

39



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

“IMPACTOS AMBIENTALES DE PRESAS Y BORDOS”

293560



T E S I S
 QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
 INGENIERO CIVIL
 P R E S E N T A
JAVIER HOMERO FLORES CERVANTES
 DIRECTOR DE TESIS: M. I. OSCAR VEGA ROLDAN

MEXICO, D. F.

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/001/01

Señor
JAVIER HOMERO FLORES CERVANTES
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor OSCAR VEGA ROLDAN, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"IMPACTOS AMBIENTALES DE PRESAS Y BORDOS"

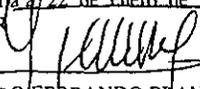
- INTRODUCCION
- I. ANTECEDENTES
- II. ASPECTOS IMPORTANTES DEL IMPACTO DE LAS PRESAS Y BORDOS
- III. EJEMPLOS
- IV. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFIA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria el 22 de enero de 2001.

EL DIRECTOR


M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
CFB/GMP/mstg.

Agradecimientos.

A Dios, por la vida, por estar siempre en ella y por todas las oportunidades que me ha dado.

A mis padres, por su amor y su comprensión. Por impulsarme en todo momento y darme ánimos cuando me eran muy necesarios. Por sus consejos.

A mis hermanas, por su presencia y su cariño.

Al Ing. Oscar Vega Roldán, por su amistad, su tiempo y atinadas sugerencias a mi tesis.

Al Ing. José Manuel Covarrubias, por su apoyo en mi paso por la UNAM.

A la UNAM, por todas las actividades que pude realizar en ella, y por el mundo maravilloso de personas que en ella conocí. A mi facultad, que por 5 años fue mi casa.

A mis profesores, en especial a Ricardo Padilla y a Felix Nuñez.

A todos mis amigos y compañeros de la UNAM. En especial a los del G 12. Gracias a todos ustedes por su amistad y momentos de farra.

A la familia Torres, por brindarme su hogar en los primeros años de mi carrera

A Fundación Telmex, por el apoyo que me concedió durante mis estudios de licenciatura, hasta la culminación de mi tesis.

A todas las personas que me ayudaron a concluir mis estudios de licenciatura.

Tesis: Impactos Ambientales de Presas y Bordos.

ÍNDICE.

I.	Introducción	1
	1.1 Importancia del problema	1
	1.2 Objetivo y alcance de la tesis	4
II.	Antecedentes	5
	II.1 Conceptos básicos	5
	II.1.1. ¿Qué es una presa?	5
	II.1.2. ¿Qué es una presa grande? <i>Tabla: Usos de las presas grandes de México en 1997.</i>	6
	II.1.3. ¿Qué es un bordo?	7
	II.1.4. Términos usuales	7
	II.2 El debate	7
	II.2.1. Historia del impacto ambiental de las presas en México	7
	II.2.2. ¿Qué se ha escrito acerca del impacto ambiental de las presas en el mundo?	8
	II.2.3. ¿Y en México?	10
	II.3 La importancia de las presas en el desarrollo de nuestras civilizaciones hasta el día de hoy	10
	II.3.1. Importancia del riego en la agricultura	10
	II.3.2. Diques, presas y canales en el valle del Anáhuac	10
	II.3.3. El agua, vital para la agricultura hoy en día	11
	II.3.4. El trópico húmedo en México, es un ejemplo de otro uso de las presas	11
	II.3.5. La navegación	12
	II.3.6. La acuicultura	12
	II.3.7. El turismo y la recreación	12
	II.4 Sustentabilidad de las presas	12
	II.5 Cumplir con las demandas de agua y energía.	14
	II.5.1. El punto de vista del BID	15
	II.5.2. Pequeñas hidroeléctricas como una opción de energía para pequeñas áreas rurales	16
	II.6 Clasificación de los impactos de presas y bordos	
III.	Aspectos importantes del impacto ambiental de las presas.	17
	III.1 Los efectos de las grandes presas en el ambiente social, económico y cultural	17
	III.1.1.1 Métodos de evaluación de los impactos socioeconómicos	17
	III.1.1.2 Políticas y leyes existentes	18
	III.1.1.3 Poderes y disposiciones institucionales	18
	III.1.2. Efectos durante la ejecución	19
	III.1.2.1 Oportunidades de empleo	19
	III.1.2.2 Reubicación de las poblaciones	19
	III.1.2.3 Efectos económicos locales	19
	III.1.2.4 Vestigios y patrimonios culturales	20
	III.1.2.5 Aceptación social	21
	III.1.3. Impactos durante la operación	21
	III.1.3.1 Economía local	22

	III.1.3.2 Turismo y recreación	22
	III.1.3.3 Navegación	22
	III.1.3.4 Impactos aguas abajo	22
III.1.4.	El desplazamiento y reubicación de comunidades	23
	III.1.4.1 Dinámicas de reubicación	23
	III.1.4.1.1 Etapa de reubicación	23
	III.1.4.1.2 Etapa de desarrollo	24
	III.1.4.2 Lecciones de la experiencia mundial	24
	III.1.4.3 La importancia de la mujer en el proceso de reubicación	24
III.1.5.	La situación en México	25
III.1.6.	Resumen de los beneficios y costos socioeconómicos y culturales	25
III.1.7.	Conclusiones	26
III.2	Medio ambiente natural (Flora, fauna y fauna acuática)	27
	III.2.1. Ecosistemas y biodiversidad terrestre <i>Foto: Presa Peñitas, Chiapas.</i>	28
	III.2.2. Ecosistemas y biodiversidad acuática aguas abajo de la presa	29
	III.2.2.1 Impactos de los regímenes de flujo	29
	III.2.2.2 Impactos del atrape de sedimentos y nutrientes detrás de una presa	31
	III.2.2.3 El bloqueo de la migración de organismos acuáticos	31
	III.2.2.4 Ecosistemas de llanuras de inundación	32
	III.2.2.5 Pesquerías	33
	III.2.3. Realce de ecosistemas <i>Foto: Presa Peñitas, Chiapas.</i>	33
	III.2.4. La restauración de ecosistemas a través del retiro de presas	34
	III.2.5. ¿Cuáles son los impactos positivos y cuales los negativos?	35
	III.2.6. ¿Qué es lo natural?	35
	III.2.7. ¿Cómo mejorar la situación?	35
III.3	Suelo (Tierra)	37
	III.3.1. Habilitación de terrenos y su drenaje <i>Foto: Presa Calderón, Jalisco.</i>	37
	III.3.1.1 Salinización de aguas y suelos	38
	III.3.2. Estabilidad de taludes	39
	III.3.2.1 Deslizamiento de tierras en taludes	39
	III.3.2.2 Soluciones para estabilizar a los taludes	40
	III.3.3. Cambio en el flujo de agua y sedimentos	40
	III.3.4. Sismicidad inducida	41
	III.3.4.1 Movimientos pequeños a lo largo de periodos grandes de tiempo	41
	III.3.4.2 Temblores inducidos	41
	III.3.4.3 Las teorías al respecto	42
III.4	Actividades constructivas de las presas	43
	III.4.1. Contaminación del agua y del aire	43
	III.4.2. Erosión del suelo <i>Foto: Presa Constitución, Michoacán.</i>	44
	III.4.3. Zonas de préstamo (bancos de material) y desecho	45

