

LA PRESA DE LAS TRES GARGANTAS EN CHINA Y SU DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Enrique Cifres Giménez.
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Vocal del Comité Nacional Español de Grandes Presas

RESUMEN

La reciente celebración del Congreso Internacional de ICOLD en Beijing, el más reciente todavía informe de la Comisión Mundial de Presas y el propio interés, incluso polémica, generado por el macroproyecto de la Presa de las Tres Gargantas, a veces alimentada por la desinformación, nos han animado a sintetizar en este breve artículo lo más relevante de la Declaración de Impacto Ambiental del mismo y otra documentación complementaria. El único ánimo del autor es hacer accesible esta información a la comunidad técnica española, intentando introducir, dentro de lo posible el mínimo sesgo subjetivo que se derivaría de su propia opinión formada.

ABSTRACT

The present article summarizes the most relevant aspects of the Statement of Environmental Impact and other supplementary documents on the Three Gorges Dam in China on the basis of the recent International Congress of the ICOLD held in Beijing, the even more recent report issued by the World Commission on Dams and the interest and controversy aroused by this massive project, that was sometimes fostered by lack of information. The author's sole aim is to make this information available to the Spanish technical community and attempt to eliminate any possible bias derived from his own personal opinion.

INTRODUCCIÓN

El Proyecto de las Tres Gargantas (PTG) sigue suscitando interés, tanto en ambientes técnicos como generales. Con este artículo pretendemos sintetizar los aspectos más relevantes de la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto y de su programa de seguimiento.

Las visitas a la zona afectada por la presa en 1997 y 2000, al amparo del Convenio suscrito en 1994 y recientemente renovado entre los Comités Nacionales Chino y Español, nos han permitido ser testigos "in situ" y acceder a gran cantidad

de documentos de carácter oficial relacionados con el seguimiento medioambiental del proyecto. Es nuestro ánimo el compartir este privilegio con los lectores.

EL PROYECTO Y SU PROGRESIÓN

Diversas publicaciones, entre ellas esta Revista de Obras Públicas, han recogido información diversa sobre las características técnicas del proyecto, y es por ello que ahora nos limitaremos a exponer brevemente los datos más significativos del

mismo y el avance del programa de trabajos.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

ESQUEMA DEL PROYECTO

El embalse de las Tres Gargantas se sitúa en el cañón por el que el Yangtze, tercer río más caudaloso del mundo, accede desde la meseta interior de Sichuan, a la llanura litoral.

Con una longitud de unos 650 km y poco más del kilómetro de anchura, este embalse, casi un río de enorme calado, inundará tierras de la provincia de Hubei aguas abajo y de la municipalidad de Chongqing en su mitad aguas arriba.

El proyecto consta de tres partes fundamentales:

La presa, de hormigón con perfil de gravedad de 183 m de altura sobre cimientos y 2.310 m de longitud de coronación. Aliviadero controlado por compuertas en la parte central de la presa.

Las centrales hidroeléctricas a pie de presa en cada lado del aliviadero, con 26 grupos turbogeneradores de 700 MW y una potencia total de 18.200 MW, para producir una media anual de 84.68 TWh.

Las estructuras de navegación, sobre la margen izquierda con un canal doble de esclusas de cinco niveles, para una capacidad anual de 50 Mt, y un ascensor vertical para embarcaciones.

Fuera del ámbito de la propia presa, se acometen una larga serie de proyectos complementarios relativos a líneas de transporte de energía, construcción e infraestructuras del sis-

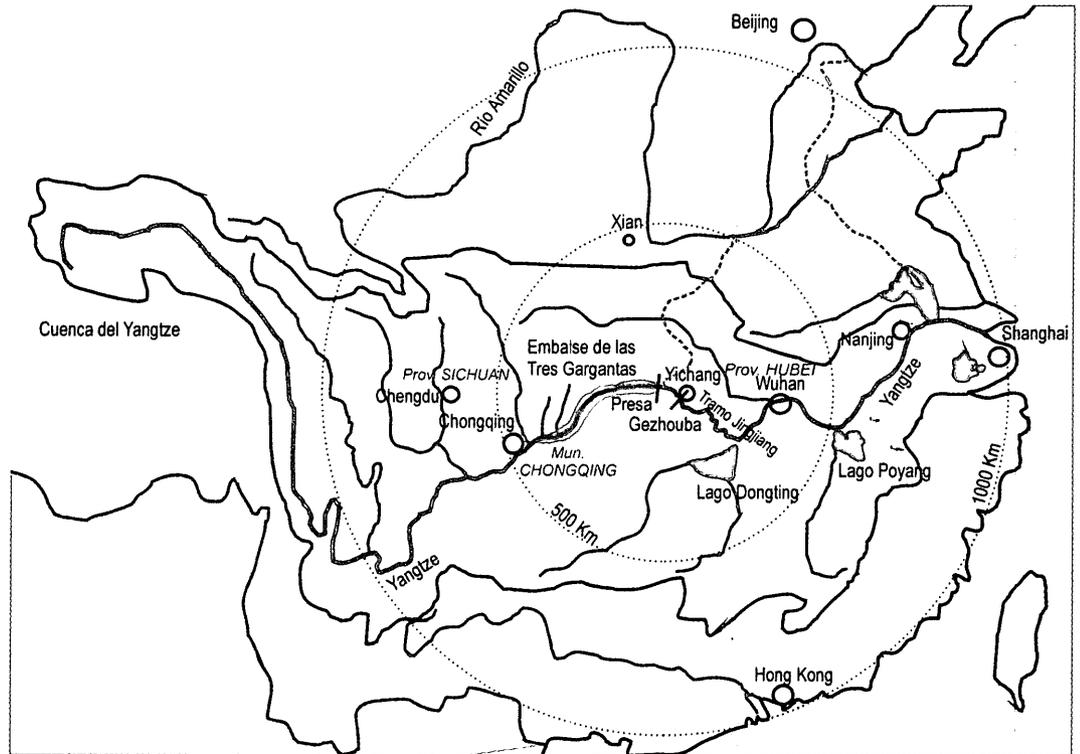


Figura 1: China centro-oriental y situación del proyecto.

tema de ciudades de reasentamiento, obras correctoras del impacto, etc.

Recordaremos únicamente las principales cifras relativas al proyecto:

Volumen de hormigón.....	27.94 Hm ³
Excavaciones	102.83 Hm ³
Rellenos	31.98 Hm ³
Acero en redondos	463.000 toneladas
Acero estructural	256.500 toneladas

No hay retrasos sobre el programa de trabajos. Como más tarde se comentará, el proceso de reasentamiento de la población afectada, cuyo programa se extiende a 20 años, condicio-

PROGRAMA DE TRABAJOS

Con un plazo de ejecución de 17 años, la construcción de la presa se planificó en tres fases:

I - Periodo de trabajos preparatorios y primera fase de desvío por la margen derecha. Cierre de ataguía y contratagía centrales	5 años (1993-1997) Otoño 1997
II- Excavación, Cuerpo de presa zona aliviaderos y central izquierda. Entrada parcial en servicio de la central hidroeléctrica pie de presa y primeras esclusas de navegación.	6 años (1998-2003) Otoño 2003
II - Presa y Central derecha pie de presa y sistema completo de navegación	6 años (2003-2009)

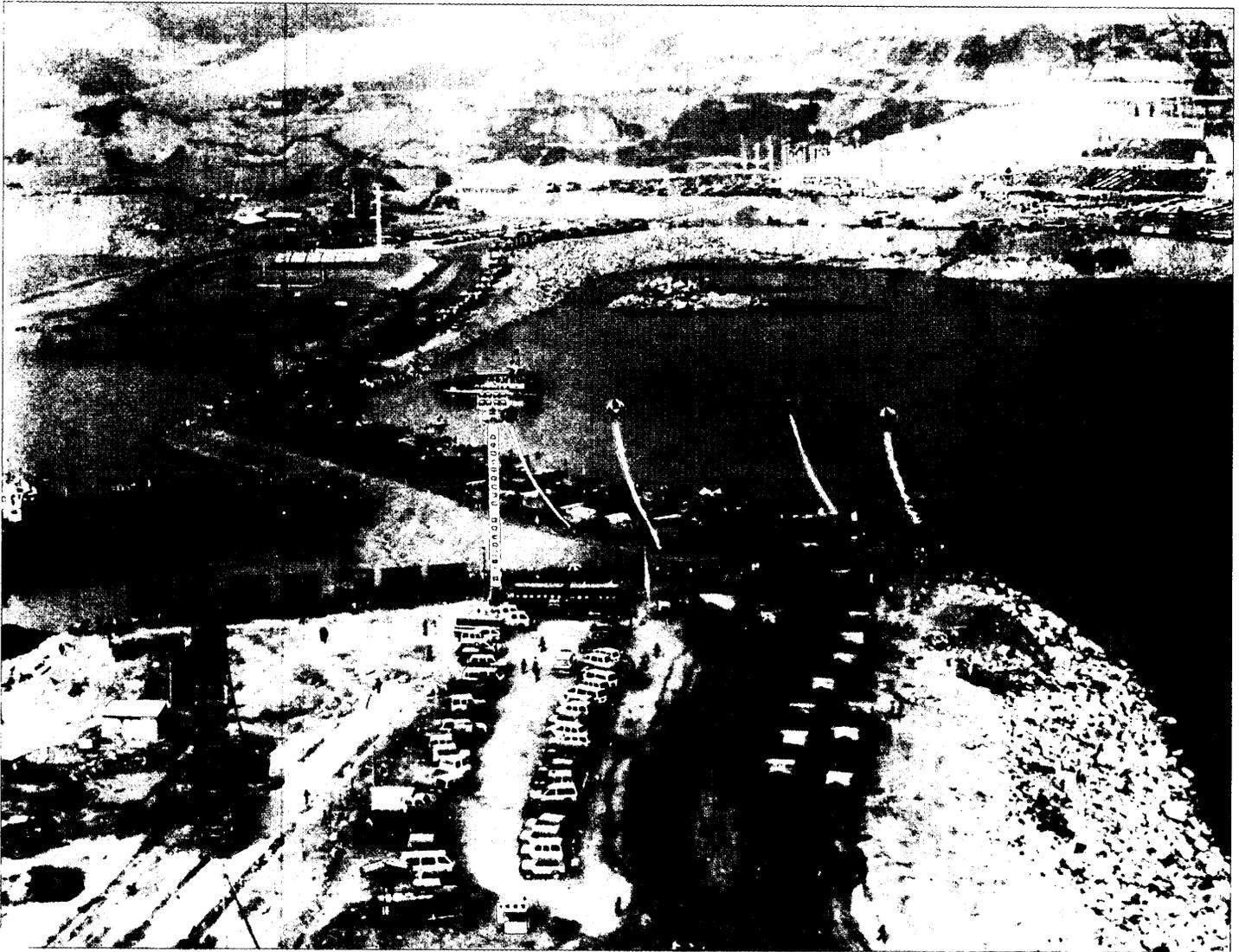
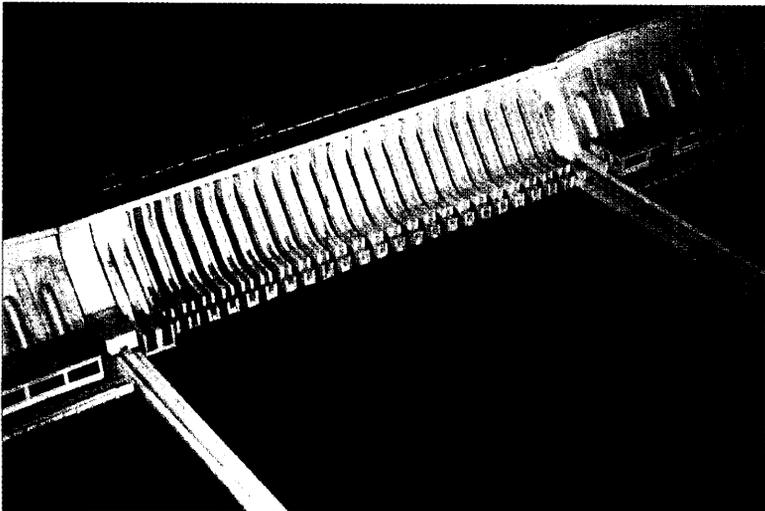


