros es un antecedente a tener en cuenta para el seguimiento y evaluación ex-post 	<p>consecuencias complejas para residentes del BAC quienes además de la pesca poseen cultivos, ganado, caza y aprovechan otros recursos localizados. Muchas de estas familias 15-25, (Bernalt, 1998, Anexo IV), ya fueron relocalizadas de la isla Yacyretá a la cuenca del Atinguy</p>	<p>a. aumentar Q de estiaje para permitir migración de peces b. construir un número mayor de azudes de mayor altura y con escotaduras más profundas para evitar saltos bruscos y permitir navegación y movimientos de peces aún en condiciones de bajo caudal, (ver alternativa XIII) o c. construir semiazudes (azudes que no atraviesan enl río) de baja altura para aumentar rugosidad de lecho e inducir estrechamiento artificial de canal elevación de lámina</p>	<p>inducir desplazamiento de actividad pesquera a brazo San José Mi</p> <ul style="list-style-type: none"> • planificar aprovechamiento turístico (vela, esquí acuático...) de nuevo paisaje • comprar inversiones asociadas a actividad pesquera (hoteles, restaurantes, comercios especializados...) • crédito blando para traslado de actividades asociadas a pesca a áreas más propicias, v.gr., Coratey • mecanismos de compensación pueden inducir inversiones oportunistas y aún sobreestimaciones de rentabilidad de inversiones actuales para mejorar compensación; conviene inventar/avaluar previamente 	<ul style="list-style-type: none"> • caracterización de hábitos y capacidades de especies de peces migratorias para definición de velocidades máximas de corriente, longitudes máximas de recorrido y salto máximo que los peces pueden remontar, con el objeto de dimensionar azudes

alternativa: acción/proceso	consecuencias																										
	físicas	bióticas	sociales	sobre generación																							
<p>IX. Qecológico ≈ Qhistórico. vertido medio diario o medio semanal ≈ 0,3Qafluente a Yacyretá QBAC medio estiaje = 2.965 m³/s serie 1901-1970 (menor valor) Variantes: Qmínimo diario ó Qmínimo semanal</p>	<p>Estas alternativas no tienen implicaciones ambientales*, el objetivo fundamental de todas ellas es permitir un funcionamiento hidrológico e hidráulico de la fase de estiaje del BAC lo más parecido posible a la situación actual, i.e., con los mismos caudales medios y con fluctuaciones de magnitud variable al interior de la fase, tal como ocurre hoy en día (1998). Puesto que estos caudales se originan mediante cambios en la operación diaria de la CHY y no mediante obras de regulación de flujo, no tienen implicaciones sobre las migraciones de peces ni impiden la navegación.</p> <p>El caudal medio de estiaje definido es sólo una indicación de la magnitud, su evaluación de optarse alguna de estas alternativas, debe ser refinada por estudios detallados. El recuadro 9 ' muestra las medias y otros pámetros de la serie completa. El valor medio recomendado es el menor de los tres, correspondiente a la serie del río no regulado (1901-70). Más importante que el valor medio es la forma de la curva de caudales diarios que debe simular la condición natural del río; ésta se establece hipotéticamente en la figura del recuadro y equivale al Qmedio diario histórico menos 0,5 desviaciones típicas, dentro del rango de variación natural que el río ha tenido.</p>			<p>es la alternativa más costosa en términos de generación, a cota 76 implica erogaciones mayores a las de cualquier otra alternativa; a cota 84</p>																							
<p>X. QBAC mediante generación en el BAC con hasta 0,3Qafluente a Yacyretá sin mayores detalles de factibilidad técnica QBAC medio estiaje = 2.965 m³/s</p>	<p>El caudal medio de estiaje definido es sólo una indicación de la magnitud, su evaluación de optarse alguna de estas alternativas, debe ser refinada por estudios detallados. El recuadro 9 ' muestra las medias y otros pámetros de la serie completa. El valor medio recomendado es el menor de los tres, correspondiente a la serie del río no regulado (1901-70). Más importante que el valor medio es la forma de la curva de caudales diarios que debe simular la condición natural del río; ésta se establece hipotéticamente en la figura del recuadro y equivale al Qmedio diario histórico menos 0,5 desviaciones típicas, dentro del rango de variación natural que el río ha tenido.</p>			<p>reducción substancial de costos a EBY; capítulo anterior y Deeb, 1998, anexo VI, analizan reducción, factible a partir de ca. 400 m³/s. Inversión alta. Actualmente en revisión por EBY</p>																							
<p>XI Qhistórico con reprogramación de mantenimiento para liberar excedentes que suplan déficits en BAC Operación promedio actual con 19 de 20 turbinas, caudal base en BAC ≈ Qmedio/turbina ≈ 750 m³/s QBAC medio estiaje = 2.991 m³/s</p>	<p>* En sentido estricto si hay diferencias ambientales relacionadas con la sobresaturación de gases por operación del vertedero con grandes caudales. Las alternativas X y XII tendrían las menores consecuencias porque las descargas por turbinas minimizan la utilización del vertedero; para las otras dos, las consecuencias estarán directamente relacionadas con los caudales vertidos, menores en la alternativa IX que en la XI.</p> <p>Recuadro 9 '. Caudales BAC (estimados de series diarias del Paraná en Posadas)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Q estiaje</th> <th colspan="3">serie</th> </tr> <tr> <th>1901-94</th> <th>1901-70</th> <th>1971-94</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>medio</td> <td>3.241</td> <td>2.965</td> <td>4.019</td> </tr> <tr> <td>mínimo</td> <td>1.173</td> <td>1.173</td> <td>1.713</td> </tr> <tr> <td>máximo</td> <td>15.969</td> <td>15.969</td> <td>15.264</td> </tr> <tr> <td>desviación típica</td> <td>1.417</td> <td>1.229</td> <td>1.640</td> </tr> </tbody> </table>			Q estiaje	serie			1901-94	1901-70	1971-94	medio	3.241	2.965	4.019	mínimo	1.173	1.173	1.713	máximo	15.969	15.969	15.264	desviación típica	1.417	1.229	1.640	<p>reprogramación+optimización de mantenimiento pueden liberar ca. 1.300-1.540 m³/s durante meses críticos. Sin evaluación.* * Operación actual promedio: 18 turbinas en operación, 2 en mantenimiento y varias operadas en modo de <i>regulación primaria de frecuencia</i> (RTF). Q base en BAC 1.300 m³/s (700 por disponibilidad+600 por RTF). (Ing. M. Cardinali, DT/EBY. 19.11.98.)</p>
Q estiaje	serie																										
	1901-94	1901-70	1971-94																								
medio	3.241	2.965	4.019																								
mínimo	1.173	1.173	1.713																								
máximo	15.969	15.969	15.264																								
desviación típica	1.417	1.229	1.640																								
<p>XII. Qhistórico con generación + reprogramación de mantenimiento</p>				<p>combina ventajas y desventajas de las alternativas X y XI. Sin evaluación. Generación actualmente en revisión por EBY</p>																							

factores modificadores de las consecuencias	posibilidades de manejo		información complementaria requerida	
	atenuantes	acelerantes		mitigación
<p>1. Estas alternativas requieren evaluación financiera y técnica detallada. 2. Además de los costos financieros en los que EBY incurriría si las adopta, tienen implicaciones sobre la complejidad de la operación diaria y a corto plazo de la central. 3. Estas alternativas requieren una redefinición de las reglas de operación de la central. 4. Desde el punto de vista del manejo ambiental del BAC pueden ser desventajas, pues durante períodos críticos, i.e., caudales menores a los históricos para una época dada, la decisión del operador será la que favorezca la maximización de la generación.</p>				<p>1. refinar los cálculos de costos de una central de generación en el BAC, inclusive procedimientos de construcción 2. rediseño de programa de mantenimiento que permita liberación máxima de caudales en épocas críticas 3. evaluación de hidrología histórica del Paraná para definir un Qecológico variable a lo largo del año</p>

alternativa: acción/proceso	consecuencias			
	físicas	bióticas	sociales	sobre generación
<p>XIII. retardadores de flujo modificada: 3 azudes, con alineamiento diferente a opción VIII ó 4 azudes, para minimizar diferencias de niveles entre uno y otro durante época de bajos caudales y permitir libre movimiento de peces y de embarcaciones; con escotaduras escalonadas de anchura variable para vertimientos aún en aguas bajas y simular variaciones de nivel durante fase de estiaje. $Q \approx 260 \text{ m}^3/\text{s}$</p>	<ul style="list-style-type: none"> • reducción de flujo, aumento de tiempo de residencia hidráulico • retención de sólidos generados en cuenca aportante aguas abajo de presa BAC (efluentes clocales, desagües de industrias, materiales de erosión) y materiales de disposición de embalsados, efectos menores que en alternativa VIII por mayor Q • niveles freáticos más estables que en la actualidad, en un punto por encima del mínimo pero por debajo del máximo, semejante a alternativa VIII • cambios en paisaje proximal, de aguas lólicas a lénticas 	<ul style="list-style-type: none"> • efecto de barrera < alternativa VIII (azudes tradicional), depende de profundidad de corona de azudes durante estiaje (agosto, septiembre) cuando ocurren migraciones • 10-12 spp de aguas más lénticas favorecidas, ej. spp de arroyos, éstas no tienen en la actualidad interés pesquero (pesca de subsistencia, comercial o deportiva) • flujo reducido induce cambios paulatinos en calidad del agua (agravada por materia orgánica de de embalsados): sedimentación, incremento leve de temperatura, disminución de O_2 a tensiones semejantes a las de los arroyos... i. e., se afectarían hábitats de peces actuales • efectos sobre biotopos terrestres en planicie aluvial de margen derecha, semejantes pero menores que en alternativa VIII 	<p>reducción de ingresos de actividades asociadas a recursos pesca se superan, pero cambio en paisaje puede reducir interés turístico</p> <ul style="list-style-type: none"> • pueden generarse conflictos por zonas y épocas de pesca • se superan las dificultades con navegación pero requiere señalización, balizaje y programa de educación de los usuarios; puede implicar demandas a la EBY por accidentes y pérdidas de equipos y aparatos 	<p>generación cercana a la máxima, a los dos niveles de operación, 76 y 83 msnm aún con con Q permanente = $260 \text{ m}^3/\text{s}$. Evaluación financiera en capítulo anterior y en Deeb, 1998, Anexo VI</p>