	III.4.4. Caminos de acceso	46
	III.4.5. Fuerza de trabajo (campamentos)	46
	III.4.6. Paisaje	46
	III.4.7. Desmonte	47
III.5	Sedimentación en los embalses	49
	III.5.1. Impactos técnicos y ambientales de la sedimentación de embalses <i>Tabla 1.</i>	49
	III.5.1.1 Control de sedimentos y métodos de remoción de sedimentos	50
	III.5.1.2 Estimación de la cantidad y distribución de sedimentos acumulados en los embalses	50
III.6	Hidrología <i>Foto: Presa La Pólvora, Jalisco.</i>	55
III.7	Calidad del agua <i>Figura A.</i>	57
	III.7.1. Embalses	58
	III.7.1.1 Características Físicas	58
	III.7.1.1.1 Turbiedad	
	III.7.1.1.1.1 Efectos	
	III.7.1.1.1.2 Mitigación	
	III.7.1.1.2 Estratificación térmica	
	III.7.1.1.2.1 Efectos <i>Foto: Malpaso, Chiapas.</i>	
	III.7.1.1.2.2 Mitigación	
	III.7.1.2 Propiedades químicas	59
	III.7.1.2.1 Oxígeno disuelto	
	III.7.1.2.1.1 Efectos	
	III.7.1.2.1.2 Mitigación	
	III.7.1.2.2 Sustancias tóxicas	
	III.7.1.2.2.1 Efectos	
	III.7.1.2.2.2 Mitigación	
	III.7.1.2.3 Nutrientes y mineralización	
	III.7.1.2.3.1 Efectos <i>Foto: Trigomil, Jalisco</i>	
	III.7.1.2.3.2 Mitigación	
	III.7.2. Aguas abajo de la presa	64
	III.7.2.1 Características físicas	64
	III.7.2.1.1 Efectos	
	III.7.2.1.2 Mitigación	
	III.7.2.2 Propiedades químicas	65
	III.7.2.2.1 Efectos	
	III.7.2.2.2 Mitigación	
	III.7.2.3 Estuarios	65
III.8	Barreras contra la marea	67
	III.8.1. Cambios en el flujo de aguas y sedimentos	67
	III.8.2. Estuarios represados totalmente	67
	III.8.2.1 Estrategia general de gestión	68
	III.8.2.2 Medidas aplicadas para la protección de costas	68
	III.8.3. Estuarios parcialmente represados	69
	III.8.4. Conclusiones de las recomendaciones holandesas	69
III.9	Clima <i>Esquema 1 y Esquema 2.</i>	71
	III.9.1. Regiones climáticas	71
	III.9.2. Efecto de la temperatura	72
	III.9.3. Régimen de viento	73

	III.9.4. Régimen de hielo	73
	III.9.5. Evaporación y humedad	73
	III.9.6. Precipitación	74
	III.9.7. Neblina	74
III.10	Salud humana	77
	III.10.1.1 Parásitos y enfermedades	77
	III.10.1.2 Efectos de movimientos de la población y trastornos socio económicos	78
	III.10.1.3 Efectos de la contaminación en los embalses (contaminación del agua)	78
	III.10.2. Orientación de los estudios y programas de salud pública	78
	III.10.2.1 Durante las etapas preliminares y de borradores del diseño	79
	III.10.2.2 Durante la construcción	79
	III.10.2.3 Después de la creación del embalse	79
	III.10.3. Costos	79
IV.	Ejemplos	81
IV.1	Ejemplos en el mundo	81
	IV.1.1. ¿Cuál será el costo de este Megaproyecto? Proyecto Tres Gargantas <i>Fotos: Pescador en el Yang-tzé; campesino mudándose; cultivos de berenjena y pimienta en el delta del Yang-tzé; contaminantes que llegan al Yang-tzé.</i>	81
	IV.1.2. Australia	84
	IV.1.3. Ejemplo de la compatibilidad de las obras hidráulicas y su entorno, llanuras de inundación de los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay, en el norte de Argentina	84
	IV.1.4. Grandes flujos regulados: El Río Colorado <i>Foto: Descarga de la Presa del Cañón Glen (- Glen Canyon Dam -)</i>	85
	IV.1.5. La extinción del salmón: El Río Columbia	86
	IV.1.6. Medidas que mitigan los impactos de una presa en la flora y fauna Embalse Los Vaqueros, en California	87
	IV.1.7. Obra de toma multiniveles. Embalse del Este, en California <i>Foto: Obra de toma multiniveles del Embalse del Este.</i>	88
	IV.1.8. La complejidad de remover una presa: El río Snake	89
	IV.1.9. Penetrando en el viaje del salmón <i>Foto: Pez Robot.</i>	90
IV.2	Ejemplos en México	91
	IV.2.1. Grandes beneficios para la agricultura y desarrollo económico del noroeste del país. Huites <i>Foto: Huites en construcción.</i>	91
	IV.2.2. La importancia de las presas y su impacto social La Presa Temazcal (Miguel Alemán)	93
	IV.2.3. Aspectos sociales, económicos y naturales. La Presa Cerro de Oro	94
IV.3	Presas de Jales	97
V.	Recomendaciones y Conclusiones	99
	V.1 Recomendaciones	99
	V.1.1. Recomendaciones a seguir en la planeación de la construcción de una presa	99
	V.1.2. Lineamientos de la ICOLD (1997) para la construcción de nuevas presas	100

V.2 Conclusiones	103
V.2.1. Extensión de los impactos de presas y frutos de la experiencia ingenieril en presas	103
V.2.2. La mayoría de las nuevas presas se construirán en países en vías de desarrollo	103
V.2.3. Otras alternativas	104
V.2.4. Información	104
V.2.5. Sedimentación	105
V.2.6. Costo local de las grandes presas	105
V.2.7. Todos los procesos en la naturaleza son cíclicos e interactivos, incluyendo aquellos donde interviene el hombre	105
V.2.8. Calidad del agua	105
V.2.9. Las presas y las civilizaciones humanas	106
V.2.10. El futuro de las presas	106
V.2.11. Conclusión final	107
VI. Bibliografía	

Abreviaturas empleadas en la tesis.