Foto 1: Espectacular operación de cierre del desvío el 8 de noviembre de 1997. Abajo, foto 2: Maqueta de la presa. Zona de aliviaderos y desagües, con las centrales hidroeléctricas a cada lado.



na la propia secuencia constructiva y su entrada gradual en servicio

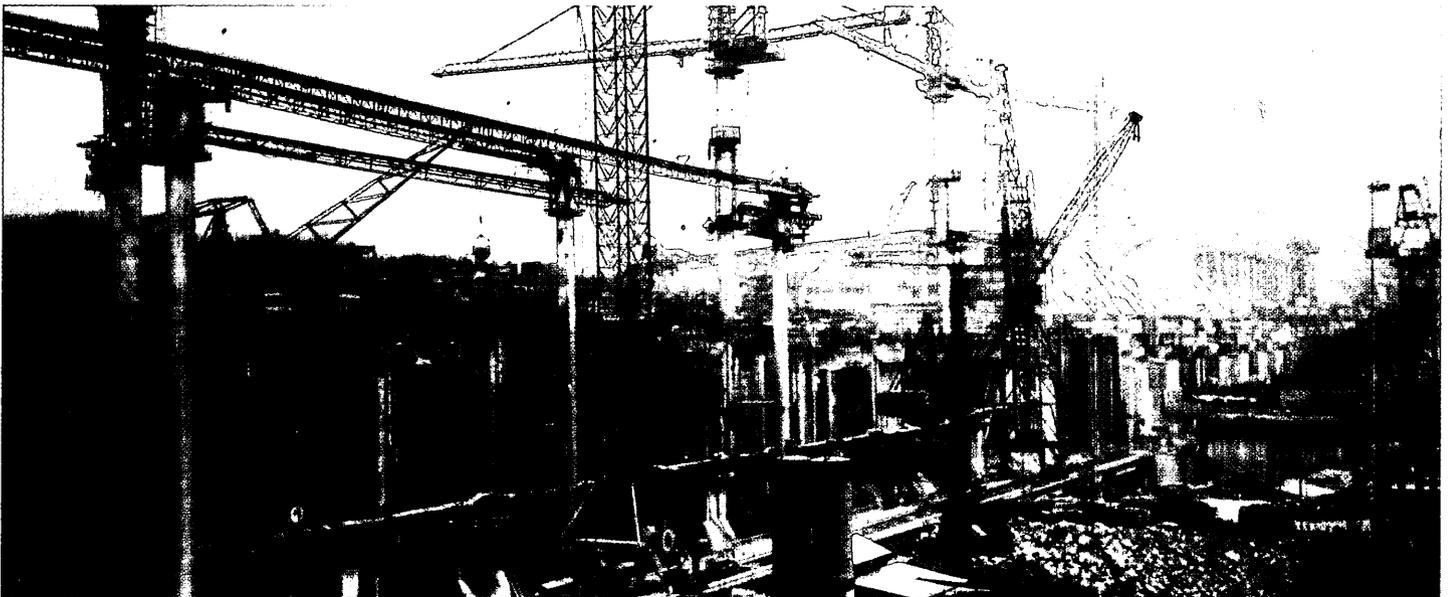
OPERACIÓN DEL EMBALSE

El embalse, con una capacidad de 39.300 Hm³ a la cota 175 m, es pequeño en comparación con la aportación media en la sección de 451.000 Hm³ (la del Yangtze completo alcanza el millón de Hm³).

Según el programa de puesta en servicio por fases, compatible con el proceso de reasentamiento de población, en el 11º año del inicio de la construcción, la cota de explotación alcanzará la cota 135 m, comenzando la producción hidroeléctrica parcial y mejorando la navegación.



Foto 3: Vista de la presa en construcción desde aguas arriba. Por la derecha fluye el Yangtze en la segunda fase de su desvío; se construye en el recinto central al amparo de ataguías de 72 metros de altura, la central izquierda de pie de presa y la zona de aliviaderos; a la izquierda se construyen las estructuras de navegación. Abajo, foto 4: Cuerpo de presa en construcción (septiembre 2000)



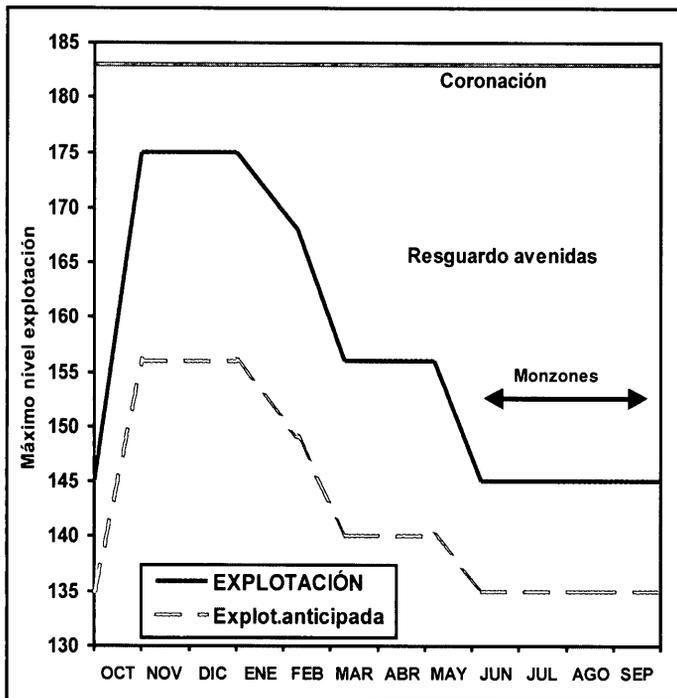


Figura 2: Régimen previsto de explotación del embalse

A partir del 15º año, la cota de explotación se elevará a la 156 m, para establecer la 175 m una vez ultimado el reasentamiento y las labores de corrección de sedimentación en la cola.

La curva de explotación prevista es el resultado de armonizar los objetivos de laminación de avenidas, producción hidroeléctrica, navegabilidad, sedimentación en las zonas de cola y protección medioambiental (ver figura 2). En invierno y primavera se reduce el nivel progresivamente a fin de alcanzar a primeros de junio el resguardo de control de avenidas. En octubre se produce la recuperación de nivel hasta la cota máxima de explotación. Nótese que las aportaciones del Yangtze permiten garantizar fácilmente esta curva objetivo, dado el pequeño volumen relativo del embalse.

Esta estrategia reducirá los caudales en esas semanas al final de la estación húmeda. Durante el final de la estación seca invernal, el desembalse progresivo aumentará ligeramente los caudales en el tramo bajo, reduciendo los mínimos absolutos anuales.

En la época monzónica, el embalse solo superará transitoriamente su nivel de resguardo cuando los caudales entrantes superen los de riesgo, siendo el embalse neutro para pequeñas avenidas tolerables aguas abajo. En todo caso, los caudales desaguados se repartirán entre las centrales hidroeléctricas y los desagües de fondo para lodos, tal y como se viene ya haciendo con regularidad en la presa de Gezhouba situada aguas abajo.

DECLARACIÓN DE IMPACTO DEL PROYECTO DE LAS TRES GARGANTAS

Desde que el Dr. Sun Yat-sen (1866-1925), propuso la construcción del Proyecto de la Presa de las Tres Gargantas en su "Plan Industrial" de 1919, ha sido ésta uno de los sueños del pueblo chino, que esperaba de ella la mitigación de los efectos devastadores de las crecidas del río Yangtze y su contribución al bienestar con la generación de la energía eléctrica necesaria para su desarrollo.

Como se resume a continuación, el tortuoso camino plagado de estudios, informes y dictámenes, reestudios y comisiones de control, no permitió al poderoso gobierno chino obtener la aprobación del proyecto, sometido a un interminable proceso de chequeo y debate, por parte del Congreso.

Tras la fundación de la República Popular China, tres generaciones de líderes de la misma, Mao Zedong, Deng Xiaoping y Jiang Zemin, han impulsado mediante la planificación, estudios técnicos y medioambientales, etc., el proyecto, no siendo hasta Abril de 1992 en que la Quinta Sesión Plenaria del Congreso Nacional del Pueblo aprobó definitivamente su ejecución.

LOS ESTUDIOS PREVIOS Y SU LARGA TRAMITACIÓN

Ya en los años 50 la Comisión de Recursos Hidráulicos del Changjiang (Yangtze) comenzó a estudiar algunos de los aspectos asociados con el proyecto, tales como los efectos de su curva de remanso en las zonas de la cola, el impacto de las actividades humanas sobre las aguas, estabilidad de las laderas del embalse, sismología, sedimentación, biota, reasentamiento por inundación de diversas áreas, focalización de en-

Foto 5: Visita de Mao Zedong a la cerrada en 1958



fermedades endémicas, etc.. produciendo el "Informe sobre los aspectos claves para el diseño preliminar del Proyecto de las Tres Gargantas". Algunos Institutos de Investigación de la Academia China de las Ciencias (ACC) también llevaron a cabo multitud de estudios básicos sobre geología, geografía, climatología, hidrología, recursos, medioambiente, sociología, economía, etc.. que proveyeron de bases importantes para posteriores estudios de los impactos ambientales, sirviendo además de base para la fijación de un estado "inicial" de los sistemas.