factores modificadores de las consecuencias		posibilidades de manejo		información complementaria requerida
atenuantes	acelerantes	mitigación	compensación	
<ul style="list-style-type: none"> • en la actualidad existe una veda parcial a la pesca en el BAC, impuesta por las autoridades paraguayas; no se cumple a cabalidad y ha generado resquemores y sobornos; si bien este hecho no disminuye los conflictos por los recursos pesqueros es un antecedente a tener en cuenta para el seguimiento y evaluación ex-post 		<p>a. aumentar Q de estiaje durante época de migraciones para facilitar ingreso de peces (ver detalles en Quirós, 1998, Anexo I)</p> <p>b. formulación de plan de manejo que incluya:</p> <ul style="list-style-type: none"> • señalización y balizaje del río para evitar accidentes • normas de utilización para navegación, extracción pesquera y recreación • programa de educación a usuarios locales y a visitantes • redefinición de veda y zonificación de áreas y épocas para diferentes usos 		<ul style="list-style-type: none"> • caracterización de hábitos y capacidades de especies de peces migratorias para definición de velocidades máximas de corriente, longitudes máximas de recorrido y salto máximo que los peces pueden remontar, con el objeto de dimensionar azudes y escotaduras • evaluación de factibilidad técnica y económica de instalar equipos para traslado de peces del BAC al embalse

	introducción	50
aplicación de métodos AMO a problemática del BAC		50
	1 definición de objetivos y criterios	53
	2 catálogo de alternativas	54
	3 matriz de pagos	56
	4 juegos de pesos	57
	5 definición de soluciones no dominadas	58
	6 comparación integral de alternativas no inferiores	59
	Consideraciones finales	60

VII Análisis multiobjetivo de las opciones de manejo (AMO)

Análisis multiobjetivo (AMO) de las opciones de manejo

Introducción

El propósito del presente estudio efectivamente define el camino a seguir. La operación plena de la CHY a cota 76 y más aún a cota 83, compite por el agua con los biotopos de las dos márgenes del BAC y con los sistemas de soporte social de ellos derivados. Las varias alternativas posibles para minimizar consecuencias indeseables en el BAC no solucionan adecuadamente el espectro de problemáticas o lo hacen a unos costos muy altos que cuestionan la efectividad económica de la alternativa (síntesis en el cuadro 8.).

Esta concurrencia de competencias exige que las alternativas actuales se examinen de tal manera que las ventajas se conviertan en objetivos a maximizar y las desventajas en objetivos a minimizar. Este camino conduce a la selección de la alternativa subóptima que mejor cumple el espectro de objetivos y a definir los criterios para el diseño de esta alternativa.

Este procedimiento se conoce como *análisis multiobjetivo* y es útil en la comparación de opciones en las cuales las diferencias son difíciles de precisar ya sea por la naturaleza misma de la problemática (v. gr., que incluye incertidumbres o valoraciones sociales y políticas altamente subjetivas) o por la calidad y cantidad de la información antecedente disponible. Estas dos situaciones son ciertamente aplicables al caso del BAC.

Las necesidades están definidas por la naturaleza de la problemática: i. e., mini-

mizar las consecuencias de la reducción extrema de caudales (entre el 70 y el 90% del tiempo a cota 76 y 83 respectivamente) en el brazo Aña Cuá, como consecuencia de la operación plena de la central hidroeléctrica de Yacyretá.

Se requiere encontrar una solución socialmente aceptable que compatibilice las necesidades de generación de energía (propósito fundamental del emprendimiento hidroeléctrico) con la perdurabilidad de los sistemas ecológicos y sociales vinculados al brazo Aña Cuá. Esta solución debe darse dentro de un contexto de transformaciones socialmente positivas o negativas, heredadas de anteriores fases del emprendimiento mismo y cuya continuidad puede verse alterada, es decir, las transformaciones positivas pueden reducirse y las negativas ampliarse.

Con base en la comprobación ambiental del espectro de alternativas (cuadro 9., pp. 51-52) se determinaron las variables de decisión (equivalentes a las consecuencias previstas) y las funciones objetivo (causa proximal de la variable y objetivo del manejo), estas se presentan en el cuadro 10.

Las alternativas consideradas para este análisis, descritas a continuación, no son la totalidad de las incluidas en el cuadro 8., puesto que al definir las variables de decisión y las funciones objetivos algunas diferencias se diluyen, haciendo indistinguibles algunas de ellas.

Aplicación de métodos AMO a la problemática del BAC

En el caso del BAC, se requiere seleccionar la mejor alternativa dentro de un conjunto de obras o procesos que deben eje-

cutarse o implementarse en el brazo propiamente o en la operación de la central hidroeléctrica de Yacyretá, para minimizar en el BAC cambios ecológicos y los que de estos se derivan, tomando como situación antecedente (línea base) el status actual del brazo. Estas obras o procesos están restringidos por consideraciones técnicas y financieras de EBY, la entidad propietaria y operadora de la central hidroeléctrica.

La problemática objetiva es una de competencia entre EBY y sistema BAC por agua del embalse Yacyretá durante épocas de caudales de entrada al embalse inferiores a 13.000 m³/s (operación a cota 76) o inferiores a 15.400 m³/s (operación a cota 84)

El status actual del BAC (desarrollo pesquero, turismo, comercio, crecimiento urbano, patrones de poblamiento, etc.) es un proceso complejo derivado en gran medida de la construcción de Yacyretá

Los problemas heredados de la construcción de Yacyretá que afectan o pueden afectar otras condiciones en el BAC, diferentes de la competencia por agua durante la fase de estiaje del río Paraná (sobresaturación de gases, manejo de embalsados, etc.), no hacen parte del problema a solucionar, pero interactúan de manera diferencial con las varias soluciones propuestas y por tanto deben tenerse en cuenta.

Limitaciones para el análisis

La información cuantitativa antecedente (el BAC antes del emprendimiento Yacyretá) es pobre, particularmente en los aspectos biológicos tanto terrestres como

acuáticos (biotopos, especies, recursos y persistencia de los mismos) y socio-económicos (niveles de utilización de recursos, ingresos, precios)

La información cuantitativa actual es limitada, particularmente en aspectos físicos (niveles, caudales, batimetría), biológicos (biotopos, especies, recursos y persistencia de los mismos) y socio-económicos (niveles de utilización de recursos, ingresos, precios)

Por esta razón de los varios métodos AMO disponibles (un listado amplio se presentó con el informe de avance) se seleccionaron aquellos menos exigentes en información y que permiten el uso de indicadores cualitativos conjuntamente con valores cuantitativos. Estos son:

- promedios ponderados,
- programación de compromiso y
- ELÉCTRE IV

cada uno maneja en forma diferente la estructura de preferencias.

El método de promedios ponderados requiere la transformación de la matriz de pagos a una matriz adimensional; calcula el logro (pago) promedio de una alternativa cuando se consideran simultáneamente los varios criterios de acuerdo con los pesos asignados a cada criterio de evaluación y expresa un valor relativo el logro promedio de cada alternativa. La mejor alternativa es aquella de mayor valor relativo.

El método de programación de compromiso establece una solución ideal –normalmente no factible pues hay objetivos contradictorios– y calcula para cada alternativa la distancia a dicha solución. Por otra parte considera la importancia de las

Cuadro 10. Objetivos del plan de manejo ambiental del BAC

objetivo	criterio	función	límite inferior	límite superior
I.1 ambiental	minimizar en el BAC las consecuencias ecológicas, económicas y sociales de la operación a plena capacidad de la Central Hidroeléctrica de Yacyretá: garantizar el mantenimiento de la pre-decibilidad ambiental y los recursos naturales actuales, de los ingresos por su aprovechamiento, de las condiciones sanitarias y del estilo de vida de la población; minimizar conflictos por el uso de recursos y por la concurrencia de las competencias institucionales. Cambios en estos parámetros por razones diferentes a las generadas por la plena operación del BAC, aún aquellas derivadas de la construcción de Yacyretá no son relevantes en el contexto del presente análisis			
	minimizar durante la fase de estiaje del pulso hidrológico anual los cambios en:		Q propio del BAC	0,3Q _{afluente a Yacyretá}
	amplitud (niveles medios para un mes dado)	nivel = $fA = fQ/v$		
duración (días o meses con un nivel dado)	Q total/mes = Q propio de BAC + Q no utilizado para generación - Q requerido por alternativa			
I.1 ecológico	oportunidad (época del año con un nivel dado)			
I.2 económico	minimizar pérdidas en ingresos netos en:			
	sector pesca	ingresos por pesca = $f(\text{abundancia de recurso}) = f(\text{posibilidades de ingreso de peces a BAC}) = f(\text{salto máximo remontable, velocidad mínima})$		0 (pérdida total de ingresos actuales)
	sector turismo	ingresos por turismo = $f(\text{calidad de paisaje, abundancia de pesca})$ calidad del paisaje = $f(\text{mantenimiento de propiedades de pulso})$		
	sector agropecuario	ingresos por producción = $f(\text{mantenimiento de características del pulso})$		
	aprovechamiento de recursos de flora y fauna silvestre	ingresos por caza/leñateo/recolección = $f(\text{mantenimiento de propiedades de pulso})$		
impuestos de industria y comercio de municipalidad Ayolas	ingresos fiscales = $f(\text{continuidad de actividades productivas})$			
I.3 social	minimizar cambios en condiciones sanitarias por:			
	reducción de caudal de dilución de descargas cloacales	Q sanitario mensual = Q propio de BAC + Q no utilizado para generación - Q requerido por alternativa		Q propio
	aumento de áreas pantanosas por inhabilitación de hábitats acuáticos	áreas pantanosas = áreas inundables actuales + áreas formadas por alternativa áreas formadas por alternativa = $f(\text{reducción de amplitud y duración de pulso})$		áreas actuales
	minimizar conflictos por recursos	conflictos por recurso pesca (por reducción o desplazamiento de recurso) + conflictos por tierras (por habilitación temporal de hábitats terrestres) conflictos pesca = $f(\text{disminución de recurso en BAC})$ conflictos tierras = $f(\text{disminución de amplitud y duración de pulso})$		conflictos nulos por recursos pesca y tierras
	minimizar conflictos interinstitucionales (EBY vs. autoridades ambientales, ONGs, municipalidad de Axyolas, etc.)	conflictos = $f(\text{problemas residuales de la implementación de alternativa})$		insignificante
maximizar empleos temporales y permanentes	cantidad de mano de obra no calificada requerida por alternativa; será generado si alternativa implica obras (empleos temporales) y permanente si obras requieren mantenimiento y operación		0 (sin obras)	significativo (con obras + mantenimiento + operación)