- ICOLD.- Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD por sus siglas en inglés).
- WCD.- Comisión Mundial de Presas (WCD por sus siglas en inglés).
- WCED.- World Commission on Environment and Development.
- EUA.- Estados Unidos de América.
- ASCE.- American Society of Civil Engineers.
- USBR.- United States Bureau of Reclamation.
- CFE.- Comisión Federal de Electricidad.
- CNA.- Comisión Nacional del Agua.
- INI.- Instituto Nacional Indigenista.
- INAH.- Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- BID.- Banco Interamericano de Desarrollo.
- ONU.- Organización de las Naciones Unidas.
- OLADE.- Organización Latino Americana de Energía.
- WEPSD.- World Engineering Partnership for Sustainable Development

Una nota al final o comienzo de un párrafo significa el número de referencia de acuerdo con la lista de referencias de la Bibliografía. ^{papeles} hace referencia a los artículos tomados de la referencia 23, y si es seguida de un número ^(papeles 1) indica el número correspondiente del artículo dentro de la referencia 23.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. IMPORTANCIA DEL PROBLEMA.

“El agua es la clave de la vida en la Tierra y probablemente en cualquier otro lado del Universo. El agua siempre ha sido esencial para la vida humana y para la naturaleza, y recientemente también lo es para el crecimiento económico, el mejoramiento de la calidad de vida, el incremento del nivel de vida y para atenuar las carestías de la pobreza .

Las presas son la clave hacia una fuente confiable de agua. Por siglos los beneficios de las presas por ser fuentes de agua, comida, energía y control de avenidas, han sido inconmensurables. Además, la construcción de grandes presas frecuentemente ofrece oportunidades importantes de desarrollo económico. Estos beneficios deben ser ampliamente difundidos y tomados en cuenta.

Los beneficios que proporcionan las presas son indudablemente muchos y muy grandes, a lo largo y ancho de todo el planeta. El abastecimiento de agua a poblaciones e industrias, la agricultura de riego, la generación de energía eléctrica y el control de inundaciones, son sólo algunos de estos beneficios.

Sin embargo, la construcción y operación de presas y embalses alrededor del mundo durante el siglo pasado ha tenido impactos adversos no previstos en el medio ambiente: se inundan algunas tierras, se alteran los balances ecológicos, la continuidad de vida acuática en los ríos se ve interrumpida, y los escurrimientos de las corrientes se ven disminuidos porque sus aguas son desviadas para diferentes usos. Otros cambios importantes son: cambios en los regímenes de sedimentación en el río, el deterioro de la calidad del agua, cambios en la flora y fauna, inundación de tierras agrícolas productivas, y sobre todo, el reacomodo de las poblaciones que habitan la tierra que se planea inundar, que muchas veces significa la destrucción de su cultura y medios de vida. Estos impactos son innegables.

Muchos impactos dañinos para el medio ambiente natural han ocurrido en la naturaleza a lo largo del tiempo, debidos a diferentes actividades y obras humanas. El Hombre ha afectado los ecosistemas desde el comienzo de la agricultura: a través del riego de valles con canales artificiales; y de la modificación de la capa vegetal que cubre al suelo, cortando árboles y arando la tierra.

Pero hoy, el hombre se enfrenta al deterioro del medio ambiente natural por negligencia. Y a la pérdida de la biodiversidad por ignorancia. La degradación de la naturaleza se debe a prácticas no sustentables como la deforestación, el drenado de pantanos, la reducción de acuíferos y la contaminación de ríos y océanos como resultado de un desecho de contaminantes indiscriminado. El desvío de aguas de los ríos para uso doméstico, industrial y agrícola ha llegado al punto en el que las aguas de muchos ríos como el Colorado, el Amarillo, el Ganges y el Nilo, ya no alcanzan el mar. Y cuando los ríos se secan y no descargan su agua dulce en el mar, las especies marinas que dependían de sus aguas para reproducirse enfrentan el peligro de extinción.

Aparentemente, la especie humana observa sin preocupación alguna cómo el suelo se erosiona, los terrenos silvestres se deterioran, el número de peces de ciertas especies en los océanos se reduce, los arrecifes de coral mueren, algunas especies de plantas y animales desaparecen, los acuíferos son sobreexplotados y hasta la capacidad de protección de la capa superior de ozono contra los rayos solares disminuye. El punto máximo de sustentabilidad es cruzado por nuestra especie cuando agotamos la capacidad de nuestro hábitat de absorber nuestros desechos.

Al igual que para un importante sector internacional de ingenieros y personas involucradas con las políticas, diseño, operación, construcción e impactos de presas, este trabajo desea hacer notar que la importancia que se le da a los aspectos del cuidado del medio natural y social que rodea a las presas debe ser la misma que se le da a los aspectos de seguridad de presas. Las nuevas presas deben construirse siguiendo criterios estrictos en cuanto a la economía, el medio ambiente y el social. Ya no es aceptable la construcción de presas sin mitigar sus impactos ambientales. Este trabajo tampoco pretende persuadir a sus lectores de que ya no se deben seguir construyendo presas, sino el que sólo se deben construir en armonía con su entorno. Esto requiere la combinación de la evaluación de los aspectos sociales y ambientales con la evaluación técnica y financiera.

Es claro que cualquier país tiene el derecho de construir grandes presas para mejorar la vida de sus habitantes, dados los muchos beneficios que éstas les proporcionarían, y toda persona debe tener la oportunidad de seguir una vida sana y productiva en armonía con la naturaleza. Y el conseguir dicha armonía es una tarea muy difícil si consideramos la opresiva pobreza y el incremento de población mundial sin precedentes, la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, la pérdida de tierras agrícolas y la expansión de los desiertos. Las mejoras sociales deben respetar los límites de la capacidad de carga de los sistemas naturales. Y es por esto que el desarrollo económico y la protección del medio ambiente deben ir de la mano. *El desarrollo de un crecimiento económico donde lo único importante sea este crecimiento económico, no es sustentable, porque puede conducir al agotamiento los recursos naturales.*

Un desarrollo sustentable implica el mantenimiento de las formas de vida básicas que sustentan a los sistemas y a la vitalidad de nuestro entorno natural, al mismo tiempo que mejoramos la calidad de vida de la sociedad y evitamos que se agoten nuestros recursos naturales. Hoy el crecimiento de la demanda de agua en el mundo ha puesto a la humanidad ante un dilema con respecto al desarrollo sustentable: o vivimos en armonía con la naturaleza, o sufrimos las consecuencias de no cuidar los recursos naturales.