Desde 1979, la Oficina de Protección de los Recursos Hidráulicos del Valle del Yangtze (OPRHVY) ha organizado un equipo especial, en colaboración con más de 40 universidades e institutos de investigación en China, para llevar a cabo estudios específicos y estimaciones sobre el impacto medioambiental del Proyecto. En 1980, la OPRHVY remitió una propuesta de declaración de impacto para la solución de nivel a la cota 200 y a continuación la correspondiente a la cota 150. En marzo de 1983, remite finalmente el informe "*Impacto Ambiental de la construcción del Proyecto de las Tres Gargantas*".

Se requirió la redacción de estudios monográficos sobre calidad del agua, edafología, estudios forestales, flora rara y amenazada, explotación de la flora, vida salvaje, fauna amenazada, salud pública, esquistosomiasis, malaria, etc..

En noviembre de 1984, la Comisión Estatal de Ciencia y Tecnología (CECT), con estas inclusiones, aprobó la redacción de los "Estudios sobre el Impacto Ambiental del Proyecto de las Tres Gargantas y sus medidas correctoras" y ordenó a la ACC hacerse cargo de los mismos. Para ello organizó un equipo con más de 700 científicos y técnicos para llevarlos a cabo. Sus conclusiones fueron propuestas en Julio de 1987 y revisadas por un panel de expertos de la CECT y publicados como:

- ▼ Actas de los Estudios de Impacto Ambiental del Proyecto de las Tres Gargantas
- ▼ Estudios sobre el Impacto Ambiental del Proyecto de las Tres Gargantas y sus medidas correctoras
- ▼ Atlas de ecología y medio ambiente de las Tres Gargantas

Alrededor de 300 científicos y técnicos condujeron el estudio que fue concluido en enero de 1991. Las conclusiones del mismo (8 volúmenes) fueron de nuevo examinados y aprobados por otro panel de expertos comisionados por el CECT.

En 1985 se creó un Grupo de Expertos para llevar a cabo un examen más profundo de las opciones entre las cotas 150 a 180.

En junio de 1986, el Ministerio de Recursos Hidráulicos e Hidroelectricidad creó a su vez un panel de expertos en ecología y medio ambiente, con 55 expertos en diferentes campos para cumplimentar las conclusiones del Comité Central del Partido Comunista Chino y el Consejo de Estado, y llevar a cabo investigaciones suplementarias exigidas por los organiz-

mos citados. En enero de 1988 elevó el "Informe de verificación de sobre el Impacto Ambiental del Proyecto de las Tres Gargantas y sus medidas correctoras".

De acuerdo con la legislación china y sus normativas relacionadas con el medio ambiente para los proyectos de construcción, así como con las exigencias del Comité de Revisión del Consejo de Estado, el Departamento de Evaluación del Impacto Ambiental de la Academia de las Ciencias y el Instituto de Investigación para la Protección de los Recursos Hidráulicos del Yangtze, elaboraron la propuesta de "*Declaración de Impacto Ambiental para el Proyecto de las Tres Gargantas sobre el río Yangtze*". Ésta fue remitida a la Agencia Nacional de Protección del Medio Ambiente para su aprobación. Docenas de expertos que habían estado involucrados en los estudios fueron reunidos para la compilación de los mismos en Wuhan y Chengdu, para remitir finalmente la propuesta de Declaración al Ministerio de Recursos Hidráulicos para su revisión. El Ministerio organizó a su vez un panel de expertos consistente en personalidades relevantes de prestigio en campos como la hidráulica, la ecología y medio ambiente, economía, etc.. algunos de los cuales eran académicos de la ACC para su revisión final. La declaración fue remitida a la ANPMA para su aprobación, que se produjo en febrero de 1992 tras ser a su vez examinada por su propio equipo de expertos y profesores.

LEYES, NORMATIVA Y AGENCIAS RELACIONADAS CON LA PROTECCIÓN MEDIOAMBIENTAL

El artículo 26 de la Constitución de la República Popular China establece que la nación protegerá y mejorará el medio ambiente social y natural, previniendo la polución y otros riesgos públicos. Para ello hay promulgada legislación específica como la siguiente:

- ▼ Ley de Protección medioambiental de la República Popular China
- ▼ Ley del Agua de la República Popular China
- ▼ Ley de Prevención y Control de la Polución del Agua
- ▼ Ley del suelo de la República Popular China
- ▼ Ley de Pesca de la República Popular China
- ▼ Ley de Protección de Reliquias Culturales de la República Popular China
- ▼ Ley Forestal de la República Popular China
- ▼ Ley de conservación del suelo y de las aguas de la República Popular China
- ▼ Reglamento de Gestión de cursos fluviales
- ▼ Regulación de compensaciones por expropiación y reasentamiento por Aprovechamientos Hidroeléctricos de mediana y gran escala.
- ▼ Procedimientos de Gestión para Protección Medioambiental en Proyectos de Construcción.

LA PRESA DE TRES GARGANTAS EN CHINA Y SU DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

TABLA 1. Sistema Jerárquico de la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto de las Tres Gargantas

Sistema General	Subsistemas ambientales	Componentes ambientales	Factores ambientales
Natural		Clima local	Temperatura del aire, viento, precipitación, niebla, humedad
		Calidad del agua	Capacidad de difusión, DBO, inundación de terrenos y calidad del agua, sedimentación y calidad del agua, nutrientes, calidad del agua aguas abajo
		Temperatura del agua	Temperatura del agua en el embalse, temperatura del agua aguas abajo.
		Geología ambiental	Sismicidad inducida, estabilidad de márgenes en el embalse, filtraciones del embalse
		Vegetación y Flora terrestre	Especies comunes y raras, vegetación forestal, agricultura y economía forestal
		Fauna terrestre	Población, especies raras.
		Vida acuática	Zonas de desove, variación de especies piscícolas, pesca, especies acuáticas raras.
		Sedimentación en embalse, erosión y sedimentación aguas abajo.	Sedimentación en embalse, erosión y sedimentación aguas abajo.
		..en áreas lacustres de los tramos medios	.. en el área de los Cuatro Lagos, en el área del Lago Dongting y área del Lago Poyang
		Ecosistema del estuario	Variación de caudal, intrusión marina, salinización del suelo, erosión y depósito de sedimentos, pesca en estuario y mar adentro
Ámbito social		Inundación y reasentamiento de las tierras, planes de reasentamiento	Inundación de tierras, viabilidad de explotación humana
		Salud pública	Sistema de protección de higiene y salud públicas, esquistosomiasis, malaria, otras enfermedades, higienización en zona de obras
		Paisaje natural	Paisajes naturales
		Reliquias culturales y lugares históricos	Reliquias de arquitectura, antiguas ruinas culturales y lugares históricos
		Control de avenidas	Inundación de tierras cultivables, seguridad de producción y recursos, epidemias, pérdida de vidas y propiedades.
		Producción energética	Polución del aire, residuos sólidos, polución térmica, ocupación de terrenos por cenizas.
		Navegación	Riesgo de daños, presión sobre el transporte terrestre
Preocupaciones públicas		Control de avenidas en el embalse	
		Especies y hábitats	Pájaros migratorios raros y sus hábitats en el Lago Poyang, Caimán Chino..
		Erosión del suelo y su mejora. Establecimiento de reservas en la cuenca alta	
		Análisis del impacto por rotura de la presa	
		Problemas ambientales en la ciudad de Chongqing	Calidad del agua, aire, control de avenidas, sistema de drenaje, bloqueo del puerto

La ANPMA (Agencia Nacional de Protección del Medio Ambiente) es la autoridad administrativa para la protección medioambiental en la República Popular China. El Ministerio de Recursos Hidráulicos es la autoridad administrativa con responsabilidad sobre la gestión integral de los recursos hidráulicos, su explotación, uso y protección.

Existen las correspondientes agencias en cada provincia, región autónoma o municipalidad con sus responsabilidades sobre la protección del medio ambiente y gestión del agua en sus respectivas jurisdicciones. Ambos departamentos tienen sus delegaciones a nivel comarcal.

ÁMBITO DE LA DECLARACIÓN

El análisis fue dividido en tres grandes áreas de estudio:

- ▼ a. El área del embalse, incluyendo la zona involucrada por reasentamientos
- ▼ b. Los tramos medio y bajo tramo del río aguas abajo de la presa, incluidos los Lagos Dongting y Poyang y los Cuatro Lagos en Hubei
- ▼ c. El área del estuario

En los estudios se ha incluido además la cuenca alta del río y la zona costera próxima al estuario.

METODOLOGÍA:

La metodología general es similar a la del procedimiento de evaluación ambiental que se lleva a cabo en otros países.

- ▼ I. Monitorización, reconocimiento de campo, sensorización remota, recolección de series de datos históricos, etc.
- ▼ II. Métodos de predicción cualitativa y cuantitativa de diferentes factores. Para factores medibles se aplicaron modelos matemáticos de predicción del impacto en el régimen hidrológico, precipitación, temperatura del aire, viento y niebla, impacto en la variación de la capacidad de difusión y reoxigenación sobre la calidad del agua, impacto en la temperatura del agua en el embalse y aguas abajo, la degradación del lecho en el río aguas abajo, el impacto sobre la salinidad en el estuario, etc. basados en datos de observación y en identificación de modelos y parámetros.
- ▼ III. Para factores de difícil medición, se llevaron a cabo análisis analógicos o de mecanismos para el estudio cualitativo.
- ▼ IV. Comparación de los resultados predichos con valores iniciales, en características, magnitud, y significancia de los impactos.
- ▼ V. Estimación final y medidas para mitigar impactos y medidas correctoras para impactos negativos.

OBJETIVOS Y ESCENARIO DE ALTERNATIVAS DEL PROYECTO

El proyecto de las Tres Gargantas es la columna vertebral para la gestión del río Yangtze. Sus objetivos son:

- ▼ 1. Mitigación y Prevención de daños por avenidas en el tramo medio y bajo del río Yangtze, principalmente en la sección de Jingjiang.
- ▼ 2. Suministro de energía eléctrica para la china central y oriental así como al este de la provincia de Sichuan.
- ▼ 3. Mejorar las condiciones de navegación entre Chongqing y Yichang.

ESCENARIOS DE ALTURA DE PRESA:

Se ha estudiado y comparado repetidamente cotas de embalse entre la 120 y 260 m sobre el nivel del mar como máximo embalse normal, incluyendo desarrollo en fases y en cascadas.