Cuadro 10. Objetivos del plan de manejo ambiental del BAC (continuación)

objetivo	criterio	función	límite inferior	límite superior
2. institucional	hacer un aprovechamiento pleno de las condiciones hidrológicas del embalse Yacyretá con el fin de generar el máximo de energía posible; minimizar las inversiones y gastos de operación y mantenimiento requeridos para la implementación del plan de manejo ambiental del BAC y minimizar el período de incertidumbre antes de la implementación de la alternativa seleccionada			
2.1 financiero	minimizar pérdidas de ingresos por generación	Q requerido por alternativa	0	0,3Q _{afluente a Yacyretá}
	minimizar inversiones en obras/ equipos, gastos de mantenimiento/operación	costos, gastos de alternativa	0 (sin obras)	
	minimizar período de incertidumbre antes de implementación de solución	duración de diseño, contratación, construcción de alternativa	0 (sin obras)	
	minimizar inversiones en obras/equipos, gastos de mantenimiento/operación	costos, gastos de alternativa	0 (sin obras)	costo de alternativa más costosa
	minimizar período de incertidumbre antes de implementación de solución	duración de diseño, contratación, construcción de alternativa	0 (sin obras)	3 años
2.2. político	el objetivo complementario en sentido estricto no hace parte ni del objetivo institucional ni del ambiental, pero es requerido por cada uno de éstos para garantizar en el futuro el adecuado funcionamiento del sistema Yacyretá-BAC. Los criterios complementarios son: flexibilidad , i.e., las opciones a considerar deben trabajar dentro de un amplio espectro de posibles formas de operación del emprendimiento de Yacyretá. En este contexto las opciones deben permitir la incorporación de medidas complementarias de manejo ambiental, v.gr. para: mitigación de la problemática de sobresaturación de gases por operación de vertederos; manejo de embalsados; estructuras para traslado de peces hacia aguas arriba; etc. reversibilidad , i.e., las opciones deben permitir que, como resultado de las actividades de monitoría y seguimiento, se implanten cambios (ajustes) en las obras, acciones y/o en su forma de operación. Se busca eliminar opciones que conlleven cambios permanentes no deseados, de los cuales posteriormente resulte imposible su corrección simplicidad , i.e., es conveniente que el plan de manejo ambiental del BAC pueda ser implementado de manera independiente, i.e., que no requiera procesos operativos complementarios en la central hidroeléctrica. La autonomía de los dos procesos (de operación y de manejo) es deseable a fin de minimizar la toma de decisiones coyunturales para el manejo del BAC			
3. complementario	<p>maximizar la posibilidad de incorporar medidas ambientales u operativas complementarias al emprendimiento Yacyretá</p> <p>una alternativa se considera flexible si permite las siguientes medidas: a. manejo de embalsados y b. sistema de paso de peces c. manejo de sobresaturación de gases La problemática de sobresaturación de gases está asociada al vertimiento de altos caudales por el VBAC, evento no modificado por ninguna de las alternativas a cota 76 y disminuido a cota 84; la alternativa de presas traslada el problema al brazo San José Mi</p>			
3.1 flexibilidad	<p>impide o excluye todas las medidas complementarias</p> <p>permite todas las medidas complementarias</p>			
3.2 reversibilidad	<p>minimizar la ocurrencia de cambios permanentes dada la alta incertidumbre asociada a la evolución futura del BAC</p> <p>una alternativa se considera irreversible si su adopción impide el retorno al estado inicial (situación actual) para optar por otra alternativa Se estima que las alternativas que conllevan obras son más difíciles de abandonarse, y en este sentido irreversibles, por que implican la pérdida de una inversión; pero la decisión de abandonarlas es más fácil si las obras tienen valor de salvamento, i. e., son "menos" irreversibles En este contexto la unica alternativa irreversible es la alternativa presas, todas las demás permiten el retorno al estado inicial</p>			
3.2 reversibilidad	<p>irreversibilidad</p> <p>reversibilidad</p>			
3.3 simplicidad	<p>maximizar la simplicidad de la operación del sistema Yacyretá</p> <p>una alternativa es simple si el manejo ambiental diario del BAC no requiere decisiones de operación, es decir si los caudales en el BAC dependen del diseño de la alternativa; por el contrario es compleja si éste exige permanentemente la toma de decisiones, esto es cuando los caudales en el BAC dependen de la programación diaria de la operación de la central</p>			
3.3 simplicidad	<p>total dependencia de operación diaria de la central</p> <p>total autonomía de la central</p>			

desviaciones extremas, equivalente a evaluaciones de distancia desde diferentes orígenes. Las soluciones se jerarquizan de acuerdo con la distancia, a menor distancia más idónea es la solución.

El método ELECTRE IV requiere el establecimiento de una métrica de calificaciones entre rangos iguales; la métrica aquí utilizada varía entre 0 y 10, tiene 5 rangos de dos unidades cada uno, los puntos medios de cada clase son calificaciones débiles y los superiores son fuertes. Mediante esta métrica se transforma la matriz de pagos original, luego se establecen comparaciones por pares de alternativas para cada criterio y jerarquizaciones cualitativas que son reordenadas cada vez hasta incluir todos los criterios. El método ELECTRE IV sólo jerarquiza las alternativas, no permite establecer valoración relativa entre logros, se recomienda su empleo para jerarquizar un número bajo de alternativas con un número grande de criterios de evaluación.

Los métodos de promedios ponderados y programación de compromiso se utilizaron para la selección de opciones no inferiores y el segundo conjuntamente con ELECTRE IV, para la jerarquización integral de las alternativas no inferiores.

1 Definición de objetivos y criterios

La problemática a solucionar se desagregó en tres grandes objetivos fundamentales: ambiental, institucional y complementario. Los criterios con que estos se evalúan, su definición, indicadores y límites se presentan en el cuadro 10.

Es necesario enfatizar que los criterios establecidos no son independientes, por una parte existen relaciones causales en-

tre ellos (v. gr., las consecuencias económicas y sociales se derivan de los cambios ecológicos); por otra parte, dadas las limitaciones de información, estas relaciones son consideradas al definir los indicadores de evaluación de cada criterio.

1.1 El objetivo ambiental: minimizar en el BAC las consecuencias ecológicas, económicas y sociales de la operación a plena capacidad de la Central Hidroeléctrica de Yacyretá: garantizar el mantenimiento de la predecibilidad ambiental y de los recursos naturales actuales, de los ingresos por su aprovechamiento, de las condiciones sanitarias y del estilo de vida de la población; minimizar conflictos por el uso de recursos y por la concurrencia de las competencias institucionales. Cambios en estos parámetros por razones diferentes a las generadas por la plena operación del BAC, aún aquellas derivadas de la construcción de Yacyretá no son relevantes en el contexto del presente análisis. El objetivo ambiental se divide en tres subobjetivos: ecológico, económico y social.

Nótese que en todo los casos el objetivo y los criterios de evaluación, están expresados en términos de mantener el status actual, es decir de evitar su deterioro. En ningún caso el objetivo se planteó como el mejoramiento de una situación existente, ya sea esta ecológica, social o económica. Este enfoque de facto elimina mitigaciones o compensaciones circunstanciales, no importa que tan deseables y socialmente válidas estas sean; v.gr., el aprovechamiento pesquero o el desarrollo turístico actual en el BAC es susceptible de mejoramiento y puede ser, tal como ha sido identificado en este estudio, una aspiración de las comunidades asentadas en el BAC o de las entidades estatales allí

presentes (ver Bernalt, 1998, Anexo IV); sin embargo la necesidad de dicho mejoramiento no puede interpretarse como consecuencia de la operación de Yacyretá y por tanto la EBY no está obligada a responder por él.

1.2 El objetivo institucional. Efectuar un aprovechamiento pleno de las condiciones hidrológicas del embalse Yacyretá con el fin de generar la energía máxima posible; minimizar las compensaciones, inversiones y gastos de operación y mantenimiento requeridos para la implementación del plan de manejo ambiental del BAC y minimizar el período de incertidumbre antes de la implementación de la alternativa seleccionada.

El objetivo institucional se divide en dos: financiero y político, ambos se evalúan mediante los mismos criterios, pues no existen indicadores independientes como sería deseable. Esta situación en efecto equivale a aumentar los pesos de los criterios financieros. Dicho en otra forma, EBY requiere reducir gastos, inversiones y período de incertidumbre no sólo por motivos estrictamente financieros sino para minimizar el rechazo público e institucional por sus decisiones, el cual puede entorpecer el cumplimiento de su objetivo institucional. Si bien este objetivo político no estaba explícito en los términos de referencia, su inclusión se hizo necesaria para comparar alternativas que bien podrían ser idóneas desde los puntos de vista ambiental y financiero pero no aplicables por las razones expuestas.