Un problema fundamental durante el siglo XXI va a ser el proveer una mínima cantidad de agua de calidad aceptable para el consumo humano y para mantener a los ecosistemas. Los proyectos de abastecimiento de agua sustentables deberán proveer la suficiente cantidad y calidad de agua a precios razonables para satisfacer las demandas actuales y futuras del hombre y su hábitat, sin deteriorar a este último.”¹

Todo lo anterior da pie a que construyamos las presas y bordos necesarios para el desarrollo y mejora de la humanidad, ya que esto se puede lograr. Debemos además mantener y operar las obras ya existentes, y dismantelar las deterioradas o que consideremos que no nos son benéficas, siempre tomando en cuenta el bienestar de su entorno y los posibles beneficios y perjuicios de nuestras obras en el futuro.

Es posible hacer compatibles a las presas con los medios naturales y sociales que las rodean, y el motivo de esta tesis es presentar como se puede lograr esto.

El costo de los daños causados al medio ambiente, en términos monetarios, son muy altos para la sociedad, más no para los constructores del proyecto. Es por esto que la sociedad debe exigir que se respete el medio ambiente.

Existen múltiples ejemplos de lo que no debemos hacer en esta materia. Y no tantos, pero si suficientes ejemplos de obras que se integran armoniosamente con la naturaleza y rinden beneficios a las personas a su alrededor. De todas estas experiencias, el hombre ha aprendido ya muchas lecciones, y estas las debemos entender, transmitir y tener presentes durante todo nuestro ejercicio profesional. Las ideas presentes en esta tesis se deben tomar en cuenta, con mucho interés, cuando esté involucrada alguna presa.

T Traducción de *Environmental impacts of dams and reservoirs*, de Jan A. Veltrop.

1.2 OBJETIVO Y ALCANCE DE LA TESIS.

El objetivo de esta tesis es el mostrar:

1°. La importancia y la magnitud de los impactos que tienen los embalses artificiales que forman las presas y bordos sobre el medio natural en el que se construyen, así como sobre el medio social, político y económico dependiente y relacionado con él. Los impactos se producen durante la planeación, construcción y operación de las presas y los bordos.

2°. La importancia de hacer un balance entre los impactos presentes y futuros, positivos y negativos, de estas obras de ingeniería, durante la planeación, construcción y operación de las mismas. Este balance significa estudiar y entender bien las diferentes oportunidades presentes para aprovechar los recursos naturales y los posibles resultados de cada una de ellas, y con base en ello, seleccionar la más conveniente tanto para el hombre de hoy como para el hombre del mañana, y para nuestro hábitat.

3°. Los parámetros representativos del impacto que tienen las presas y bordos en el medio social, económico, político, y de manera muy especial, en el medio natural.

El trabajo pretende alcanzar esta meta proporcionando una guía de los puntos necesarios a considerar cuando se planea o evalúa cualquier proyecto de un embalse artificial. Plantea abarcar los aspectos que se deben considerar durante la planeación, construcción y operación de una presa.

El autor trata de abarcar los puntos más relevantes tratados en diversos foros internacionales, como congresos y publicaciones, de una manera ordenada. Y considera de manera particular las recomendaciones de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD, por sus siglas en inglés).

Por medio de ejemplos, pretendo mostrar la magnitud y situación actual de muchas presas construidas, en construcción, y por construir (o por demoler), y dar sustento a los puntos expuestos como impactos relevantes de las presas y bordos.

Nota: En el desarrollo de esta tesis evité el empleo de fórmulas que son de carácter específico, y muestro la esencia de los temas. Considero que la ingeniería es lo que es gracias a la observación y comprensión de los fenómenos naturales y cómo los utilizamos en creaciones humanas. Y que la observación, razonamiento y deducción son más importantes que el empleo de modelos matemáticos. Estos son la última herramienta que debemos usar, una vez comprendida y asimilada perfectamente la naturaleza del problema.

II. Antecedentes

II.1 CONCEPTOS BÁSICOS

¿Qué es una presa?

Una presa es aquella estructura que actúa como barrera interrumpiendo la circulación del agua en un canal o el curso de una corriente de agua.

Las presas se pueden clasificar por su finalidad, por su uso hidrológico-hidráulico o bien por el material utilizado en su construcción.

Según su finalidad las presas se pueden clasificar como :

1. Presas para usos del agua municipales, industriales, de riego, recreación, acuicultura, etcétera;
2. Presas para aprovechamiento energético, que elevan el nivel de una corriente de agua con objeto de crear un desnivel que produzca una carga hidráulica capaz de generar energía eléctrica o de otros usos.
3. Presas de navegación, cuyo objeto es la elevación del nivel de una corriente de agua para convertirla en navegable.
4. Presas para la regulación de ríos y control de avenidas.

Pueden clasificarse hidráulica e hidrológicamente como sigue:

- a) Aquellas cuyo fin es el de acumular agua (en ocasiones suelos).

Estas a su vez pueden ser para

- almacenar el agua en las épocas de avenidas para aprovecharla en las épocas de estiaje;
- regular gastos muy grandes, dejándolos pasar poco a poco;
- conservar suelos (retención de suelos).

- b) Aquellas cuya finalidad es elevar el nivel del agua.

Estas a su vez pueden ser para

- subir el nivel del agua y facilitar la extracción de la corriente (Presas de derivación);
- recuperar o evitar pérdidas de carga hidráulica con el fin de aprovechar la energía del agua (Generación de energía);
- recargar acuíferos por infiltración.

Según el material de construcción las presas se pueden clasificar como sigue:

- 1.- Presas de materiales sueltos.

Estas a su vez se clasifican en

- Presas de tierra, que pueden ser de secciones homogéneas o de relleno hidráulico (como las presas de jales);
- Presas de materiales graduados;

- Presas de enrocamiento, que pueden tener un núcleo de arcilla o una pantalla de concreto.

2.- Presas de materiales cementados.

Estas a su vez se clasifican en

- Presas de gravedad;
- Presas de contrafuertes (incluyen las de bóvedas múltiples);
- Presas de bóveda.