Desde 1980 se ha comparado, en términos técnicos, económicos y medioambientales, seis escenarios de 150, 160, 170 y 180 m de nivel normal, doble y simple cascada y con ejecución por fases. La decisión ha sido de simple cascada con ejecución en una sola fase, puesta en servicio por fases y reasentamiento progresivo.

La opción finalmente seleccionada fue la de máximo embalse normal a la cota 175 m y coronación a la 185 m., con un reasentamiento progresivo de acuerdo con un solo plan unificado.

CERRADAS:

Se compararon dos áreas:

Sobre calizas en el tramo de 13 km entre Nanjinguan y Shipai y sobre granitos en los 25 km entre Meirentuo a Natuo. La primera está fuertemente karstificada, con complejas condiciones geológicas, dificultad de construcción, mayor coste de ejecución y mayor volumen de obra.

Se compararon diez cerradas en Meirentuo, siendo elegida la de Sandouping situada en una zona plana sobre granitos resistentes y baja permeabilidad con buenas condiciones para la ejecución del desvío con canal abierto, facilidad para emplazamiento de aliviaderos, centrales hidroeléctricas y estructuras de navegación y con condiciones para cimentar una presa de hormigón de gravedad.

CONCLUSIONES DE LA D.I.A.

La Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto de las Tres Gargantas (PTG) resume en su parte final las siguientes conclusiones que presentamos traducidas:

CONCLUSIONES

▼ i. Aunque en algunas zonas de la cuenca han mejorado las condiciones medioambientales, la tendencia es el deterioro de grandes áreas todavía fuera de control. En consecuencia, incluso sin la construcción del PTG es urgente un amplio plan de rehabilitación en la cuenca.

▼ ii. El PTG conlleva amplios y profundos impactos en ecosistemas y medio ambiente, respecto a varios factores, en amplias áreas y durante un largo plazo. Los aspectos positivos y negativos están altamente interrelacionados.

Los principales *impactos positivos* son:

▼ 1) El proyecto permite el control efectivo de avenidas de la cuenca alta y la reducción significativa de los daños causados por éstas en los tramos medios y bajos de la cuenca, especialmente en el tramo de Jingjiang. Además decrecerá el ritmo de aterramiento del lago Dongting alargando su expectativa de vida.

▼ 2) Se incrementará el caudal de estiaje aguas abajo mejorando la calidad del agua y permitiendo la posibilidad de futuras transferencias de caudal a las zonas secas del norte.

▼ 3) La producción de energía hidroeléctrica limpia y renovable permite la reducción de emisiones de agentes atmosféricos contaminantes en comparación con la generación equivalente en centrales térmicas de carbón.

Por el contrario, como *impactos negativos* más importantes tendremos:

▼ 4) El embalse inundará tierras de cultivo de forma que el reasentamiento de población en ciudades y pueblos intensificará la contradicción entre hombre y territorio en el área próxima al embalse donde está ya agudizada. Es posible que la destrucción de vegetación, erosión del suelo y degradación de ecosistemas sea incluso peor.

▼ 5) El caudal anual de vertidos de aguas residuales de origen industrial y urbanas excede los 1000 Hm³ y se producen cinturones costeros de polución. Tras el llenado, la velocidad del flujo reducirá la capacidad de reoxigenación y difusión, agravando la situación.

▼ 6) El proyecto alterará la estructura de los sistemas acuáticos en el medio y bajo Yangtze, y las condiciones del hábitat de algunas especies raras ya en peligro de extinción. Además, algunos impactos negativos pueden conllevar la reproducción de la carpa común.

▼ 7) La entrada en servicio del embalse conlleva el cambio del régimen de aportación sólida con posibles efectos sobre los procesos de colmatación y sobre la intrusión salina en el estuario.

▼ 8) El espejo de agua se elevará y ensanchará, sumergiendo ciertas reliquias históricas y culturales y afectando al aspecto del paisaje natural.

▼ 9) La operación del embalse causará deposición de sedimentos en la cola del mismo, empeorando la calidad del agua y dificultando las condiciones de drenaje en el área de Chongqing.

▼ 10) El proyecto modifica aspectos relacionados con los riesgos geológicos de carácter natural y con la salud pública.

▼ iii. Los impactos ambientales y ecológicos del proyecto son de importancia desigual temporal y espacialmente. El periodo de afección comienza con las labores preparativas y continuarán durante un largo periodo. Así como los efectos negativos de la construcción se extenderán a un plazo reducido, las afecciones al régimen de sedimentos lo hará durante mucho tiempo, siendo además acumulativos. La variación estacional de los efectos está relacionada con la variación del volumen almacenado en el embalse. Especialmente, los impactos positivos se notarán especialmente aguas abajo mientras que los negativos se focalizan en el área del embalse.

▼ iv. El factor más sensible y restrictivo desde el punto de vista medioambiental es la capacidad de llevar a cabo un reasentamiento sostenible medioambientalmente y respetuoso con el medio natural.

▼ v. Si se presta atención de los aspectos medioambientales del proyecto, pueden implementarse medidas correctoras efectivas, con la adecuada y suficiente inversión, de forma que la mayor parte de los impactos negativos sean reducidos a mínimos aceptables. Sin embargo, si las inversiones en estos objetivos propuestos en el EIA no son suficientes o las medidas mitigadoras no son bien implementadas, el éxito del proyecto y sus beneficios esperados pueden comprometerse; el desarrollo socioeconómico en el área del embalse puede obstaculizarse y podría empeorar la tendencia en el deterioro medioambiental de la cuenca del Yangtze.

La conclusión general sobre los impactos ambientales del proyecto es que presentará tanto impactos positivos y como negativos a los cuales hay que prestar adecuada atención. Una vez las medidas efectivas, tanto en el campo de la estrategia, ingeniería, supervisión, gestión e investigación científica así como esfuerzo inversor sean completamente llevadas a cabo para minimizar los efectos negativos, los aspectos medioambientales no deberán afectar a la viabilidad del Proyecto.

MEDIDAS CORRECTORAS

Las medidas correctoras se desarrollarán bajo el siguiente ideario:

- ▼ i. La utilización del suelo en las áreas a ocupar debe ser cuidadosamente preparada en combinación con el completo desarrollo del proyecto. La construcción rural y urbana, la organización de la población relocalizada, el desarrollo en la explotación de los recursos, la protección de la calidad del agua, la rehabilitación del medio ambiente, etc.. debe estar incluida en un plan integral para llevar a cabo un esquema de desarrollo que unifique los beneficios económicos sociales medioambientales.
- ▼ ii. Plan de prevención y control de la polución medioambiental en el área del embalse
- ▼ iii. Intensificar la reforestación y conservación del suelo en la cuenca alta y media del Yangtze.
- ▼ iv. Intensificar la conservación de especies amenazadas
- ▼ v. Intensificar la protección de reliquias históricas y culturales así como acelerar las excavaciones arqueológicas
- ▼ vi. Optimizar la operación del embalse para hacerla compatible con la recuperación de ecosistemas y con la protección medioambiental
- ▼ vii. Tras la entrada en servicio, destinar parte de los ingresos por producción energética a una Fundación para la protección del Medio Ambiente en las Tres Gargantas.
- ▼ viii. Continuar con la investigación científica y monitorización sobre ecosistemas afectados por el proyecto y perfeccionar la red de monitorización.
- ▼ ix. Poner en marcha un sistema de gestión medioambiental y promulgar las leyes de protección y normativas necesarias.
- ▼ x. Promover la educación sobre la protección medioambiental para alcanzar la conciencia ciudadana deseable.

BENEFICIOS Y VENTAJAS

GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

Con sus 84.7 TWh de producción anual, PTG reemplaza 15 grandes centrales térmicas de 1200 MW cada una y minas de carbón con una producción de 45-50 millones de toneladas anuales. Ello significa dejar de emitir a la atmósfera anualmente 100 millones de toneladas de CO₂, entre 1.2 y 2 millones de toneladas de SO₂, 10.000 toneladas de CO, 0.37 millones toneladas de NO_x y gran cantidad de cenizas, polvo y vertidos de aguas. Se reducirán las restricciones energéticas en la China central, oriental y zona de Chongqing y se reducirá el caudal de vertidos indeseables medioambientalmente.

En el 2003 comenzará la producción hidroeléctrica en el complejo de las Tres Gargantas tras la entrada en servicio parcial de una de las centrales. La capacidad de las líneas de transporte será del 82.5% y ya permitirá el suministro al Este y centro de China así como a las zonas interiores de Chongqing y Sichuan.

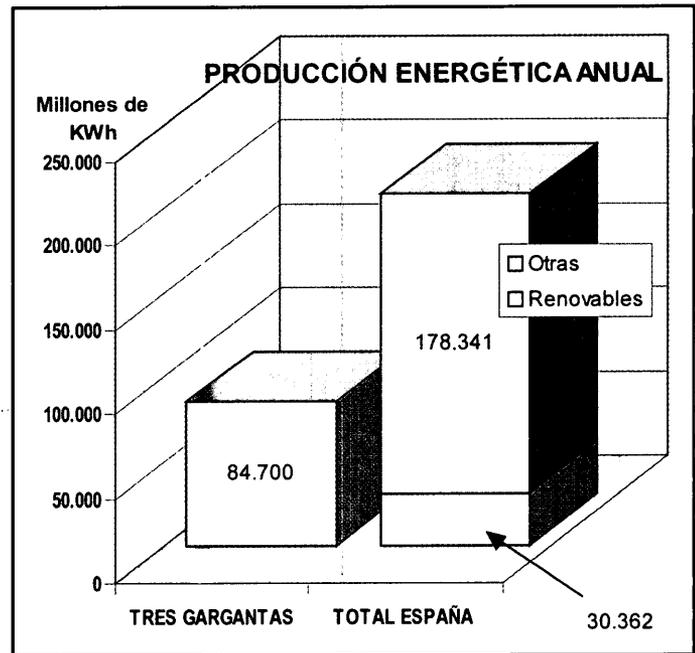


Figura 3: Comparación de la energía producida en la Tres Gargantas y la producción española. (En energías renovables se incluye, además de la hidroeléctrica, la solar y eólica)

MEJORA DE LA NAVEGACIÓN

La navegación en el tramo, que es el más peligroso por las rápidas, mejorará notablemente. Buques de 10.000 toneladas de mercancías podrán alcanzar Chongqing directamente, promocionando la comunicación entre la China central y oriental, cumpliendo el objetivo estratégico de "desarrollar el Oeste dependiendo del Este".