1.3 El objetivo complementario.

En sentido estricto no hace parte ni del objetivo institucional ni del objetivo ambiental, pero es requerido por cada uno de éstos para garantizar en el futuro el

adecuado funcionamiento del sistema Yacyretá-BAC. El objetivo complementario tiene connotaciones técnicas, ambientales y políticas. Los criterios complementarios son:

flexibilidad, i.e., las opciones a considerar deben trabajar dentro de un amplio espectro de posibles formas de operación del emprendimiento de Yacyretá. En este contexto las opciones deben permitir la incorporación futura de medidas complementarias de manejo ambiental, v.gr. para: mitigación de la problemática de sobresaturación de gases por operación de vertederos; manejo de embalsados; estructuras para traslado de peces hacia aguas arriba; etc.

reversibilidad, i.e., las opciones deben permitir que como resultado de las actividades de monitoría y seguimiento, se implanten cambios (ajustes) en las obras, acciones y/o en su forma de operación. Se busca eliminar opciones que conlleven cambios permanentes no deseados, en los cuales posteriormente resulte imposible su corrección

simplicidad de operación, i.e., es conveniente que el plan de manejo ambiental del BAC pueda ser implementado de una manera independiente, es decir que no requiera procesos operativos complementarios en la central hidroeléctrica. Esta autonomía de los dos procesos (de operación y de manejo) es deseable a fin de minimizar la toma de decisiones coyunturales para el manejo del BAC.

2 Catálogo de alternativas

En los informes preliminar y de avance se presentó un listado exhaustivo de opciones de manejo ambiental del BAC que

incluía tanto las detalladas en los términos de referencia del estudio como otras planteadas por el grupo consultor. Las opciones se dividieron en dos grandes grupos, aquellas que buscaban optimizar la transformación del BAC a un conjunto de biotopos terrestres y aquellas que buscaban el mantenimiento de las condicio-

nes hidráulicas mediante obras de regulación o mediante procesos de liberación de caudal al BAC.

Esta clasificación fue útil en cuanto permitió establecer la comprobación ambiental básica mediante las cadenas de causalidad entre los procesos y obras de

manejo ambiental del BAC y sus consecuencias físicas, biológicas y sociales, inclusive la identificación de las consecuencias sobre la generación. A su vez, estas comprobaciones permitieron la definición de los criterios de evaluación multiobjetivo. Sin embargo, muchas de las opciones son fundamentalmente com-

binaciones de varios procesos o de obras y procesos, por tanto la lista original de 19 opciones se redujo a 11 básicas y 2 combinadas (cuadro 11.):

I seguía extrema mediante cambio de reglas de operación de vertederos

Cuadro 11. Catálogo de alternativas y parámetros para evaluación de criterios

n°	definición	Q			entrada peces a BAC	formación áreas pantanosas	reducción ingresos%					empleo generado	conflictos por rec-cursos	conflictos inter-instituciones	meses		costos		reducción de po-tencia	reversibilidad	flexibilidad	simplicidad
		VBAC	alternativa	sanitario			pesca	turismo	producción	vida silvestre	fiscales				diseño + contratación	obras	obras	recurrentes				
I	reducción extrema de Q en BAC por cambio en reglas de operación de vertederos: de uso principal VBAC a uso principal del VBP; generación reducida por menor nivel de restitución por vertimientos sólo por BP; $Q_{VBAC} = 0$, $Q_{VBAC} > 0$ si $Q_{afluente}$ a Yacyretá $> 45.000 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{propio \text{ BAC}} = Q_{Atinguy} + Q_{canal \text{ lateral}} = 50 \text{ m}^3/\text{s}$ si $Q_{afluente} \leq 45.000 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{VBAC} = Q_{no \text{ turbinado}} = 0$	0	0	50	restringida por bajo caudal	alta	alta	alta	media	alta	alta	0	alto	alto	0	0	0	0	si	total	gases	compleja
II	secado normal, sólo vertimiento excedentes; permite máxima generación a 76 y 83 m snm, máximo nivel de restitucional minimizar vertimientos por VBP; $Q_{VBAC} = Q_{afluente} - Q_{turbinado}$	0	0	50		alta	alta	alta	media	alta	alta	0	alto	alto	0	0	0	0	no	total	gases	simple
III	II + lavados con fines sanitarios: erogación intermitente, Q menores continuos o discontinuos, derivados de mantenimiento de unidades de generación $100 < Q_{VBAC} < 1.500 \text{ m}^3/\text{s}$ con duración y periodicidad variables	150	150	200		media	alta	alta	media	alta	alta	0	alto	alto	0	0	0	0	no	total	gases	compleja
IV	canalización, regulación de cauce sin alimentación = alternativa II + canal de comunicación de pozos; máxima generación	0	0	50		media	alta	alta	media	alta	alta	medio	alto	alto	6	12	bajos		no	alta	gases	simple
V	canalización, regulación de cauce con alimentación = alternativa III + IV (canal de comunicación de pozos); $Q_{VBAC} = 25-200 \text{ m}^3/\text{s}$; reducción de generación = fQ derivado	150	150	200		media	alta	alta	media	alta	alta	medio	alto	alto	6	12	bajos		no	alta	gases	compleja
VI	caudal "mínimo ecológico" $Q_{mínimo \text{ eológico}} = 1.500 \text{ m}^3/\text{s}$; reducción en generación entre agosto y septiembre para operación plena a cota 76; "caudales ecológicos" menores, v. gr., $50 \text{ m}^3/\text{s}$, son considerados como lavados	1.500	1.500	1.550	libre	baja	nula	nula	nula	nula	nula	0	nulo	nulo	0	0	0	0	no	total	gases, peces embalsados	simple

Cuadro 11. Catálogo de alternativas y parámetros para evaluación de criterios (continuación)

n°	definición	Q			entrada peces a BAC	formación áreas pantanosas	reducción ingresos%					empleo generado	conflictos por recursos	conflictos inter-instituciones	meses		costos		reducción de potencia	reversibilidad	flexibilidad	simplicidad
		VBAC	alternativa	sanitario			pesca	turismo	producción	vida silvestre	fiscales				diseño + contratación	obras	obras	recurrentes				
VII	presas, con formación de embalses, tal como fueran definidas por el CDC (1988) y sin mayores detalles de factibilidad técnica	50	50	100	impedida	nula	alta	media	nula	nulo	media	bajo	alto	alto	12	36	altos		no	nula	nula	simple
VIII	retardadores de flujo (3 azudes en diseño actual), con o sin generación, para caudales del orden de 150-300 m ³ /s, continuos o discontinuos con/sin variantes para facilitar el acceso de los peces hacia la presa Aña Cuá; Q _{VBAC} ambiental = 260 m ³ /s, Q _{VBAC} diseño = 150 m ³ /s	150	150	200		nula	alto	media	nula	nula	media	medio	alto	alto	12	24	medios		no	alta	gases	simple
IX	Q _{ecológico} ≈ Q _{histórico} , vertido medio diario o medio semanal ≈ 0,3Q _{afluente a Yacyretá} Q _{BAC} medio estiaje = 2.991 m ³ /s menor valor en serie 1901-1960 Variantes: Q _{mínimo} diario ó Q _{mínimo} semanal	2.991	2.991	3.041	libre	nula	nula	nula	nula	nula	0	nulo	nulo	0	0	0	0	no	total	gases, peces embalsados	compleja	
X	Q _{BAC} mediante generación en el BAC con hasta 0,3Q _{afluente a Yacyretá} , sin mayores detalles de factibilidad técnica Q _{BAC} medio estiaje = 2.991 m ³ /s	2.991	2.991	3.041	libre	nula	nula	nula	nula	nula	alto	nula	nula	12	36	altos		no	media	peces, gases	compleja	
XI	Q _{histórico} con reprogramación de mantenimiento para liberar excedentes que suplan déficits en BAC. Operación promedio actual con 19 de 20 turbinas caudal base en BAC ≈ Q _{medio/turbina} ≈ 750 m ³ /s Q _{BAC} medio estiaje = 2.991 m ³ /s	2.991	0	3.041	libre	nula	nula	nula	nula	nula	0	nula	nula	0	0	0	0	no	total	gases, peces embalsados	compleja	
XII	Q _{histórico} con generación + reprogramación de mantenimiento	2.991	0	3.041	libre	nula	nula	nula	nula	nula	alto	nula	nula	12	36	altos		no	media	peces, gases	compleja	
XIII	retardadores de flujo modificada: 3 azudes, con alineamiento diferente a opción VIII ó 4, para minimizar diferencias de niveles entre cada uno durante época de bajos caudales y permitir libre movimiento de peces y de embarcaciones; con escotaduras escalonadas de anchura variable para vertimientos aún en aguas bajas y simular variaciones de nivel durante fase de estiaje. Q ≈ 260 m ³ /s	260	260	310	libre	nula	nula	nula	nula	nula	medio	nulo	medio: riesgos navegación en estiaje, nuevo BAC desconocido	12	24	medios		no	alta	peces, gases, embalsados	simple	

II sequía normal, operación de vertederos de acuerdo con los diseños

III lavado sanitario intermitente

IV regulación de cauce sin adición de caudal

V regulación de cauce con adición de caudal

VI caudal "mínimo ecológico"

VII presas con caudal propio del BAC (solución CDC)

VIII azudes, proyecto actual de CIDY

IX caudal histórico medio de estiaje

X generación en BAC con caudal histórico medio de estiaje

XI reprogramación de mantenimiento para liberar caudal histórico medio de estiaje

XII combinación de X y XI

XIII azudes con modificaciones sugeridas por el grupo consultor

Desde el punto de vista ambiental del BAC (i.e., con los criterios aquí inclui-

dos)¹, las alternativas IX y XI, de un lado y X y XII de otro, son indistinguibles pero sus implicaciones financieras, políticas y en relación con los criterios complementarios las discriminan, por tanto se mantuvieron en como alternativas.

En el cuadro 11. se presenta una descripción sucinta de estas alternativas y su relación con los indicadores básicos para evaluación de los diferentes criterios, la

I Tal como se indicó en el capítulo anterior, estas alternativas presentan diferencias ambientales relacionadas con la sobresaturación de gases derivadas la operación del vertedero con grandes caudales.

información se derivo por una parte de la comprobación ambiental citada y por otra de los documentos elaborados por los especialistas del grupo consultor sobre las diferentes temáticas (Anexos I a VI).