¿Qué es una presa grande?

A una presa se le considera grande cuando mide más de 15 m de altura o más de 100 m de longitud. Estas presas son estudiadas debido a la diferencia que existe entre estas y las más pequeñas en su diseño y construcción. Los impactos sobre el medio ambiente de presas más pequeñas son mucho menores que los de estas presas grandes.

Las grandes presas según los criterios del Registro Mundial de Grandes Presas de ICOLD son: presas de una altura superior a 15 m y presas de 10 a 15 m de altura cuya longitud de corona sea superior a 500 m o que embalsen más de 1hm³ de agua, o aquellas con capacidad del vertedor superior a 2000 m³/s.

En México existen más de 500 grandes presas, y algunas de las más importantes del país debido a su tamaño son:

Presa	Rasgo Característico (en el ámbito nacional)	Año de inauguración	Altura	Ríos que afecta	Localización
ZIMAPAN	La más alta de concreto	1994	220 m	Ríos San Juan y Moctezuma	Oro. Y Hgo.
AGUAMILPA	La más alta de enrocamiento con pantalla de concreto	1994	185 m	Río Santiago	Nayarit
HUITES	La de mayor volumen de concreto y la más alta de gravedad	1996	155 m	Río Fuerte	Sinaloa
LA ANGOSTURA	La de mayor capacidad de almacenamiento	1970		Río Grijalva	Chiapas
CHICOASEN	La más alta del continente americano	1978	267 m	Río Grijalva	Chiapas

En 1997, en México existían 536 presas grandes que sirven para un total de 608 usos. 455 son de un solo uso y 81 son de usos múltiples, estas brindan un total de 153 usos.

Usos de las presas grandes de México en 1997.

Objetivo	Un uso	Varios usos	Total de usos	Porcentaje de usos
Irrigación	387	60	447	83%
Control de avenidas	20	61	81	15%
Hidroeléctricas	34	18	52	10%
Abastecimiento de agua	12	13	25	5%
Recreación	2	1	3	1%
Total	455	153	608	113%

Fuente: ICOLD, Statistical tables - Mexico, World register of Dams, 1997.

¿Qué es un bordo?

El bordo es una presa que hacen labradores o campesinos por lo común tierra y piedras, para dirigir o embalsar las aguas.

Agregué el término bordos al título de esta tesis debido a que en México existe una gran cantidad de pequeños embalses que no llegan a ser presas, sino únicamente bordos, y que muchas veces son la única fuente de agua para los pobladores de la zona. Es ahí donde radica la importancia de los bordos para nuestro país.

Los bordos, debido a su tamaño, tienen impactos negativos prácticamente imperceptibles en su entorno (excepto cuando encauzan ríos y cambian regímenes hidráulicos de planicies de inundación) y proporcionan beneficios muy grandes para estas pequeñas comunidades que dependen de ellos.

En esta tesis me refiero únicamente a los bordos que forman embalses artificiales.

Términos usuales.

Es conveniente recordar algunos términos que se usan cuando se habla de presas:

CUENCA. Superficie que capta la precipitación que produce el escurrimiento que lleva una corriente, del río X hasta el sitio Y.

PARTEAGUAS. En elevación es una línea quebrada que va por las partes más altas de la cuenca, y la delimita.

VASO. Parte de una cuenca cuya forma topográfica es semejante a la de una olla que permite almacenar agua, sobre el curso de la corriente.

EMBALSE. Cuerpo de agua formado por la presa en el vaso.

BOQUILLA. Estrechamiento topográfico que da lugar al vaso.

PUERTO. Accidente topográfico, parte baja entre dos alturas.

PRESA. Es la estructura artificial que cambia el curso natural de la corriente, o bien la detiene. En México, en ocasiones, se le llama **CORTINA** a la presa propiamente dicha.

OBRA DE EXCEDENCIAS. Estructura hidráulica que permite el flujo del agua cuando se agota la capacidad de almacenamiento del vaso.

OBRA DE TOMA. Estructura que permite la extracción controlada del agua del embalse para su aprovechamiento.

OBRA DE DESVÍO. Conjunto de obras que permiten el paso de la corriente fuera de la zona de construcción mientras se construye la presa.

II.2 EL DEBATE

Historia del impacto ambiental de presas en México que refleja en buena medida la mundial.

Muchas grandes presas fueron construidas durante las primeras décadas del siglo XX sin prestarle atención a los impactos ambientales y sociales sobre su

entorno, porque no existía conciencia de los efectos de las obras. Además, las cantidades enormes de terreno disponible en el país y la baja densidad demográfica de esa época, permitieron que esta infraestructura se creara sin conflictos importantes.

Desde los 50's, con niveles crecientes de urbanización e industrialización, la construcción de grandes proyectos hidráulicos se hizo presente en muchos ríos, en especial en las zonas más industrializadas.

La energía hidroeléctrica es una importante fuente de energía y es por eso que grandes proyectos hidroeléctricos fueron vistos como estratégicos para el desarrollo del país desde los 70's. Además, muchas de las grandes presas construidas en el sur del país para producir energía eléctrica, se hicieron con el propósito de controlar las grandes avenidas que dañaban a los cultivos y a las poblaciones de la región, y por esta última razón fueron vistas como obras muy benéficas. El cultivo por riego es una fuente importante de alimentos para el país, también por eso que grandes proyectos agrícolas de irrigación, que incluían grandes presas, fueron vistos como estratégicos para el desarrollo del país. Este aspecto es fundamental para comprender el contexto de la construcción de grandes presas en México y en muchos otros países del mundo.

En esos tiempos el crecimiento económico era considerado del interés nacional, protegido de toda crítica. La sociedad no participó en la toma de decisiones para la construcción de grandes presas

Afortunadamente ahora, el gobierno federal, después de años de experiencias, le presta más atención a los impactos ambientales y sociales que generan proyectos como las presas, y se ha dado cuenta que es mejor prevenir daños al medio ambiente y a las poblaciones afectadas por las presas, que remediarlos. Así, se han obtenido más beneficios y menos perjuicios de estas obras, y muchos de los grandes proyectos tienen hoy en día múltiples usos, existe un mayor cuidado con las poblaciones afectadas por los proyectos de presas, y se cuida más el medio ambiente natural. Sin embargo, mucho del daño que ya se hizo se debe corregir.

Hoy en día existe un mayor número de estudios y evaluaciones ambientales y sociales de los impactos de obras de esta magnitud, y son reveladas con mayor claridad sus consecuencias. La sociedad es más consiente de dichas consecuencias. De esta manera el gobierno responsable de su construcción no puede olvidar a las comunidades afectadas y el cuidado que el medio ambiente requiere.