CONTROL DE AVENIDAS

No obstante, la principal ventaja es el control de avenidas. Desde los tiempos de la dinastía Han (206 a.c.) se han registrado 215 crecidas con desbordamiento del Yangtze. Solamente los datos del siglo XX son escalofriantes.

- ▼ Julio 1931 : 44.49 m de calado; 3.4 millones de Has. inundadas; 145.000 muertos directos.
- ▼ Verano 1935 : 1.5 millones de Has. Inundadas; 142.000 muertos directos
- ▼ Mayo/agosto 1954: 1.41 millones de Has. Inundadas; 9.2 millones de personas afectadas; 30.000 muertos directos; 100 días de corte de FFCC con práctica incomunicación terrestre entre el norte y sur de China.

El siglo XX se ha cobrado más de 400.000 vidas de forma directa por crecidas del Yangtze, e incontables indirectas por las enfermedades asociadas, epidemias y plagas. Las pérdi-

das económicas directas e indirectas e incluso la pobreza derivada de las mismas no son cuantificables.

Actualmente, el periodo de recurrencia del desbordamiento del río en la sección de Jiangjiang, donde, como en otros tramos, el río circula con una cota superior a la de las tierras colindantes en una vastísima área, es de unos 10 años y es donde se concentran habitualmente las enormes pérdidas de vidas, hogares, etc..

El PTG controlará el 95% del caudal en la sección de Jingjiang y 2/3 del de la ciudad de Wuhan. Con ello la avenida de 10 años de periodo de recurrencia pasará a tener uno del orden de la centuria. Incluso ante una riada de carácter milenar como la de 1870, en coordinación con la ruptura preventiva de motas en Jingjiang, se podrá proteger a la población de una gran catástrofe, acotando los efectos. A fin de cumplir este objetivo, se reserva 22.150 Hm³, un 57% de la capacidad del embalse a laminación.

También mitigará la amenaza del Yangtze sobre el área del lago Dongting y reducirá las pérdidas.

OTROS BENEFICIOS

El proyecto ha de beneficiar el desarrollo de la pesca fluvial y del turismo, ha de mejorar la calidad del agua en estaciones secas aguas abajo y permitir la transferencia de recursos en un futuro hacia las regiones secas del norte.

El control de avenidas reducirá los serios daños al medio ambiente y ecosistemas que serían causados por las inundaciones en zonas densamente pobladas y desarrolladas y en las zonas de los lagos del tramo medio. Ralentizará el aterramiento del lago Dongting alargando sus expectativas de vida, mejorando la ecología del mismo y de su entorno.

Mejorará la calidad del agua aguas abajo y el suministro de Shanghai, reduciendo la intrusión marina especialmente en estaciones secas.

ESTIMACIÓN DE IMPACTOS SOBRE EL MEDIO NATURAL

EFFECTOS SOBRE EL CLIMA

El área está sometida a un clima húmedo subtropical con temperaturas medias de 18°C variando de los 3.6°C de enero a los 29°C de Julio, con una pluviosidad de 1100 mm, el 80% de la cual se recibe en la época monzónica entre mayo y octubre.

La existencia del embalse causará un efecto de microclima apreciable solo en una distancia menor de 10 km de su costa. La temperatura del aire, según predicciones teóricas, se apreciará hasta 1-2 km de la costa del embalse y en 400 m de desnivel. La media anual se incrementará 0.2°C y la media mensual entre 0.3 y 1°C en invierno para decrecer 0.9-1.2°C en ve-



Foto 6: Zona lacustre en la provincia de Hubei

rano y la temperatura máxima anual decrecerá 4°C incrementándose la mínima en 3°C.

La humedad absoluta se incrementará en 0.4 g/kg incrementándose la presión del vapor entre 20-30 Pa en invierno y 130-180 Pa en verano. La precipitación en la cuenca se incrementará en 3 mm decreciendo sobre la zona próxima al embalse salvo que se encuentre a barlovento.

Según los modelos matemáticos, los días de niebla podrían aumentar de los 35 anuales a 36-37 en media. El viento crecerá en la zona de espejo de agua y la estratificación quedará prácticamente inalterada.

Los cambios microclimáticos tendrán efectos negativos y positivos en la agricultura y vida de las gentes. Las heladas empezarán más tarde y terminarán antes beneficiando a los frutales. La ligera suavización de los máximos térmicos en verano e incremento de brisas será positiva.

El invierno será algo más húmedo y con mayor niebla, perjudicando al tráfico fluvial, terrestre y aéreo. El incremento de viento dispersará la lluvia ácida de las ciudades que será ligeramente incrementada por las cantidades de vapor y niebla.

Como medidas correctoras se contempla el ajuste de los métodos productivos en el campo de la agricultura, la implementación de sistemas de predicción meteorológica a corto plazo para ayuda al tráfico y la adopción de medidas de prevención en origen de la generación de lluvia ácida.

ASPECTOS GEOLÓGICOS

La presa asienta sobre un zócalo granítico altamente estable. Los márgenes del embalse están compuestos en general de areniscas y calizas jurásicas con gran estabilidad. Sin embargo, algunas laderas localmente con baja estabilidad pueden convertirse en inestables tras el llenado. En general se trataría de reactivación de viejos deslizamientos o flujos de derru-

bios. Hay 270 localizaciones de inestabilidad potencial identificados, en una longitud de 16 km sobre los 1300 km de costa del embalse. Se ha calculado el impacto de los 12 más peligrosos, principalmente para la navegación. Los resultados, si bien no excluyen el riesgo, sí determinan que sus efectos se reducen respecto a los que corresponderían a la navegación en la situación actual.

Los efectos negativos sobre la presa están descartados, no así sobre algunas poblaciones ribereñas del embalse. A fin de mejorar su seguridad se han proyectado los trabajos de estabilización en algunos casos y de monitorización en otros.

Desde 1950 han sido instaladas 7 estaciones sismológicas en el área de la presa. No hay fallas activas en un área de 40.000 km² en el entorno de la cerrada, siendo una zona de baja sismicidad. No se pueden descartar, tras el llenado, fenómenos de sismicidad inducida de carácter menor en una falla situada a 18 km aguas arriba de la cerrada, por lo que todas las estructuras importantes del proyecto están diseñadas con criterios anti-sísmicos (grado VII).

Respecto a la permeabilidad del vaso, no se prevén filtraciones hacia valles adyacentes, no solo por la estanqueidad de la cerrada, sino por que el freático se sitúa por encima del nivel de embalse en su tramo bajo.

SEGUIMIENTO

Durante las lluvias monzónicas de 1998 se produjeron 729 deslizamientos y flujos de derrubios con 80.000 afectados, 12 muertos, 45 heridos y pérdidas por valores de 600 millones de yuanes. El mayor, de 30 millones m³, afectó a 525 personas que fueron evacuadas gracias a la predicción del mismo. Otro del mismo volumen afectó a 1.658 personas, sin daños personales debido a la predicción.

Diversos proyectos de prevención de deslizamientos de tierras o roca peligrosas en Badong, Wanzhou y Yunyang han mejorado la seguridad de personas. El Ministerio de Recursos y Territorio ha estudiado 560 emplazamientos en 520.000 Km² elaborando planes de prevención, emergencia y evacuación, monitorización y predicción. Este Ministerio ha implantado una oficina experimental de prevención de desastres geológicos en el área de Lianziyan-Badong.

CALIDAD DEL AGUA

Las fuentes de contaminación de las aguas del embalse provienen de vertidos industriales, retornos de regadío, aguas residuales urbanas y vertidos de navegación. El vertido anual es del orden de 1.000 Hm³ con variados grados de tratamiento, en general muy bajos. La población involucrada en vertidos directos sin depuración es de 2.400.000 personas con un caudal de 345 Hm³/año. No obstante, el gran caudal del río hace que solo se superan los límites estándar de coliformes, aceites, y mercurio. El pH varía entre 6.8 y 8.2 y el

oxígeno disuelto medio es de 8 mg/l con una DBO entre 0.6 a 1.5 mg/l.

La modificación de la velocidad del agua en el embalse debilitará la capacidad de difusión por lo que la polución en la costa del mismo será más amplia y más corta. Si no se adoptaran medidas mitigadoras para reducir la carga contaminante, la calidad del agua en la zona del embalse se deterioraría debido a esa menor difusión y pérdida de capacidad de autodepuración.

También la inundación de los suelos en el llenado aportará carga contaminante. En el curso principal el ratio entre nueva superficie inundada y caudal minimiza el efecto; no así en los afluentes, cuyo caudal es bajo en relación al terreno inundado. Este efecto será mayor en las primeras etapas de llenado.

Por otra parte, se espera una reducción de metales pesados en un 63-70% en el agua, pasando éstos a los sedimentos. Parte éstos provienen del afluente Wujiang, que aporta gran cantidad de mercurio lo cual obligará a la adopción de medidas correctoras específicas.

Los nutrientes, retenidos más tiempo en el embalse, favorecerán el aumento de algas. La velocidad del agua restringirá el crecimiento de fitoplancton. Las condiciones de pH, y el alto contenido de iones Ca⁺² y Mg⁺² de las aguas del Yangtze favorecerán la precipitación de fósforo y la absorción del soluble por las algas lo mantendrá en niveles bajos. No obstante, la aportación de nutrientes de los tributarios del Yangtze aguas abajo es mucho mayor, y los efectos del embalse sobre la concentración de nutrientes en el estuario será despreciable.

No se espera eutrofización del embalse en conjunto, debido a su grado de renovación, profundidad, velocidad media, etc.. Sin embargo podría darse en las entradas menos renovadas de los afluentes al vaso.

Salvo en el llenado de octubre, el caudal aguas abajo será idéntico o superior al natural, por lo que la dilución de contaminantes decrecerá. Por el contrario, la decantación reducirá la descarga de sedimentos en la estación seca y se reducirá la capacidad de autodepuración.

Las principales medidas correctoras se enfocan a:

- ▼ Imposición de la nueva ley y normativas asociadas relativas a vertidos, cuyos parámetros estándar vienen siendo más restrictivos.
- ▼ Se reforzará el control de los vertidos contaminantes en el embalse y aguas arriba del mismo. Plan de renovación contra la polución del alto Yangtze.
- ▼ Cierre de factorías con tasas altas de contaminación.
- ▼ Inventariado, estudio, tratamiento y retirada en su caso de residuos sólidos en márgenes inundables del embalse o cursos aguas arriba, así como prohibición de establecer vertederos de residuos en zonas inundables de las márgenes del río.
- ▼ Deforestación del vaso y medidas de retención y conservación de suelos en laderas vertientes.

MONITORIZACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Desde 1984 se monitoriza la calidad del agua en 13 secciones de control en el tramo de río y se controlan 110 vertidos directos en el área del embalse. Las principales están en el área metropolitana de Chongqing con el 92.5% de la carga contaminante. Solo 13 empresas (Químicas, refinerías de petróleo, industria del carbón, siderúrgicas, ..) representan el 81.5% del total. El total de agua residual industrial de los 110 vertidos es de 127 Hm³/año.

Igualmente se lleva un control de la contaminación por fertilizantes y pesticidas. El esfuerzo en modernización de la agricultura está permitiendo la reducción de retornos contaminados pese al aumento en el uso de fertilizantes. El DDT fue prohibido junto al BHC por lo que la entrada de pesticidas al río es muy baja.

La polución por navegación, con 73.146 embarcaciones, 3.03 millones de pasajeros y 10.369 millones de toneladas de mercancías anuales es importante. Hay un total de 8.327 barcos monitorizados a efectos de estimar la polución generada. Vienten 0.511 Hm³/año de aguas residuales de las que 0.469 Hm³/año están tratadas. De las 78 toneladas año de polución vertida, un 33% es aceite. El 21% del total de vertidos por accidente en el río Yangtze se producen en el tramo del embalse, esperándose una considerable reducción con su llenado al mejorar las condiciones de navegación.

La Oficina Marítima y Medioambiental del Ministerio de Comunicaciones obliga a mayores especificaciones en la construcción, mayor control y campañas de concienciación.

TEMPERATURA DEL AGUA

Las condiciones de Froude para la estratificación térmica se dan durante la estación seca. Durante la misma, la temperatura prevista media del agua es superior a la del aire, lo que restringirá la estratificación del embalse. Solo podrá aparecer al principio de la primavera y con caudales por debajo de 6000 m³/seg, y en las desembocaduras de algunos afluentes, con saltos térmicos entre 1.7 y 9.3°C entre superficie y fondo. Los caudales de mayo, crecientes, restituirán el perfil térmico uniforme.

La temperatura del agua aguas abajo bajará durante el desembalse de primavera pero nunca por debajo de los 18°C que son necesarios para el desove. La operación de los diferentes órganos de desagüe de la presa vendrán condicionados por las exigencias térmicas aguas abajo derivadas de esta condición medioambiental, debiendo elegir adecuadamente la cota de toma.

FAUNA

La afección a la fauna salvaje terrestre es insignificante ya que la influencia antrópica ha hecho que las zonas con vida

salvaje sean inconexas y con estructuras similares. La deforestación ha reducido el tamaño de los hábitats y las comunidades son homogéneas. La *Ley de Protección de la Vida Salvaje* promulgada protege con diversos niveles parte de las especies.

Entre 1996 y 1998 se ha realizado un censo de la vida animal salvaje, separadamente en los ámbitos de Chongqing y Hubei identificándose 553 especies: 342 de pájaros, 3 protegidas de primer orden (cigüeña negra, águila dorada y águila blanca), 118 de mamíferos, algunos de ellos también de primer nivel de protección (mono dorado, leopardo y tigre), 51 de reptiles y 41 de anfibios.

FLORA

En Chongqing, la cubierta vegetal silvestre es del 21.7% y del 32% en Hubei.. Debido a la influencia antrópica en la zona a lo largo de varios milenios, no existen vegetación primitiva por debajo de la línea de embalse, e incluso muy poca por debajo de la cota 1000, siendo el 15 % de la superficie del mismo la que tiene cobertura forestal pero de carácter secundario o artificial. En el área inundable predominan los bosques de pino y ciprés junto con matorral, pradera y tierra cultivada. El abrupto relieve de la zona del embalse conlleva la zonación por cotas de las diversas comunidades.

Entre las 2859 especies de flora inventariadas 47 están incluidas en diferentes categorías de la lista de "*Especies protegidas y amenazadas en China*". El embalse afectará a 550 especies, aunque ninguna de ellas sufrirá la extinción.

También afectará a algunas especies de árboles, plantas y flores escasos cotizados por su comercialización. De las especies de plantas con explotación comercial, el 89% lo son en la medicina tradicional china. También en el sector de los perfumes hay especies con potencial de explotación.

Las medidas correctoras se centran en la protección de enclaves de la zona donde también persisten las especies más amenazadas de las que se inundan. Se prevé el cierre de ciertas áreas por encima de la cota 1300 m para preservar la rehabilitación y protección de bosques naturales.

VIDA ACUÁTICA

El área del embalse alberga a 150 especies de peces de las cuales 47 son endémicas y 30 comerciales.

El *delfín chino de agua dulce* está desde hace años en peligro de extinción, no superando en la actualidad los 200 ejemplares. Las aguas limpias desembalsadas desde las Tres Gargantas pueden estrechar los márgenes de supervivencia, reduciendo el alimento a la vez que la navegación viene incrementando día a día sus muertes accidentales.

Entre las medidas correctoras se encuentra el establecimiento de "tramos reserva" protegidos en el Yangtze tanto para el delfín como para otras especies.



Foto 7: Delfín chino de agua dulce. A la derecha, Foto 8 : Esturión chino reproducido en cautividad.

La construcción de la presa de Gezhou ya supuso una barrera para el remonte del *esturión chino*, especie migratoria que desova en los tramos medios del Yangtze. Ello condujo al establecimiento de la *Estación de cría artificial de Yichang*, dedicada especialmente a esta especie amenazada y que viene funcionando desde los años 70. La reducción de caudal de octubre en las Tres Gargantas, reducirá el área hábil para los huevos fertilizados y tanto la reproducción en cautividad como el remonte artificial de los esturiones chinos se hará más necesaria. No así ocurre con el *esturión del Yangtze* cuyas zonas de desove se encuentran aguas arriba del embalse y que no se verá afectado por el proyecto.

Para proteger la biodiversidad de la cuenca del Yangtze se han adoptado una serie de medidas proteccionistas como lo son la creación de tres reservas naturales, tres reservas de plantas raras, cuatro reservas acuáticas de fauna piscícola amenazada, una reserva seminatural de fauna acuática rara, y tres estaciones de reproducción y suelta de especies acuáticas raras.

SEDIMENTACIÓN

Desde 1950, las estaciones hidrológicas en la cuenca del Yangtze, incluyendo sus principales afluentes, dispone de mediciones regulares de sedimentos. Asimismo, se llevaron a cabo estudios sistemáticos de las características de los mismos, procedencia, contenido y movimiento de los mismos.

Los pasados siglos y en particular las últimas décadas han sido testigos de la tala de extensas áreas en la cuenca alta. Sorprendentemente no se detecta entre 1950 y 1989 una tendencia en el incremento de la carga. Incluso hay un descenso entre 1991 y 1997. La causa de no observarse un incremento del aporte sólido está todavía en debate. No obstante, se han

adoptado los datos hasta 1989 para ser conservadores con un valor medio de 524 millones de toneladas anuales. Entre mayo y octubre, se recibe un 80.4% de la aportación líquida pero un 97.8% de la aportación sólida.

La mayor parte de los sedimentos consisten en carga suspendida a largo plazo con diámetro de 0.033 mm. Un 88% del total es inferior a 0.1 mm y la carga de fondo con diámetro superior a 1 mm constituye menos del 1% del total.

La regla de operación en avenidas consiste en no desaguar caudales que conjuntamente con los tributarios de aguas abajo hagan desbordar el Yangtze hacia el lago Dongting, ni se superen ciertos niveles en secciones específicas del río aguas abajo. Ello significa aproximadamente 50.700 m³/seg.

Las condiciones topográficas y morfológicas de este embalse-canal lo hacen especialmente favorable para la descarga natural de los sedimentos. Las suficientes compuertas de desagüe específicas para evacuación de sedimentos y las normas de explotación, con desagüe sistemático de fangos en la estación húmeda, permiten alargar la vida útil del embalse de forma considerable. Se estima que tras 80-100 años de operación quedará el 86% de la capacidad de control de avenidas y el 92% de la capacidad útil. En ello juega un papel importantísimo la capacidad de los desagües de fondo y medio que poseen conjuntamente una capacidad de 60900 m³/seg a la cota mínima de explotación.

La retención exclusiva de los excesos sobre 55.000 m³/seg., salvo para grandes avenidas en que el desembalse podría aumentar, significa, por lo general, cortos periodos intermitentes de llenado con duración de uno dos días. Raramente, pues, la curva de remanso se halla por encima de la correspondiente al caudal citado con nivel de resguardo en la presa y la decantación debería producirse por debajo de ésta. Como la capacidad útil de laminación es la comprendida entre

las curvas de remanso para los niveles de resguardo y de máximo embalse normal, la sedimentación en la franja de laminación sería excepcional, lo que garantiza la larga vida útil del embalse para este fin. La modelación matemática da como resultado una pérdida del 14% de la capacidad de control de avenidas en 100 años de operación.

Los estudios muestran que puede llevarse a cabo un vaciado parcial de sedimentos aprovechando los grandes caudales. La poca anchura del embalse con velocidades no despreciables permitirá, en posteriores estadios de colma-

ción, el transporte de sedimentos en épocas monzónicas con niveles bajos del embalse. Ello significa que se alcanzará una situación de equilibrio y el nivel de sedimentos quedaría estacionario, con una pendiente de 0.0005%-0.0007% parecida a la del lecho en los tramos inmediatos aguas abajo, siempre, claro está, que se opere adecuadamente el sistema de desagües proyectado.¹ Este perfil intersectaría el lecho actual aguas abajo de la cola, en el interior del embalse.