3 Matriz de pagos

Corresponde a la expresión numérica del logro (pago) de cada alternativa para cada criterio, inferido a partir de los indicadores del cuadro 11. Las expresiones cualitativas del cuadro 11. se transformaron a escalas numéricas (ver cuadro 12.). En el caso de la valoración de inversiones y gastos (criterios 15 y 17), no se contó

Cuadro 12. Matriz de pagos

objetivo	criterios	sequía _{mx}	sequía _N	lavado	canal seco	canal+Q	Q _{me}	presas	azudes	Q _{histórico}	G _{BAC}	M	G+M	azudes-1		
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII		
ambiental	ecológico	1 amplitud	minimizar cambios	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	
		2 duración	minimizar cambios	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0	0	0	0	0
		3 oportunidad	minimizar cambios	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	económico	4 pesca	minimizar pérdida ingresos	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
		5 turismo	minimizar pérdida ingresos	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0
		6 producción agropecuaria	minimizar pérdida ingresos	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
		7 vida silvestre	minimizar pérdida ingresos	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		8 impuestos	minimizar pérdida ingresos	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0
	social	9 caudal sanitario	minimizar reducción	1	1	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0
		10 áreas pantanosas	minimizar aumentos	1	1	0,66	0,66	0,66	0,33	0	0	0	0	0	0	0
		11 conflictos por recursos	minimizar	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
		12 conflictos interinstitucionales	minimizar	1	1	1	1	1	0	1	0,66	0	0	0	0	0,33
		13 generación de empleo	maximizar	0	0	0	0,66	0,66	0	0,33	0,66	0	1	0	1	0,66
institucional	financiero	14 ingresos por generación	minimizar pérdidas	16,1	0	16,1	0	16,1	524,1	16,1	48,3	1.060,2	518,5¹	0	-541,7¹	85,0
		15 inversiones + gastos	minimizar	1	1	1	9	9	1	11	7/4	1	13/7	1	13/7	7/4
		16 período de incertidumbre	minimizar	0	0	0	18	18	0	48	36	0	48	0	48	36
	político	17 inversiones + gastos	minimizar	1	1	1	9	9	1	11	7/4	1	13/7	1	13/7	7/4
		18 período de incertidumbre	minimizar	0	0	0	18	18	0	48	36	0	48	0	48	36
complementario	19 flexibilidad	maximizar	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1	0	0,33	1	0,66	1	0,66	1	
	20 irreversibilidad	minimizar	0	0	0	0,66	0,66	0	1	0,66	0	0,33	0	0,33	0,66	
	21 simplicidad de operación	maximizar	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0²	0²	1	

1. Reducción de ingresos por generación calculada con base en el modelo de Deeb, 1998, Anexo VI; no contempla los avances recientes de EBY/CIDY en el diseño de una central en el BAC

2. Operación definida como **compleja**, de acuerdo con información del DT de EBY en 1998. Actualmente operación puede ser más **simple** como consecuencia de requisitos de mantenimiento

con información sobre costos de algunas alternativas, en este caso se asignó a cada alternativa el ordinal de la clasificación de costos desde la alternativa más barata –sin obras ni gastos de operación y mantenimiento (1)– hasta la más costosa que se asume es la generación de energía en el BAC.

Los costos de la energía no generada se estimaron con base en el caudal requerido por la alternativa y el valor de la energía que EBY deja de generar por desviar dichos caudales al BAC, según el cálculo elaborado por Deeb, 1998, Anexo VI y presentado en otro aparte de este estudio.

4. Juegos de pesos

Los juegos de pesos para el análisis se presentan en los cuadros 13a y 13b. Esta separación se hace necesaria, como se verá más adelante, para seleccionar las

soluciones no inferiores con un número reducido de criterios (juego del cuadro 13a.) y para jerarquizar las alternativas así seleccionadas con todos los criterios. Los 3 juegos del cuadro 13b., utilizados para la jerarquización de las soluciones no inferiores, enfatizan -sin reducir la importancia central de lo institucional- diferentes criterios de la evaluación.

De acuerdo con la matriz de pagos (cuadro 12.) no existe una alternativa dominante positiva ni negativa, i.e., ninguna alternativa es superior ni inferior simultáneamente para todos los criterios de evaluación. Por esta razón, se requiere una evaluación preliminar que permita reducir el número de soluciones. Con la matriz de pagos total (13 alternativas x 21 criterios) se intentó una jerarquización; ésta -por todos los métodos y con los 3 juegos de pesos del cuadro 13b.- produce lo que era de esperar: compensaciones

Cuadro 4b. Juegos de pesos, análisis de sensibilidad, comparación integral de alternativas no inferiores

criterios	peso 1	peso 2	peso 3
ambiental	35	45	28
<i>ecológico</i>	11	14	8
1 amplitud	5	8	4
2 duración	3	3	2
3 oportunidad	3	3	2
<i>económico</i>	14	16	15,5
4 pesca	5	6	5
5 turismo	5	5	5
6 producción agropecuaria	2	3	3
7 vida silvestre	1	1	1,5
8 impuestos	1	1	1
<i>social</i>	10	15	4,5
9 caudal sanitario	1	2	0,5
10 áreas pantanosas	1	2	0,5
11 conflictos por recursos	2	3	1
12 conflictos interinstitucionales	5	6	2
13 generación de empleo	1	2	0,5
institucional	50	45	52
<i>financiero</i>	40	37	43
14 ingresos por generación	30	25	32
15 inversiones + gastos	5	6	6
16 período de incertidumbre	5	6	5
<i>político</i>	10	8	9
17 inversiones + gastos	6	5	6
18 período de incertidumbre	4	3	3
complementario	15	10	20
19 flexibilidad	3	2	5
20 irreversibilidad	2	1	3
21 simplicidad de operación	10	7	12
Σ	100	100	100

entre los criterios ambientales y los institucionales, de tal manera que el bajo costo y eficiencia para EBY de algunas soluciones las coloca por encima de otras aunque no resuelven los conflictos ambientales que son los que motivaron la consulta. Es decir, una solución que no resuelve ninguno de los conflictos am-

bientales no es solución, aunque aparentemente pueda ser favorecida por EBY por su bajo costo. Esta inconsistencia exigió la determinación previa de las alternativas no inferiores con base en los criterios ambientales (ecológicos, económicos y sociales) únicamente.

Cuadro 13a. Juegos de pesos, analisis de sensibilidad, selección de alternativas no inferiores

criterios	peso 1	peso 2	peso 3
ambiental			
<i>ecológico</i>	35	25	30
1 amplitud	15	11	14
2 duración	10	7	8
3 oportunidad	10	7	8
<i>económico</i>	35	40	30
4 pesca	12	15	10
5 turismo	12	15	10
6 producción agropecuaria	6	5	5
7 vida silvestre	3	3	3
8 impuestos	2	2	2
<i>social</i>	30	35	40
9 caudal sanitario	5	8	8
10 áreas pantanosas	5	5	6
11 conflictos por recursos	5	5	6
12 conflictos interinstitucionales	10	12	15
13 generación de empleo	5	5	5
Σ	100	100	100

5. Definición del conjunto de soluciones no dominadas (no inferiores)

Consiste en la jerarquización para selección de alternativas no dominadas (no inferiores), definidas como aquellas que no logran cumplir con el objetivo ambiental (criterios ecológicos, económicos y so-

ciales). Puesto que la finalidad fundamental del plan cuyas opciones se requiere evaluar es minimizar los cambios en la estructura y funcionamiento ambientales actuales del BAC, resultantes de la operación a plena capacidad de Yacyretá, para este primer proceso se consideró toda la gama de alternativas (I a XIII) pero sólo los criterios ambientales (1 a 13). Es de-

Cuadro 14. BAC comparación ambiental de alternativas. Jerarquización para selección de alternativas no dominadas (no inferiores), definidas como aquellas que no logran cumplir con el objetivo ambiental (criterios ecológicos, económicos y sociales). Ver detalles en texto.

alternativa: 13 criterios 13 pesos 3

juego de pesos	Promedios ponderados		Programación de compromiso					
			grado del medidor (m) 1,00		grado del medidor (m) 2,00		grado del medidor (m) ∞	
	alternativa	valor relativo	alternativa	distancia	alternativa	distancia	alternativa	distancia
I	10	1.000,00	10	0,00	10	0,00	10	0,00
	12	1.000,00	12	0,00	12	0,00	12	0,00
	9	950,00	9	5,00	13	13,78	13	0,34
	11	950,00	11	5,00	9	25,00	1	1,00
	13	950,00	13	5,00	11	25,00	2	1,00
	6	658,50	6	34,15	6	283,97	3	1,00
	8	452,00	8	54,80	8	458,70	4	1,00
	7	401,50	7	59,85	7	523,47	5	1,00
	5	141,50	5	82,85	5	796,86	6	1,00
	4	125,00	4	84,50	4	805,03	7	1,00
	3	92,00	3	87,80	3	827,14	8	1,00
	2	50,00	2	92,00	2	860,00	9	1,00
	1	0,00	1	97,00	1	935,00	11	1,00
II	10	1.000,00	10	0,00	10	0,00	10	0,00
	12	1.000,00	12	0,00	12	0,00	12	0,00
	9	950,00	9	5,00	13	18,57	13	0,34
	11	950,00	11	5,00	9	25,00	1	1,00
	13	943,40	13	5,66	11	25,00	2	1,00
	6	738,50	6	26,15	6	155,97	3	1,00
	8	438,80	8	56,12	8	486,87	4	1,00
	7	381,50	7	61,85	7	576,47	5	1,00
	5	141,50	5	83,35	5	842,11	6	1,00
	4	125,00	4	85,00	4	850,28	7	1,00
	3	92,00	3	88,30	3	872,39	8	1,00
	2	35,00	2	94,00	2	934,50	9	1,00
	1	0,00	1	97,50	1	971,25	11	1,00

Cuadro 14. BAC comparación ambiental de alternativas. (continuación)

juego de pesos	Promedios ponderados		Programación de compromiso					
			grado del medidor (m) 1,00		grado del medidor (m) 2,00		grado del medidor (m) ∞	
	alternativa	valor relativo	alternativa	distancia	alternativa	distancia	alternativa	distancia
III	10	1.000,00	10	0,00	10	0,00	10	0,00
	12	1.000,00	12	0,00	12	0,00	12	0,00
	9	950,00	9	5,00	9	25,00	13	0,34
	11	950,00	11	5,00	11	25,00	1	1,00
	13	933,50	13	6,65	13	27,39	2	1,00
	6	700,20	6	29,98	6	205,92	3	1,00
	8	464,00	8	53,60	8	406,90	4	1,00
	7	396,50	7	60,35	7	542,22	5	1,00
	5	153,20	5	82,18	5	779,06	6	1,00
	4	133,40	4	84,16	4	790,82	7	1,00
	3	100,40	3	87,46	3	812,93	8	1,00
	2	40,00	2	93,50	2	881,25	9	1,00
	1	0,00	1	97,50	1	929,25	11	1,00

cir se busca eliminar de la lista de alternativas aquellas de muy bajo logro para los objetivos ambientales.