Quiero señalar que pese a la mayor conciencia y conocimiento que existe del impacto ambiental de presas, en muchos proyectos de presas en el mundo se tiene aún un pobre cuidado al respecto.

¿Qué se ha escrito acerca del Impacto Ambiental de Presas en el mundo?

“A raíz de la Conferencia de Estocolmo, en el año de 1972, empezó a gestarse una conciencia ecológica en un grupo importante de individuos comprometidos con la vida en este planeta, al percatarse de que las tendencias hasta entonces

prevalcientes de agotar los recursos naturales y alterar los precarios equilibrios entre los ecosistemas, iban a conducir no sólo a la destrucción de la vida silvestre en la superficie de la tierra, en sus lagos, ríos y océanos, sino incluso a la vida misma del hombre.” [19]

Un auge especial ha cobrado el tema del impacto ambiental de presas cuando percursoros de la construcción de nuevas presas, organizaciones no gubernamentales y parte de la sociedad, entre ellos importantes ingenieros y científicos, debaten sobre los beneficios y perjuicios de estas majestuosas obras de ingeniería.

La ICOLD celebra cada tres años un congreso donde se discute sobre las grandes presas, en diferentes ciudades del mundo. Los aspectos técnicos y tecnología siempre han sido temas tratados en estos foros, pero la seguridad de las presas, y ahora los impactos ambientales de estas, han ganado terreno e importancia en últimas fechas (desde hace 30 años) en los congresos internacionales y en el mismo seno de la ICOLD.

La postura de esta institución se plasma en un documento llamado Declaración de la ICOLD sobre las presas y el medio ambiente. Cabe destacar que desde 1973 este organismo se ha interesado en sensibilizar a los ingenieros con los problemas medioambientales de las presas y embalses, expresando lo siguiente: “El verdadero problema a resolver es saber si las presas son útiles o nocivas, si, globalmente, mejoran nuestro entorno medioambiental y el bienestar del hombre o si lo degradan y, en cada caso, si deben ser construidas o no y de acuerdo con qué características”. Los resultados de la iniciativa de la ICOLD han sido lentos, pero hoy en día gracias a ella se cuenta con la experiencia acumulada necesaria para resolver los problemas ambientales presentes en los proyectos de grandes presas.

El Banco Mundial ha sufrido severas críticas en cuanto a su actuación en el impulso de la construcción de presas en países en vías de desarrollo. Esto es porque muchas veces, dichos proyectos se construyen perjudicando el desarrollo sustentable de estas naciones. No solo causan serios deterioros al ambiente regional, sino que crean grandes problemas sociales.

Son estas razones las que han llevado al propio Banco Mundial a financiar estudios y foros de discusión del tema, tal es el caso de la Comisión Mundial de Presas, o WCD por sus siglas en inglés.

La WCD ha publicado los resultados de su estudio sobre la viabilidad de las grandes presas y el desarrollo sustentable. Este reporte se puede consultar en la siguiente página de internet: <http://www.dams.org>.

El informe de la WCD es un documento extenso elaborado por un grupo grande de personas en contra y a favor de la construcción de grandes presas. La ICOLD están en desacuerdo con él.

Instituciones educativas e instancias gubernamentales han realizado estudios del impacto de las presas en el medio ambiente, y en países industrializados han creado mecanismos que regulan la explotación de los recursos naturales, entre ellos los ríos, que permiten un desarrollo sustentable.

¿ Y en México?

En México se comienza a hablar y a escribir del tema. Sin embargo la mayor parte de la información es extranjera y mucha está escrita en inglés, lo cual hace difícil el acceso a ésta información para mucha gente involucrada con la planeación, operación y construcción de presas y bordos.

También se han creado leyes que pretenden proteger al medio ambiente, y pese a que el país aún no cuenta con los mecanismos necesarios para hacer valer estas leyes, es necesario conocerlas e intentar seguirlas. La participación de la sociedad en la elaboración de leyes es muy importante, y en México poco a poco ésta se está dando. En 1988 se expidió la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente junto con sus Reglamentos correspondientes.

II.3 LA IMPORTANCIA DE LAS PRESAS EN EL DESARROLLO DE NUESTRAS CIVILIZACIONES HASTA EL DÍA DE HOY.

La importancia de la agricultura en las primeras civilizaciones papeles 2. Los primeros seres inteligentes de la especie Homo Sapiens, nuestros más remotos antepasados, pronto se dieron cuenta de que vivir cerca del agua aumentaba sus posibilidades de vida así como la calidad de la misma, por tal razón, algunos abandonaron el nomadismo para asentarse junto a los ríos o lagos y así aseguraron la supervivencia. Así, el agua, y su empleo en la agricultura, se convirtieron en pilar de las civilizaciones antiguas.

La importancia del riego en la agricultura papeles 3. Ahora bien, el riego de cultivos ha permitido a muchas civilizaciones el producir alimentos a partir de tierras donde la precipitación es muy pequeña o nula. Esto lo logran mediante la desviación de corrientes naturales por medio de diques y canales hacia donde se encuentran sus cultivos

El dominio del cultivo por irrigación fue esencial en el desarrollo de grandes civilizaciones alrededor de todo el mundo. Hoy en día su importancia es singular: el 40 % de la producción agrícola mundial es de riego.

Mesoamérica no fue la excepción, los vestigios de obras hidráulicas precolombinas no son tan imponentes como las actuales, pero eran muy funcionales. Sus usos eran:

- el cultivo bajo riego.
- el abastecimiento de agua a las ciudades.
- el control de las inundaciones.

Entre sus obras se encuentran presas, diques y canales.

Presas, diques y canales en el Valle del Anáhuac papeles 7. Acercándonos un poco a la historia del desarrollo económico de nuestra ciudad, observamos la trascendencia de obras hidráulicas, entre ellas presas y diques, en la región del Valle de México. El desarrollo hidráulico del Valle del Anáhuac era importante e hizo posible la construcción de ciudades como Teotihuacán (se ha llegado a considerar que fue la ciudad más poblada del mundo, en su apogeo).

En Teotihuacán todavía pueden verse varias obras que configuraron un sistema de riego completo: Una presa principal de 530 m de largo por 7 de ancho y 11 de

alto, seguido de 2 pequeños diques, conectando al último con un canal que finalmente se pierde en cultivos.