La sedimentación en la zona situada entre los extremos aguas arriba de las curvas de remanso extremas podría comprometer la navegación en las épocas críticas al final de la estación seca, cuando el caudal es mínimo. Para minimizar el problema se prevé el dragado de puertos fluviales y regulación de canales fluviales preferenciales, así como la optimización de la operación del embalse. Los modelos prevén un calado navegable mientras los niveles en la presa sean se mantengan por encima de la cota 155. Un aterramiento superior exigiría el incre-

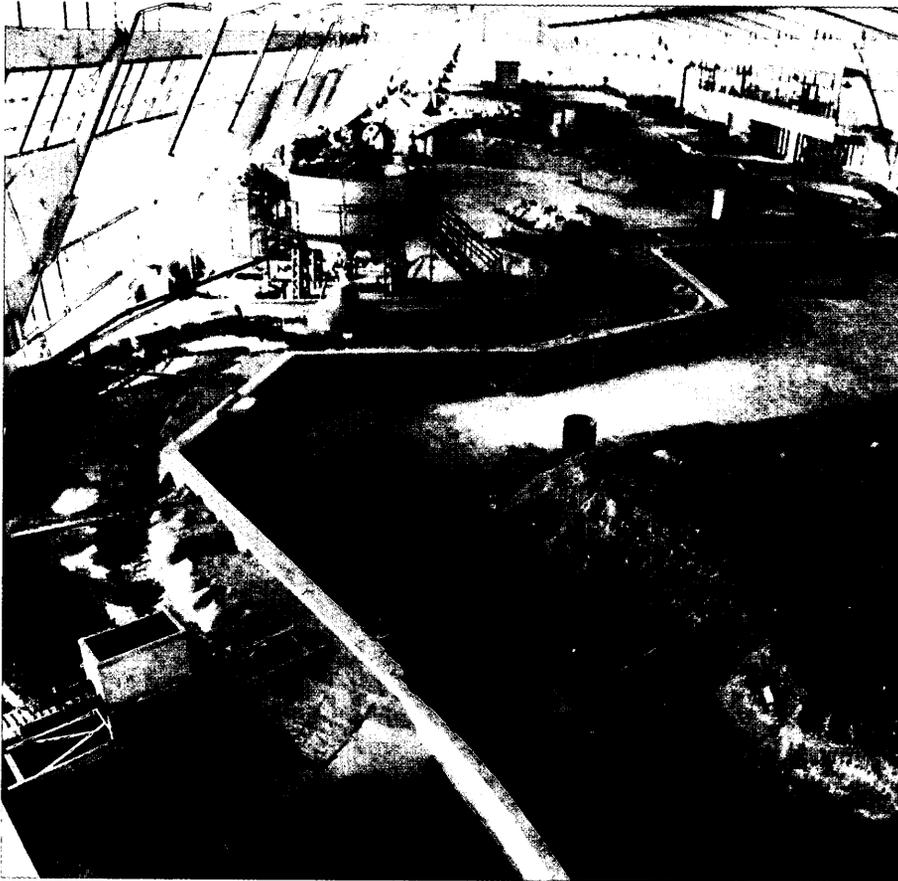


Foto 9: Uno de los modelos físicos utilizados en los estudios de arrastres sólidos.

(1) Nótese que hay una vasta experiencia en la operación de desagües para este fin en China, sobre todo en la cuenca del río Amarillo donde el problema es más acuciente. En el Yangtze, la operación de la presa de Ghezou, desde 1970, con el mismo sistema de desagües garantiza la viabilidad del método.

mento de nivel en la presa para elevar la curva de remanso y una reducción del resguardo hasta que los caudales entrantes garantizaran el calado de mínima navegabilidad. La operación en la presa quedará parcialmente condicionada por la formación de depósitos, e incluso lechos secundarios y móviles en la región de fluctuación de la cola del embalse.

En esta zona, el punto estratégico más importante es el puerto de Chongqing. Sobre el año 2030 la deposición en el mismo puede ser ya considerable. Otros proyectos como la presa de Xiloudu en el principal afluente, cuya terminación se prevé para el 2013, con una capacidad de embalse

de 14.000 Hm³., retrasará el proceso de forma que en 2063, según los cálculos, la deposición en el puerto será del 20% de la que se hubiera producido solo con el PTG. Otros proyectos en la cuenca reducirán todavía más este efecto.

Con la entrada en servicio de las Tres Gargantas, inicialmente se reducirá la cantidad de aportes sólidos aguas abajo un tercio y el tamaño medio de la partícula disminuirá. Ello conllevará el movimiento de parte del sedimento del lecho aguas abajo para después intercambiar con el existente, ya que el más fino tenderá a viajar más hacia aguas abajo. Esta degradación, a lo largo de más de 1000 km, se extenderá hasta el estuario.

ESTIMACIÓN DE IMPACTOS SOBRE EL MEDIO SOCIAL

PAISAJES NATURALES, RELIQUIAS CULTURALES E HISTÓRICAS

Los parajes del tramo de las Tres Gargantas del Río Yangtze son uno de los más famosos y atractivos puntos turísticos de China por sus magníficos paisajes.

Donde se dan ensanchamientos se concentran las aldeas con campos terrazados, y bosques de bambú que se alternan con los naranjos.

Tras el llenado, aparecerá un lago de una superficie de 1.084 Km², que reducirá la altura relativa de los cerros que lo rodean y reducirá el efecto de verticalidad del cañón. No obstante, la anchura del embalse es pequeña por lo que el efecto global será débil.

Desaparecerán los rápidos y remolinos del río y el paisaje turístico será muy parecido fuera de la época de monzones, en la que el resguardo frente a avenidas dejará expuesta la franja árida de unos 30 metros.

El área es una de las cunas de la cultura

china, lugar de nacimiento de la cultura Ba-Chu. Siendo el Yangtze la vía de comunicación por excelencia entre la china litoral e interior, y por su importancia estratégica política, militar y económica, son sus márgenes albergue de gran cantidad de restos culturales de todas las épocas. Al menos 10 yacimientos se remontan a las dinastías legendarias de Xia, Shang y Zhou.

En la zona se pueden encontrar 1056 reliquias culturales e históricas y sepulcros subterráneos de diferentes dinastías. Entre ellas la inscripción Baiheliang protegida a nivel nacional y seis reliquias de interés provincial. Las medidas protectoras son de relocalización, reconstrucción, réplica e inventariado fotográfico o cercado dependiendo del valor de cada una. Se han acelerado los procesos de excavación arqueológica de enclaves que van a ser inundados, como los de cuales la cultura Daxi, que hace casi de 6000 años, marcó la transición de la sociedad matriarcal a la patriarcal.

REASENTAMIENTO DE POBLACIÓN

El PTG es el mayor proyecto de realojamiento hasta ahora abordado en el mundo. Aunque el proyecto en sí mismo supone

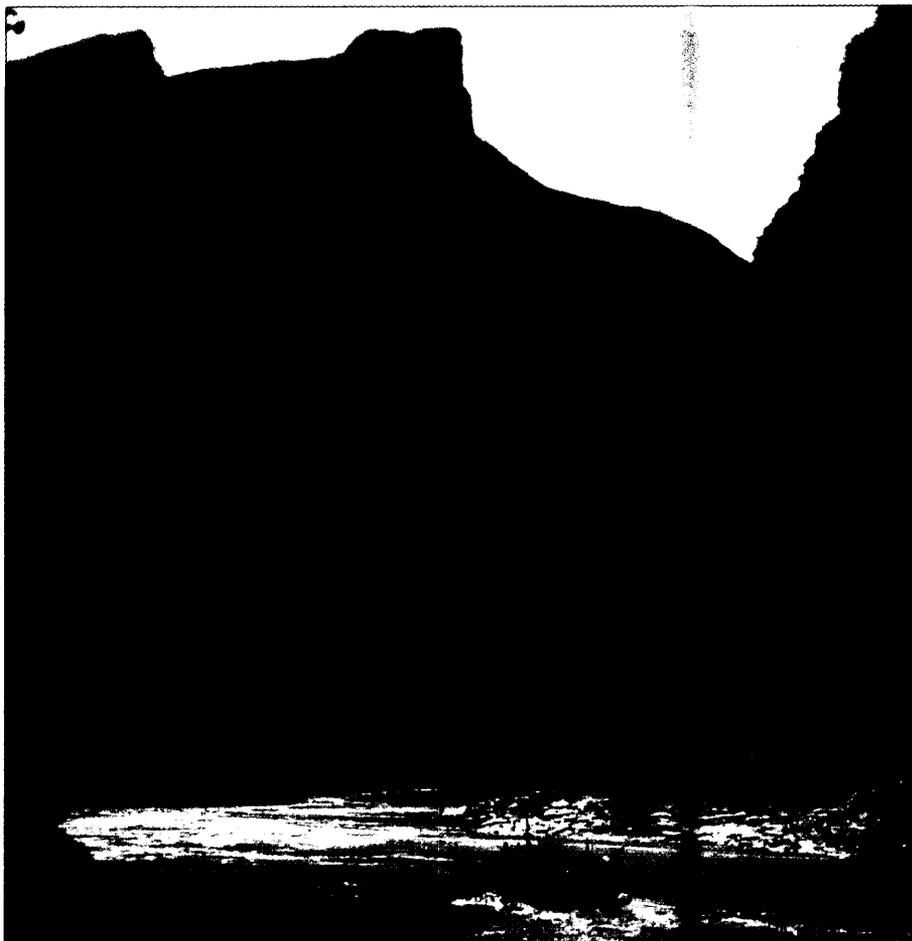


Foto 10: Río Yangtze fluyendo por la garganta Qutang.

importantes pérdidas por inundación, proporciona una excelente oportunidad para el desarrollo de la región en que se ubica. Es uno de los principales retos del proyecto ya que se trata de una región subdesarrollada debido a la falta de inversión en el pasado. La necesaria atención a la gestión medioambiental del mismo exige el reajuste de la estructura productiva para promover un desarrollo armónico y sostenible de la economía y el medio ambiente.

La puesta en explotación del embalse conlleva la inundación de 21 condados, ciudades y distritos, representando 28.000 Ha de tierra cultivada y forestal, 34.6 millones de me-

tros cuadrados de edificación, 1.599 fábricas y afectando a 844.000 personas (57% de los cuales de ámbito urbano) según datos de 1991. No obstante, por crecimiento natural y diversas otras causas, se ha planificado la operación para 1.130.000 personas con una inversión de 40.000 millones de Yuanes de 1993.

El reasentamiento fue definido en 1984 según experiencias de proyectos piloto ya efectuados con éxito en la zona con una inversión de 100 millones de yuanes, bajo la filosofía de *desarrollo orientado*.

La filosofía del programa es cambiar los métodos tradicionales basados en el pago de compensaciones. Se destinan fondos para la explotación y desarrollo racional basados en los recursos locales; promoción de empresas en condiciones ventajosas y la implantación de la eco-agricultura de alto rendimiento. La premisa en la garantía de un reasentamiento adecuado que asegure un nivel de vida al menos con las condiciones anteriores aunque con las bases para su futuro desarrollo.

Para ello las reglas básicas son:

- ▼ 1. Mecanismo de liderazgo y control centralizado (Beijing), responsabilidad provincial y ejecución a nivel local o



Foto 11: Excavaciones arqueológicas en zona inundable. Abajo, Foto 12: Aspecto de los poblados a trasladar.



de condado, con el fin de dar juego a iniciativas tanto nacionales como locales.

▼ 2. Gestión de los fondos para reasentamiento a nivel provincial, para asegurar que el dinero se destina a cada objetivo específico a través de los diferentes niveles de ciudades, distritos o condados.