Para la selección de las opciones de mejor logro ambiental se emplearon los métodos de promedios ponderados y programación de compromiso, esta última considerando los límites inferior y superior de cada criterio. No se empleó para este análisis el método ELECTRE IV, puesto que este sólo jerarquiza las alternativas sin establecer diferencias relativas.

Los dos métodos arrojan resultados semejantes para los diferentes juegos de pesos (cuadro 14), las opciones X y XII por una parte y IX y XI por otra, son indistinguibles desde el punto de vista ambiental –con los criterios establecidos– lo cual es obvio al inspeccionar la matriz de pagos (cuadro 12.).

Si se toma como punto de corte para la eliminación de las alternativas inferiores

aquellas ubicadas en el 50% inferior del rango de evaluación, se eliminan las alternativas I a V, VII y VIII. Esta última está en incluida en el rango inferior en todos los análisis y por tanto debe eliminarse, sin embargo su ubicación es muy cercana y por otra parte es la opción favorecida por EBY, por tanto se selecciona como opción no inferior para la comparación siguiente con todos los criterios. En suma, las alternativas seleccionadas para la evaluación integral que considera simultáneamente los tres grandes objetivos –ambiental, institucional y complementario– son: VI, VIII y IX a XIII.

5.1 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad para la selección de alternativas no inferiores se estableció mediante la definición de tres juegos de pesos dentro de un rango de variación estrecho (± 5%) para cada gran objetivo, ver cuadro 13a. Cada uno de los 3 juegos enfatiza objetivos diferentes:

- en el primero que se podría denominar balanceado, los tres grandes objetivos (ecológico, económico y social) presentan globalmente el mismo peso, ligeramente mayor para los objetivos ecológico y económico,
- en el segundo juego prima el objetivo económico y se minimiza la importancia del objetivo ecológico,
- en el tercero se otorgó más importancia al objetivo social, mientras que los otros dos objetivos contribuyen por igual a la calificación de la alternativa.

Tanto los valores relativos del método de promedios ponderados, como las distancias de la programación de compromiso permiten distinguir claramente dos grupos de soluciones. Con los dos métodos la solución de transición, pero en el rango inferior, es la de azudes sensu CIDY (VIII), de todas maneras incluida en el grupo de alternativas no inferiores. Esto no sesga los resultados pues cada alternativa en la matriz de pagos tiene su evaluación absoluta para cada criterio, es decir que la alternativa XI o la XIII se ubicaría como la primera en la jerarquización, así no se hubiese incluido la VIII.

6 Comparación integral de alternativas no inferiores

La jerarquización de las alternativas para selección de la alternativa óptima, definida como aquella de mejor logro de los objetivos ambiental, institucional y complementario, se efectuó para las alternativas seleccionadas mediante el procedimiento descrito anteriormente: VI (caudal "ecológico mínimo"), VIII azudes, diseño actual, IX (caudal histórico medio de estiaje), X (generación en BAC con

caudal histórico medio de estiaje), XI (reprogramación de mantenimiento para liberar caudal histórico medio de estiaje), XII (combinación de X y XI) y XIII (azudes con modificaciones sugeridas por el grupo consultor). Estas siete alternativas se sometieron a una evaluación multiobjetivo, en este caso, integrando los objetivos ambiental, institucional y complementarios. El análisis se realizó mediante los métodos de programación de compromiso y ELECTRE IV.

Dicha evaluación se realizó bajo tres juegos de pesos (ver cuadro 13b.) para los objetivos (a manera de análisis de sensibilidad) y lógicamente para los criterios de evaluación de los objetivos. En todos los casos al objetivo institucional se le dió el mayor peso, alrededor del 50%, al objetivo ambiental se le asignaron pesos un poco menores, en el rango entre el 28% y 45%, y al objetivo complementario el menor peso (entre 10% y 20%).

Dentro del objetivo institucional, al subobjetivo financiero se le dió el mayor peso, entre el 37% y el 43% y dentro de éste, se consideró de mayor relevancia al criterio de minimizar el ingreso sacrificado por el caudal destinado al manejo ambiental del BAC, entre el 25% y el 32% del peso de todos los criterios.

La alternativa XIII (azudes modificados) es seleccionada para todos los pesos por ELECTRE IV como la mejor. En 5 de las 9 jerarquizaciones generadas por el método de programación de compromiso la alternativa XIII es la mejor y la alternativa XI (liberación de caudales mediante reprogramación de mantenimiento) lo es en 3. Ninguna otra alternativa califica como la mejor mediante estos dos métodos.

Cuadro 15. BAC comparación integral de alternativas no inferiores. Jerarquización para recomendación de alternativa óptima, definida como aquella de mejor logro de los objetivos ambiental, institucional y complementario. Ver detalles en texto.

alternativa: 7 criterios 21 pesos 3

juego de peso	Programación de compromiso						ELECTRE IV	
	grado del medidor (m)1,00		grado del medidor (m) 2,00		grado del medidor (m) [∞]			
	alternativa	distancia	alternativa	distancia	alternativa	distancia	alternativa	clasificación
I	11	21,31	13	184,28	13	0,75	13	1
	13	27,45	12	203,48	6	1,00	12	2
	6	29,87	11	207,26	8	1,00	11	3
	12	31,68	8	234,41	9	1,00	6	4
	9	41,00	6	427,07	10	1,00	9	5
	8	46,93	10	591,24	11	1,00	8	6
	10	51,37	9	1001,00	12	1,00	10	7
II	11	17,59	11	126,79	13	0,75	13	1
	13	25,48	13	143,57	6	1	12	2
	12	28,01	12	155,57	8	1	11	3
	6	29,36	8	216,63	9	1	6	4
	9	34,00	6	317,40	10	1	9	5
	10	44,42	10	424,85	11	1	8	6
	8	47,23	9	678,00	12	1	10	7
III	11	23,50	13	202,38	13	0,75	13	1
	13	27,49	8	237,46	6	1,00	11	2
	6	28,04	12	253,87	8	1,00	6	3
	12	34,69	11	265,15	9	1,00	12	4
	8	44,02	6	469,33	10	1,00	9	5
	9	44,50	10	695,06	11	1,00	8	6
	10	55,69	9	1168,25	12	1,00	10	7

• la alternativa XI (reprogramación del mantenimiento) implica sólo acciones de implementación inmediata, un período de incertidumbre nulo, su idoneidad es evaluable en el corto plazo.

• la alternativa de azudes modificados, conlleva la construcción de obras civiles, su período preimplementación se estima en 36 meses, de los cuales unos 6 a 8 meses, son los necesarios para diseño y preparación de contratación de obra.

Los intereses de EBY se contemplan en 5

criterios, 3 financieros y 2 "políticos", por falta de un mejor denominador. Otros atributos discutidos por el grupo consultor y resaltados en las discusiones con funcionarios del DOC, pero no clasificables como exclusivamente ambientales ni como exclusivamente institucionales son los denominados criterios "complementarios" y permiten distinguir las soluciones. En esta forma, no todo lo que no es EBY es "ambiental". Lo ambiental del Año Cuá y de cualquier entorno es en primer lugar ecológico: estructura y dinámica; en segundo lugar económico: esto es, re-

cursos, accesibilidad y grado de aprovechamiento de los mismos; y por último social: salud, calidad y estilos de vida. En otras palabras, se pretende en primera instancia separar aquellas soluciones que realmente modifican una situación ambiental (ecológica, económica y social) prevista de las que no lo hacen y en segundo lugar, identificar de manera integral, i.e., considerando todos los criterios simultáneamente, la solución más cercana a la ideal.

Consideraciones finales

1 Operación y mantenimiento actuales

Con posterioridad a la realización del AMO aquí consignado, la EBY ha avanzado en dos aspectos que exigen una modificación de la matriz de pagos (cuadro 16.). El caudal base del BAC sería en promedio ca. 1.300 m³/s, según el nuevo esquema de operación²: 2 turbinas en mantenimiento y 18 en operación (liberación de 700 m³/s), algunas operadas en modo de regulación primaria de frecuencia, RPF (liberación de 600 m³/s).

² Ing. M. Cardinali, DT/EBY. 19.11.98. Comentarios a la versión preliminar de este informe final.

Cuadro 16. Modificaciones a pagos, criterio 14 (minimizar pérdidas de ingresos por generación)¹

ítem	alternativa						
	Q _{me} VI	azudes VIII	Q _{histórico} IX	G _{BAC} X	M XI	G+M XII	azudes-1 XIII
Q alternativa sensu AMO, m ³ /s	1.500	150	2.991	2.991	0	0	260
costos Q sensu AMO, MUS\$, VPN	524,1	48,3	1.060,2	518,5	0,0	-541,7	85,0
Q adicional requerido hoy, m ³ /s	200	n.a.	1.691	1.691	0	0	n.a.
costos Q adicional, MUS\$, VPN ²	64,5	n.a.	596,0	54,3	0,0	-541,7	n.a.

1. Reducción de ingresos por generación, calculada con base en modelo de Deeb, 1998, Anexo VI; no contempla avances recientes de EBY/CIDY en el diseño de una central en el BAC.
2. n.a. = criterio no aplicable

La reducción de ingresos por generación (criterio 14, calculada como el costo neto del caudal requerido por la alternativa) considera que a ese caudal se deben restar los 1.300 m³/s que el programa actual de operación libera en promedio³. Esta diferencia es negativa en el caso de los azudes (alternativas VIII y XIII), i.e., los azudes constituyen soluciones innecesarias y posiblemente impracticables. En el caso de la alternativa VI (mínimo "ecológico") se reduce a 200 m³/s, haciéndola competitiva por su bajo costo.