En el Anáhuac se construyó un dique para separar las aguas del lago de Texcoco. Este largo dique (16 km) servía para mantener a la ciudad de Tenochtitlán a salvo de las inundaciones que se producían por el incremento de los niveles de las aguas del lado norte del lago. Otras obras hidráulicas de la metrópoli eran acueductos que llevaban agua de los manantiales de Chapultepec y Coyoacán a la Gran Tenochtitlán.

Todo esto nos da una idea de la importancia que tuvieron las obras hidráulicas (acueductos, diques y canales) en el desarrollo de nuestra civilización, y de la incesante búsqueda del hombre por obtener beneficios a partir del control de las aguas.

El agua, vital para la agricultura hoy en día. *Papeles 9.* En México, como en muchas otras partes del mundo, para poder captar y distribuir el agua proveniente de las fuentes naturales son necesarias las presas. La construcción intensiva de estas obras hidráulicas se inició desde principios de siglo.

La mayoría de las presas de México tienen como función principal el riego. La mayoría de las presas de riego se localizan en las zonas áridas y semiáridas del norte y altiplano del país. En las zonas áridas del país, la agricultura depende exclusivamente de la irrigación para sobrevivir.

El trópico húmedo en México, es un ejemplo de otro uso de las presas *papeles 9.* En contraste con las zonas áridas del país, la zona húmeda tropical cuenta con excesos de agua. Allí las precipitaciones pluviales alcanzan un promedio anual de 1 720 mm y llegan hasta 4 000 en algunos lugares. El agua de lluvia que escurre hacia los ríos y arroyos (escurrimiento superficial), calculada en unos 278 000 millones de metros cúbicos al año, rebasa sus cauces y ocasiona frecuentes desbordamientos provocando inundaciones que pueden durar meses y cubrir enormes extensiones. La incapacidad de algunos suelos para absorber tal cantidad de agua repercute desfavorablemente en la economía y desarrollo de la actividad agropecuaria de esas regiones, pues impide llevar a buen término el cultivo de la tierra. El control del agua, entonces, debe realizarse por medio de obras que detengan las avenidas y de sistemas de drenaje superficial y subsuperficial. Una solución son las presas.

La permanencia del agua sobre la superficie del suelo durante periodos prolongados impide por completo el cultivo de la tierra, además de que la comunicación terrestre se entorpece a tal grado que llega a ser no solamente escasa, sino nula.

Un exceso de aguas en tierras cultivables es desfavorable porque propicia la proliferación de plagas y enfermedades y la rápida descomposición de los productos cuando éstos caen al suelo, además de que dificulta la mecanización y la realización de servicios de asistencia técnica.

Otro aspecto importante de las presas, en cualquier región, es su relación con la *generación de energía eléctrica.*

La navegación llega a ser un factor muy importante cuando se construye una presa que inunda longitudes de ríos amplias, y que las convierte en navegables, ya que permite el transporte de mercancías y personas a todo lo largo del vaso, y esto fomenta el comercio y desarrollo económico de la región.

La acuicultura llega a generar un desarrollo económico de la región debido a la producción de especies piscícolas. En ocasiones la pesca es mejor cuando el río corre sin restricciones, pero muchas veces esta actividad se desarrolla mejor después de la creación de un embalse.

El turismo y la recreación llegan a crear una economía rica en lugares donde antes no existía ninguna otra actividad que produjera tantos dividendos. La pesca deportiva, el esquí acuático y las casas de campo son algunos de los usos que se da a los embalses. Sin embargo, en ocasiones los embalses sepultan atractivos turísticos y recreativos como lo pueden ser pueblos, ruinas arqueológicas, o paisajes naturales como cañones y cañadas, o rápidos en los ríos.

II.4 SUSTENTABILIDAD DE LAS PRESAS[7].

El hombre se ha dado cuenta de que sus recursos son finitos y esenciales para que la vida como la conocemos continúe. Además de que para que esto sea posible, debe realizar sus actividades económicas dentro de los límites de sustentabilidad de su entorno.

Ahora existe la convicción de que la vida en el siglo XXI debe basarse en sociedades que se desarrollan en forma sustentable.

La sustentabilidad económica, social y ambiental requiere de una estabilidad en la población y una restricción en el consumo de los recursos naturales. El momento en que se debe pensar en el futuro es ahora, ya que las actividades presentes pudieran conducir a daños irreparables. Lo anterior significa una prudente planeación para el uso del agua cuya cantidad es finita. Nuestro reto es entonces, el promover y construir presas que sean técnicamente perfectas, económicamente atractivas y aceptables política, social y ambientalmente.

Los elementos esenciales de los proyectos sustentables son: la seguridad de las presas, la optimización de las operaciones del embalse y la utilización del equipo y las estructuras hidroeléctricas. Esto se aplica tanto a proyectos nuevos como a los ya existentes.

La sustentabilidad de las presas incluye la rehabilitación de estructuras y sus cimentaciones, el manejo del deterioro de materiales naturales o artificiales empleados en ellas, revisando las operaciones hidráulicas de sus vertedores y obras de toma, así como revisando su comportamiento estructural para evaluar su funcionalidad y seguridad.

La sustentabilidad de los embalses se logra manteniendo su capacidad de almacenamiento de agua. Esto es posible si se evita la erosión de la cuenca, cuyo efecto es la sedimentación del embalse. La estabilidad de taludes del vaso, el permitir el paso de los sedimentos a través de la cortina, el mantener la calidad del agua y optimizar el uso del agua aprovechando las certeras predicciones

hidrometeorológicas actuales, son necesarias también. En el caso de proyectos multiusos, el consenso entre las partes involucradas en la toma de decisiones del proyecto es necesario para que la presa se adapte a las necesidades cambiantes de sus usuarios.

La sustentabilidad de las presas requiere además:

- lineamientos de operación ecológicamente benéficos
- establecimiento de flujos mínimos estacionales
- la reducción de las pérdidas de agua por evaporación
- la documentación de los impactos socioeconómicos debidos a la pérdida de la capacidad y almacenamiento del vaso causada por la sedimentación del embalse.

El hombre ha adquirido cierta conciencia de los efectos que tienen sus actividades sobre el entorno y sus graves consecuencias. Sin embargo, el camino actual del mundo y la sociedad humana se dirigen hacia un mundo insostenible, y es por ello que remarco este punto, pues es en él donde radica la importancia de esta tesis: Somos conscientes de los efectos dañinos a nuestro entorno, y sin embargo, no cambiamos de rumbo.