▼ 3. Respecto al reasentamiento de la población rural, lo más práctico es su desplazamiento a nivel local y reubicarlos en agricultura abogando por la eco-agricultura de alto rendimiento para ayudar a su mejora de nivel de vida en base a su propia producción. Alguna parte de la población rural se moverá a provincias del medio y bajo Yangtze y a zonas más desarrolladas económicamente en la costa. De acuerdo



Fotos 13 y 14: Vivienda de 140 m² para cuatro personas relocalizadas procedentes del área de la cerrada.

con los planes preliminares, éstos suponen una cifra de 125.000. La mayor parte, a reasentar en el área del embalse, se llevan a cabo bajo el principio de un *Plan Unificado con ejecución progresiva*, conforme las reconstrucción de infraestructuras y la financiación vaya habilitando ciudades en condiciones de funcionamiento.

▼ 4. Aprovechando la oportunidad del realojo, algunas fábricas y empresas serán cerradas por falta de beneficios o mercado o por la polución medioambiental que producen. Hasta 20 provincias han desplegado su participación en los programas de reindustrialización. Las principales industrias comparten riesgos financieros de la operación.

Las cifras, a julio de 2000, son optimistas respecto al éxito de la operación de reasentamiento. Se han realojado 248.000 personas y se dan las condiciones para otras 90.000, lo que indica que se alcanza el 30% de los objetivos en los 8 años que lleva en marcha el programa. Se han reconstruido 577 factorías y cerrado definitivamente 36. Además ya se ha completado la traslación de 2 ciudades, 11 cabezas de partido y 114 aldeas. La mayoría de ellas ya están tomando forma. Se ha completado la nueva cabecera de condado de Zigui en la provincia de Hubei y está próxima la de Yunyang en la ciudad autónoma de Chongqing. En general los trabajos no presentan retrasos respecto a la planificación inicial.

La relocalización de población ha promovido el desarrollo económico del área del embalse. Las casas tienen mayor superficie y calidad con una media bruta per cápita de 56.7 m². Las fábricas que malgastaban recursos, no presentaban viabilidad económica o polucionaban el medio ambiente han sido cerradas.

La cooperación y la renovación tecnológica ha dado otra perspectiva económica a la zona.

Se ha prohibido la transformación de tierras cultivables a costa del sacrificio de zonas forestadas. Los cultivos en pendientes menores del 25% han sido transformados a terrazas y se ha promovido la eco-agricultura de alto rendimiento. Todo ello contribuye a sentar las bases para un desarrollo sostenible de la economía en la zona del embalse.

PROGRESO DEL REASENTAMIENTO EN EL ÁREA DE LA PRESA

Se han establecido hasta ahora 41 áreas o núcleos de reasentamiento tras la expropiación inicial en la zona de la cerrada, primera afectada por la construcción, con un área de 702.400 m² y una media per cápita de 56.7 m²/persona.

Tuvimos la oportunidad de visitar personalmente alguna de las familias reubicadas en su nueva vivienda confirmando la información documental de que disponíamos sobre la calidad de la construcción y dotaciones. La célebre hospitalidad china hizo posible esta visita no contemplada en los programas oficiales de visitas al área de la presa.

SEGUIMIENTO DE LA POBLACIÓN Y ECONOMÍA EN EL ÁREA DEL EMBALSE

El área de seguimiento abarca una extensión de 58.000 Km² en donde se asienta una población de 14.7 millones de habitantes. Desde 1998 se ha producido un crecimiento económico sostenido del 10.98% anual, principalmente gracias al sector secundario, pese a situaciones tan desfavorables como



Foto 15: Plantación experimental.

las inundaciones de 1998 y la crisis financiera del sudeste asiático. La renta per cápita es de 1.852 y 1.799 yuanes en las zonas de Hubei y Chongqing para la población rural y de 4.883 y 5.276 para la urbana respectivamente. El total de habitantes por debajo del umbral de pobreza se redujo en 450.000 solamente durante 1998.

SALUD PÚBLICA

La población residente en el ámbito de la zona de estudio es relativamente pobre no gozando de las condiciones higiénicas deseables. La tasa de vacunación en el ambiente rural es apenas del 40% frente al 80-90% del urbano. Las inversiones en salud pública de la zona han sido históricamente inferiores a la media nacional así como el personal sanitario.

Se está llevando un control especial para prevenir la prevalencia de enfermedades endémicas. Principalmente preocupan la esquistosomiasis y la malaria. Mientras la primera ya no está implantada en el área del embalse y no se prevé su reproducción, la segunda está presente aunque con tasas muy bajas. Se prevé que las condiciones de la superficie del embalse, con pequeño oleaje debido al viento y la navegación, no favorecerá las condiciones para el incremento de mosquitos transmisores de la malaria y la encefalitis B, salvo en la cola de algunos tributarios.

La migración de ratas desde la zona inundable a cotas más altas concentrará su presencia y podrá transitoriamente incrementar el riesgo de la leptospirosis y otras enfermedades transmitidas por este animal.

Las malas condiciones sanitarias en aglomeraciones de campamentos de construcción o provisionales en una mala or-

ganización del reasentamiento podría incrementar la tasa de enfermedades como la disentería, hepatitis u otras infecciones intestinales.

Las medidas preventivas van relacionadas con la creación de oficinas de *protección y educación de la salud pública* en las zonas de reasentamiento, la limpieza del lecho inundable, desratización y medidas antimosquitos.

IMPACTOS DE LA CONSTRUCCIÓN

El gobierno chino exigió en la aprobación de la construcción que tanto la obra como su integración medioambiental fuera un ejemplo de primera clase en el mundo.

Para ello se dictó las normas "*Regulation for Environmental Protection in Construction sites Implementation*" y "*Planning for Environmental Protection in Construction Sites*". Dado que la extensión de este artículo no lo permite, y que la evaluación de impactos y medidas correctoras relativos a la propia construcción son convencionales, no haremos más referencia a ellas.

SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA AMBIENTAL

Para coordinar y reforzar el control sobre los aspectos relacionados con el Impacto Ambiental del Proyecto, el Consejo de Estado creó el Grupo de Coordinación Ecológica y Ambiental del PTG en agosto de 1995. Desde enero de 1994 ya venía funcionando el Comité de Protección del Medio Ambiente y Reliquias Culturales que supervisa toda la zona de actuación.

Desde 1995 opera el sistema de monitorización ambiental del proyecto, abarcando, desde tramos situados aguas arriba, hasta el propio estuario del Yangtze. Este sistema es dinámico y va incorporando mejoras conforme evolucionan los trabajos y el propio conocimiento. Entre otras tareas tiene la de difundir un informe anual público sobre el seguimiento medioambiental del proyecto que no solo tiene por objeto la ayuda a la toma de decisiones de tipo social, económico y ambiental, sino también el fomento de la participación pública en el proceso. Para ello se ha dividido la zona en 11 subsistemas y se han establecido 5 estaciones ecológicas experimentales.

ESTACIONES EXPERIMENTALES.

Se han puesto en marcha, de acuerdo con El programa de seguimiento, cuatro estaciones experimentales para la investigación e implementación sobre:

- ▼ suelos y microorganismos en el área del embalse para la fertilización de suelos,
- ▼ demostración de procedimientos de eco-agricultura de alto rendimiento (nuevas especies de trigo, experimentos de arroz, maíz y patata ecológica..)
- ▼ rehabilitación y reconstrucción de ecosistemas degradados.
- ▼ fertilización rápida de transformaciones con especies adecuadas y fertilización razonable de las cosechas para plantaciones de fuera de temporada según cotas.
- ▼ fertilización del arroz, mejorando la producción por hectárea.
- ▼ selección y recuperación de tierras salinizadas en el estuario para plantación de algodón.
- ▼ repoblaciones rápidas de pinos, robles y cipreses y su efecto en la conservación de humedad y suelo en zonas montañosas

El objetivo es promover la producción e incrementar los beneficios de los agricultores del área del embalse con bases para la reducción del área cultivada con la misma producción, pero bajo controles medioambientales para ajustar y controlar el reasentamiento rural y la influencia de la migración en la socioeconomía rural del área del embalse.

Gracias a los métodos investigados para la rápida puesta en explotación de transformaciones, se ha incrementado la producción de arroz, trigo y maíz, promoviendo la migración y elevando el nivel de vida de los emigrantes.

Otros experimentos son tendentes a la relocalización "ex-situ" de 39 especies raras de plantas localizadas en el área inundable

COMENTARIO FINAL

Quiero terminar este artículo reproduciendo, con la exactitud que mi memoria me pueda permitir, un comentario que solo hace unos meses, el profesor Zhang Guangdou, Académico de las Ciencias nos contaba, no sin algo de nostalgia en su voz.

Era el relato de un reciente reencuentro en las proximidades de la presa en construcción con un ciudadano, como él ya

nonagenario, residente en las Tres Gargantas al que había conocido en los años cincuenta durante la participación del profesor en los estudios que por entonces ya se llevaban a cabo. Su edad ya no le permitirá ver culminadas las obras ni disfrutar de la prosperidad que el proyecto iba a llevar a la región y que había sido su esperanza durante décadas mientras envejecía. Cuando le preguntó por qué habían tardado medio siglo en autorizar las obras, el profesor no pudo sino responder:

"Tuvimos que hacer estudios geológicos, hidrológicos, ambientales, económicos... para saber si las debíamos hacer"

En la mirada muda, respuesta de aquel compatriota, dice que vio el sufrimiento, la pobreza, las muertes y enfermedades que solo en esos cincuenta años, este viejo anhelo chino podría haber evitado.

REFERENCIAS

-Environmental Impact Statement for the Yangtze Three Gorges Project. EIA Dept., Chinese Academy of Sciences and Research Institute for Protection of Yangtze Water Resources. Science Press, Beijing,

-Ecology and Environment of the Three Gorges Project². Science Press, Beijing, 1994.

-Charte CIGB sur les Barrages et L'Environnement. Commission Internationale des Grandes Barrages. ICOLD. Paris 1997.

-Speech at the 20th Congress of International Commission on Large Dams. Guo Shu-yan. Beijing 2000.

-Proceedings of China Yangtze Three Gorges Project. China Yangtze TGP Devlp. Corp. Beijing, 2000.

-Bulletin on Ecological and Environmental Monitoring Results of the Three Gorges Project. State Environmental Protection Administration, 1999.

-El río Yangtze y la Presa de las Tres Gargantas. Luis Berga, Jesús Yagüe, Gaspar Zaragoza y Enrique Cifres. Revista de Obras Públicas, Enero 1988.

-Energía 2000. Foro de la Industria nuclear española. Madrid, 2000.

-Libro Blanco del Agua. Ministerio de Medio Ambiente. Diciembre 1998. ■

(2) De esta publicación proceden las fotografías números 2, 3, 5, 7, 9, 11, y 16