El costo de la alternativa IX (costo del caudal medio histórico, estimado con base en la serie 1901-60 en 2.291 m³/s,) disminuye considerablemente al reducirse el caudal complementario necesario a 1.691 m³/s.

El costo de la alternativa XI continúa siendo cero, pero la complejidad (criterio 21) es la misma puesto que el mantenimiento debe reprogramarse de todas maneras para liberar caudales que acerquen

³ El modelo de Deeb (1998, Anexo VI), debe ajustarse con las condiciones actuales para calcular los costos reales de reducción de ingresos por generación.

Cuadro 17. BAC comparación integral de alternativas no inferiores. Jerarquización para recomendación de alternativa óptima, definida como aquella de mejor logro de los objetivos ambiental, institucional y complementario. alternativas 5, criterios 21, pesos 3. Matriz de pagos como en cuadro 15., excepto criterio 14, datos en cuadro 16. Ver detalles en texto.

juego de peso	Programación de compromiso						ELECTRE IV	
	grado del medidor (m) 1,00		grado del medidor (m) 2,00		grado del medidor (m) ∞			
	alternativa	distancia	alternativa	distancia	alternativa	distancia		
I	11	25,28	12	203,48	6	1,00	11	1
	6	25,81	6	280,88	9	1,00	6	2
	12	31,68	11	305,03	10	1,00	12	3
	9	41,00	10	450,47	11	1,00	9	4
	10	47,40	9	1.001,00	12	1,00	10	5
II	11	20,90	12	155,57	6	1,00	11	1
	6	25,98	11	194,69	9	1,00	6	2
	12	28,01	6	215,88	10	1,00	12	3
	9	34,00	10	327,09	11	1,00	9	4
	10	41,11	9	678,00	12	1,00	10	5
III	6	23,72	12	253,87	6	1,00	11	1
	11	27,74	6	303,00	9	1,00	6	2
	12	34,69	11	376,40	10	1,00	12	3
	9	44,50	10	534,89	11	1,00	9	4
	10	51,45	9	1.168,25	12	1,00	10	5

el caudal efectivo del BAC en estiaje (1.300 m³/s) al caudal medio histórico para esa estación (2.991 m³/s).

Para la alternativa X, el costo es el asociado a 1.691 m³/s, caudal necesario para igualar el caudal histórico, al cual se deben abstraer los ingresos esperados por EBY por la generación en el BAC. La alternativa XII asume que dicho caudal complementario puede obtenerse por reprogramación del mantenimiento. Así, los ingresos por generación sobrecompensan las pérdidas, pero la alternativa continúa siendo compleja (criterio 21).

2 Generación en BAC

Recientemente la EBY ha contratado con CIDY los diseños de una central en el

BAC⁴. Las características previstas son: capacidad instalada de 250 MW, energía 1.891 GWh/año, con un caudal de 1.500 m³/s. Ingresos esperados MUS\$34/año, costos MUS\$197 e incluyen sistema de transferencia de peces. Estos costos son sensiblemente menores que los generados por Deeb, 1998, Anexo VI. Por estar agregados no permiten comparaciones³.

El AMO se calculó de nuevo con las modificaciones a la matriz de pagos indicadas en el cuadro 16, los resultados se presentan en el cuadro 17. En general la tendencia es la selección de la alternativa XI como la mejor (5 de 12 jerarquizaciones).

⁴ Ing. M. Perayre, DOC/EBY. 19.4.99. Carta al coordinador del grupo consultor de este estudio.

introducción	62
recomendaciones generales	62
alternativa recomendada	63
monitoría	63
consideraciones sociales	64
epilogo	64

VIII Recomendaciones

Recomendaciones

Introducción

Las recomendaciones formuladas por el grupo consultor, con base en el primer análisis multiobjetivo detallado en el capítulo anterior y presentadas en la versión preliminar de este informe final (9.9.98) son obsoletas o por lo menos cuestionables, en consideración a los avances recientes de la EBY en cuanto a:

- operación efectiva que implica un caudal base en el BAC mucho mayor que el inicialmente contemplado
- estudio detallado de una central de generación en el BAC, alternativa poco aceptada inicialmente por la EBY por sus implicaciones "políticas", como se indicó en la discusión sobre los criterios de comparación.

Tal como se presentó en el último subtítulo del capítulo anterior, estos avances efectivamente reducen el abanico de posibilidades a una sola opción tecnológica –reposición de caudales semejantes a los del BAC antes del inicio de la operación plena de la CHY y eliminan la opción de restituir sólo niveles. Para esta opción existen cinco alternativas:

- VI caudal medio "ecológico"
- IX caudal medio histórico de estiaje en el BAC
- X generación en el BAC
- XI reprogramación del mantenimiento
- XII combinación de X y XI

Si se hace caso omiso de las consecuencias de la operación del vertedero con grandes caudales, asociadas a la sobresaturación de gases (condición heredada),

estas alternativas son indistinguibles desde el punto de vista de los criterios ecológicos y económicos, presentan pequeñas diferencias para los criterios sociales. Las diferencias importantes están relacionadas con los criterios institucionales y complementarios, en los cuales son preponderantes los aspectos financieros.

¿Cabe entonces preguntarse si un análisis multicriterio como el desarrollado a lo largo de este informe es justificable, cuando las alternativas viables se podrían discriminar mediante un análisis financiero?

Al inicio de esta consultoría no existía claridad sobre cuál era la mejor opción, había inclusive discrepancias entre los integrantes del grupo consultor. La EBY estaba sesgada hacia una solución ingenieril de bajo costo y por razones denominadas aquí como "políticas", era reacia a considerar esquemas que implicaran modificación de las reglas de operación de la central o a minimizar pérdidas mediante generación en el BAC.

Hoy en día una y otra alternativas son no solamente aceptables sino que cuentan con el respaldo de la entidad. Se considera que la discusión generada desde el inicio por este estudio contribuyó a cambiar esta actitud. El análisis multicriterio fue una herramienta esencial para la definición clara de los objetivos, para el mejor perfilamiento de las alternativas y para su evaluación integral.

Por otra parte, es necesario resaltar que los pesos dados a los criterios institucionales y complementarios diluyen las pequeñas diferencias ambientales, si bien el AMO trata de resolver esta limitación, no la elimina del todo; v.gr., la alternativa VI

(caudal mínimo "ecológico") cobra competitividad por su bajo costo, ya no se trata de reponer en el BAC 1.500 m³/s sino 200, casi el mismo caudal complementario requerido por las alternativas de azudes (VIII y XIII)!

A continuación se revisan las recomendaciones originales –enmarcadas dentro de los términos de referencia del estudio– y que fueran sometidas a consideración de los técnicos de EBY en la versión preliminar de este informe. Las sugerencias y comentarios recibidos de EBY en abril de 1999 fueron analizadas por el coordinador del grupo consultor e incorporadas a la presente revisión.

Las recomendaciones presentan los ajustes derivados del segundo análisis multiobjetivo que incluye los citados avances de la EBY, aunque se advierte que éstas se formulan en ausencia de un conocimiento detallado de dichos avances y no tuvieron el beneficio de la discusión ni entre los miembros del grupo consultor ni con el personal de EBY.

Recomendaciones generales

a. se deben descartar las alternativas VIII y XIII (azudes sensu EBY y azudes modificados) para el manejo del BAC. Hay incertidumbre acerca de las posibilidades de materializar los diseños más adecuados y en las condiciones imperantes de operación mencionadas, son impracticables.

b. igualmente se deben descartar las alternativas VI (caudal mínimo "ecológico"), de logro limitado en cuanto a los criterios ambientales a pesar de ser atractiva por su bajo costo; y la alternativa IX (reposición por vertedero del caudal medio his-

tórico) que si bien es satisfactoria en cuanto a los logros ambientales posee un elevado costo.

c. originalmente se había recomendado una estrategia consistente en optar en primera instancia por la alternativa XI de reprogramación del mantenimiento, de mejor logro ambiental (criterios 1 a 13) y máxima reversibilidad (criterio 20) y descartar la alternativa VI (caudal "ecológico mínimo") como la opción a emplear durante el período de incertidumbre¹.

Esta recomendación cobra validez en las condiciones de operación actuales, puesto que el programa de mantenimiento vigente libera en promedio ca. 1.300 m³/s que pueden desviarse permanentemente al BAC.

Se requiere de todas maneras un estudio detallado de la operación con miras a incrementar este caudal base y a acercarlo al caudal medio de estiaje, seguramente más alto, según se planteó en los capítulos anteriores.

Es imperativo el acompañamiento de la implementación de la alternativa XI, con un programa intensivo de seguimiento y monitoría tanto del comportamiento hidrológico del BAC, como de los procesos administrativos y de operación, con miras a refinar las reglas de operación del embalse. Por otra parte, el seguimiento y

¹ El período de incertidumbre hacía referencia al lapso transcurrido antes de la adopción de una medida definitiva para el manejo ambiental del BAC. De acuerdo con las recomendaciones iniciales sería la alternativa XIII, azudes modificados. En las actuales condiciones de operación la medida definitiva bien podría ser la alternativa XII.

monitoría deben contemplar además el status de los biotopos y de los recursos asociados al BAC y susceptibles de ser afectados por la operación de la central hidroeléctrica.

En este sentido es fundamental que la EBY continúe sus esfuerzos de evaluación del recurso y de la actividad pesquera en el BAC. Como complemento, se recomienda el apoyo a la municipalidad de Ayolas o a las entidades paraguayas encargadas del manejo pesquero, en el diseño, montaje y operación de sistemas de registro de pesca tanto comercial y artesanal como deportiva. Es muy posible que en un futuro se requieran evaluaciones similares a la consignada en este informe y sería inconveniente que ellas se basaran en datos cualitativos e imprecisos como los aquí utilizados.

d. como complemento a la anterior recomendación –y en atención a la complejidad de la implementación de la alternativa XI, criterio 21– se reitera la conveniencia de avanzar, simultáneamente durante el período de incertidumbre (ver nota 1, página anterior), con los diseños de una central hidroeléctrica en el BAC, alternativa X.

La combinación de generación en BAC con bajos caudales, v.gr., con 200 m³/s requeridos por la alternativa VI, no fue evaluada con el método AMO y debe ser descartada por razones financieras; de acuerdo con los análisis de Deeb, 1988, Anexo VI, sólo a partir de 390 m³/s comienza a ser rentable la generación en el BAC.

En este contexto, tal como se ha indicado en otros apartes de este informe, los

avances actuales de la EBY en el diseño de una central hidroeléctrica en el BAC van más allá de lo que es posible registrar en este informe.

La alternativa recomendada

La alternativa XI de reprogramación del mantenimiento mantiene el determinante fundamental de la estructura y funcionamiento del ecosistema BAC: la conexión entre el río y su llanura de inundación (Quirós, 1998, Anexo I; Acevedo, 1998, Anexo III) y permite la simulación de las variaciones de caudales (y niveles) durante el estiaje, cuya significancia ecológica para los biotopos asociados al BAC, si bien es desconocida no por ello puede considerarse intrascendente.

Consecuencias heredadas. La alternativa XI no mitiga algunos de los impactos negativos sobre los ecosistemas acuáticos del BAC resultantes de acciones antecedentes del proyecto Yacyretá (situación heredada). Las más importantes son el cierre del BAC a las migraciones ascendentes de los peces y la sobresaturación producida por la operación del vertedero Aña Cuá. (Quirós, 1998, Anexo I).

Para mitigar los impactos negativos del cierre del brazo sobre las migraciones ascendentes con fines reproductivos el pasaje de peces hacia aguas arriba es la medida de mitigación recomendada². Las alternativas a considerar abarcan desde la construcción de estructuras de pasaje de peces en la actual presa Aña Cuá hasta un

² Los diseños de una central en el BAC actualmente adelantados para la EBY por la CIDY, contemplan una estructura para pasaje de peces. No se conocen los detalles de ésta.

sistema de captura, transporte y liberación en la cola de embalse, pasando por la ya propuesta utilización del canal a pie de presa y del embalse del arroyo Agua-pey como repositorio para la variabilidad genética de los peces del BAC. (Quirós, 1998, Anexo I)

La mitigación de los efectos negativos de la sobresaturación producida por el VAC sobre los peces del BAC ha sido documentada y estudiada por la EBY, sin embargo su cuantificación con respecto a otras fuentes de mortalidad de peces en el BAC, incluida la mortalidad por pesca, queda aún por ser realizada. Parece lógico pensar que el desarrollo de medidas de mitigación para los efectos negativos de la sobresaturación sobre los peces debería primero poner el esfuerzo sobre las estructuras que lo generan, el vertedero Aña Cuá. (Quirós, 1998, Anexo I)

La construcción de una central de generación en el BAC puede contribuir a disminuir el problema de la sobresaturación de gases al disminuir el uso del VAC y los caudales vertidos.

Una consecuencia adicional heredada de la operación de la central y de los vertederos son los cambios rápidos de caudal que el BAC puede experimentar. El 9.12.97 se presentó una reducción de ca. 9.000 m³/s a menos de 2.000 m³/s en poco más de dos horas; este drenaje subito deja ictiofauna atrapada. No es solo diferencia absoluta de caudales sino rango en el cual ocurre el descenso: de 9.000 a 7.000 m³/s es 2.000 m³/s de reducción en plano de inundación; esta misma reducción de 7.000 a 5.000, ocurre en canal principal.

Consecuencias nuevas. La adopción de la alternativa XI no tendrá consecuencias sobre el sistema BAC actual. Los únicos efectos previstos son los asociados a la construcción de las obras requeridas por la central de generación en el BAC. Aunque se desconoce el detalle de estas, se presumen menores dado que las obras civiles principales ya están construidas. En cualquier caso estarían limitadas al entorno cercano a la presa y por tanto tendrían poco efecto sobre otras áreas del sistema.

Puesto que las obras se extenderían por más de un año, podrían presentarse algunas interacciones durante la época de las migraciones ascendentes (primavera). En ese caso se afectaría el reclutamiento de la clase etaria para las poblaciones de peces que actualmente utilizan el brazo Aña Cuá para desove y cría (Quirós, 1998, Anexo I)

Durante la fase de construcción no se presumen efectos sobre la actividad pesquera puesto que las áreas cercanas al vertedero de todas maneras están vedadas para estas actividades.

Monitoría

Muchas de las predicciones realizadas, incluyendo los efectos de las alternativas recomendadas y los de las medidas de mitigación de consecuencias propias y heredadas, sólo serán verificadas al contrastarlas con la realidad durante el funcionamiento del sistema. La monitoría de las variables más características del ecosistema acuático, en particular las acumulaciones de peces, su distribución espacial y temporal y su composición específica, bajo diferentes condiciones de

caudal es altamente recomendado. La necesidad de contar con datos antecedentes exige comenzar los muestreos a la mayor brevedad.

La evaluación de la problemática del BAC, la caracterización de su dinámica, su verificación, la evaluación ambiental de las alternativas y por ende su comparación multiobjetivo, se realiza con base en datos muy escasos e imprecisos. Aún para la definición del caudal medio de estiaje del BAC se tomó un valor derivado, no de mediciones de caudal, sino de un modelo numérico en proceso de evaluación. Este hecho resalta la necesidad de reforzar los esfuerzos de investigación que la EBY ha auspiciado para documentar el uso de los humedales y sus recursos, evaluar la ictiofauna y su aprovechamiento, examinar el papel de BAC en la calidad de los recursos asociados a la planicie, en una palabra acopiar la información que no se acopió previamente.

Este conocimiento, aunado a la monitoría del funcionamiento del sistema, permite un mejoramiento en la capacidad de predicción. Además de considerar programas de monitoreo adecuados, la utilización del costoso proceso de *evaluación y manejo ambiental adaptativo* o el estructurado proceso de "aprender haciendo" también deberían ser considerados. (Quirós, 1998, Anexo I)

Consideraciones sociales

A diferencia de otras alternativas (v. gr., azudes o caudal ecológico) la alternativa recomendada no tendrá consecuencias notorias sobre el funcionamiento actual del BAC. Sin embargo, es de esperar que se presenten quejas e insatisfacciones de la población asentada en el BAC y no se debe desacartar una actitud oportunista por parte de algunos elementos.

Los estudios de ictiofauna y pesquerías pueden mostrar más adelante que el aprovechamiento actual puede en el mediano plazo ser deletéreo para la perdurabilidad del recurso. Su utilización adecuada requiere una planificación cuidadosa, conjunta con las comunidades de pescadores y los empresarios y operadores turísticos, cuyos intereses son justamente los que han motivado la selección de esta alternativa. (Bernalt, 1998, Anexo IV).

Esta articulación debe tener en cuenta que una buena parte de la población interesada posee un bajo nivel de escolaridad, son tradicionales, desconfiados y pueden tender a hacer uso oportunista de las nuevas situaciones, exigiendo compensaciones por daños y pérdidas menores o inexistentes pero de difícil comprobación (Bernalt, 1998, Anexo IV). Ajustar para alternativa XI o XII

Esta situación se puede ver en la actualidad en relación con la veda parcial a la pesca en el BAC, impuesta por las autoridades paraguayas; no se cumple a cabalidad y ha generado resquemores y sobor-

nos; si bien este hecho no disminuye los conflictos por los recursos pesqueros es un antecedente a tener en cuenta para el seguimiento y evaluación ex-post. En particular se recomiendan las siguientes acciones que deben basarse en las experiencias y conocimientos que la implementación de la alternativa recomendada y su monitoría produzcan:

1. estructurar programa de educación ambiental orientado a usuarios locales (población infantil y juvenil, gremios y asociaciones de pescadores, lancheros, operarios turísticos, funcionarios públicos) y a visitantes. El énfasis de este debe ser acerca del funcionamiento del BAC, los recursos que aloja y su adecuado aprovechamiento.
2. definir y divulgar normas de utilización del BAC para navegación, extracción pesquera y recreación
3. redefinir la veda de pesca, zonificar áreas y definir épocas para los varios usos

Epílogo

El sistema BAC ya fue severamente alterado por la construcción de la CHY, por tanto, se puede en cierto sentido experimentar con él, la estrategia recomendada de una *evaluación y manejo ambiental adaptativo* exige optar por una documentación cuidadosa y profusa de todos los aspectos naturales y sociales del funcionamiento del BAC, revisar los resultados periódicamente, debatir y cambiar las reglas si es necesario. por eso el criterio de flexibilidad.

Agradecimientos

El coordinador del grupo de consultores agradece la colaboración paciente del personal del sector Medio Ambiente del DOC de la EBY tanto de Ituzaingó como de Ayolas, quienes facilitaron la información documental que se utilizó para este informe. En particular agradece a los Ingenieros Mauricio Perayre Henryk, Armando Cornazzani, Juan Estigarribia y Marcelo Cardinali, este último del DT, por las discusiones sobre su trabajo que permitieron aclarar muchos aspectos confusos de la operación de Yacyretá.

El Licenciado Fernando de Francesco, del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de La Plata, compartió sus experiencias en Yacyretá, facilitó documentos antiguos, útiles en la reconstrucción de algunos hechos y gentilmente acompañó al coordinador en un recorrido por la planicie del BAC.

El arquitecto Hernán Lozano Castañeda de la Fundación Neotrópicos de Medellín (Colombia) realizó un excelente trabajo de reconstrucción cartográfica de un área que no conoce, a partir de documentos de EBY, colaboró en la interpretación de las imágenes de satélite y organizó en un sistema de información geográfica dicha cartografía.

La tecnóloga en sistemas Mónica María Toro Uribe, también de la Fundación Neotrópicos, programó los algoritmos del AMO y colaboró en la edición del informe en internet.

Finalmente un reconocimiento especial es debido a los colegas del grupo de consultores por su tolerancia y paciencia, fue muy enriquecedor trabajar con todos ellos. Sus puntos de vista, opiniones y comentarios siempre fueron seriamente considerados aunque no siempre acatados.