Quiero agregar unas palabras escritas por Victor A. Urquidí [13], con respecto a el mismo punto:

"... el desarrollo como se ha conocido y practicado hasta ahora, no puede ignorar más tiempo sus implicaciones en el ambiente. Una política ambiental debe ser parte integral del desarrollo. No debe haber contradicciones en sus objetivos. Los costos ambientales deben valuarse y considerarse como costos, y en el proceso deben y pueden ser reducidos mediante el conocimiento del área y la innovación tecnológica. Las inversiones en el medio ambiente deben mostrarse efectivas en cuanto a su costo. El crecimiento económico por si solo, el resultado de inversiones convencionales privadas y públicas, incluyendo infraestructura, no pueden permitirse sin ser evaluados sus impactos ambientales o, incorporado beneficios a su entorno. El desarrollo social - educación, salud, habitación accesible, y desarrollo cultural- deben también ser parte del desarrollo sustentable y considerarse como parte de éste.

Para que se dé un proceso de desarrollo sustentable, se tienen que dar cambios mayúsculos en las decisiones y compromisos políticos en los que estén involucrados todos los actores líderes y decisivos de la sociedad - congresos, ramas ejecutivas de gobiernos, uniones laborales, esferas educativas y académicas, comunidades de negocios, y los medios de comunicación-. Un esfuerzo más concreto debe hacerse para entender los costos y beneficios de un desarrollo sustentable, en particular en el corto y mediano plazo, y evaluar la resistencia o adaptabilidad de diferentes intereses y grupos a esta política. Se deberían destinar más recursos a la investigación y evaluación ambiental, a la educación ambiental, a campañas de información al respecto, y a quienes tuvieran el interés de desarrollar programas saludables para el medio ambiente. El panorama del futuro es muy incierto, dado que el deterioro ambiental se sigue dando. Existen países donde difícilmente se tienen una visión consistente, integrada y completa de su desarrollo, sustentable o no."

II.5 CUMPLIR CON LAS DEMANDAS DE AGUA Y ENERGÍA[7].

El satisfacer las necesidades actuales de agua del hombre es hoy un gran reto. Un factor es el que las personas no se encuentran distribuidas en la misma forma en que las fuentes de agua, y genera problemas.

El incremento de la demanda de agua se puede satisfacer por alguno de las siguientes estrategias, o mejor aún, por medio de una combinación de estas: 1) avances tecnológicos y su aplicación para hacer más eficiente el uso del líquido, 2) decisiones políticas adecuadas que permitan un uso eficiente del agua, 3) mejorando los recursos de agua, como podría ser construyendo más presas.

Para cumplir con las demandas de energía, un importante sector de la comunidad internacional opina que la energía hidroeléctrica debe continuar desarrollándose, e impulsan la construcción de grandes presas. Muchos otros opinan que las consecuencias negativas sobre las comunidades desplazadas y el medio ambiente de estos grandes proyectos son más que los beneficios.

La generación de energía eléctrica a partir de plantas hidroeléctricas ofrece muchas ventajas técnicas, entre ellas: la amplia experiencia que se tiene de ellas; tiene pocas fallas o apagones en comparación con las termoeléctricas que operan con hidrocarburos, es sustentable; tiene un arranque y paro muy rápidos, su mantenimiento es económico y no produce emisiones dañinas.

Mientras que los países desarrollados están preocupados por la calidad del agua y el cuidado del medio ambiente, a los países en desarrollo les preocupa más la escasez del agua y la necesidad de aumentar sus alimentos. Más aún, en los países industrializados ponen énfasis en mantener y mejorar las fuentes existentes de energía, entre ellas la hidroeléctrica, mientras que en los países en desarrollo, que carecen de energía suficiente y tienen un rápido crecimiento en su población, luchan por resolver el problema del aumento en la demanda de energía.

Es probable también que países industrializados cuya demanda de energía aumenta, busquen obtenerla de una manera más barata en países no industrializados, ya que estos últimos cuentan con muchos recursos naturales y pocos mecanismos que regulen un desarrollo sustentable y que protejan al medio ambiente y a sus minorías étnicas de semejantes proyectos. Presas como Tucuruí en Brasil, que genera la mayor parte de su electricidad para una planta de aluminio propiedad de extranjeros, es un ejemplo de tales proyectos.

La mayoría de las nuevas presas en planeación y proyecto se encuentran en países en desarrollo. Y como resultado de sus crecimientos demográficos, varios de los sitios adecuados para construir una presa se encuentran ya ocupados por asentamientos humanos.

El punto de vista del BID del desarrollo energético en América Latina y el Caribe es interesante:

Ellos ven que Latinoamérica cuenta con muchos recursos naturales que no están distribuidos uniformemente alrededor de toda la región, y que una red eléctrica y de combustibles extendida en toda su superficie sería una solución para satisfacer las demandas presentes y futuras de estas naciones. En cuanto a la generación de energía hidroeléctrica, debido a situaciones ambientales y de altos costos, pocos países la desarrollarán. En la región también contamos con un gran potencial de energía "limpia", como la solar, la eólica, geotérmica, de biomasa, etc, aunque el desarrollo de esta energía se ve limitado principalmente por el alto costo de la tecnología necesaria.

Es importante hacer notar que aunque en esta región del mundo la demanda por energía crece, el consumo per cápita (2 300 kWh) es mucho menor que el de los EUA (12 000 kWh) o el de Europa (6 000 kWh). Y este consumo, al igual que los recursos para producirlo, no están distribuidos uniformemente en la región. México, Venezuela, Brasil y Argentina consumen las $\frac{3}{4}$ partes de la electricidad y energía de la región.

El alto consumo de energéticos significa un rápido agotamiento de los recursos naturales, y por eso países como el nuestro deben tratar de reducir sus consumos de energéticos. Así, obtendrán un desarrollo sustentable y menos problemas ambientales.

El construir nuevas hidroeléctricas y operar las existentes significa un reto para la industria energética. La hidroenergía debe competir con las nuevas tecnologías de producción de energía, reducir sus costos, etc., al tiempo que cumple con las disposiciones legales del cuidado del medio ambiente y social. Por esto es necesario que se cuantifiquen y consideren bien los impactos ambientales de todas las fuentes factibles de energía y se incluyan en análisis económicos comparativos. Los impactos (positivos y negativos) socioeconómicos de las presas se deben incluir en el análisis económico dado que estos permanecen por mucho tiempo. Cuando estos impactos no se pueden cuantificar monetariamente, deben señalarse detalladamente en el reporte de evaluación a fin de que sean considerados por quienes toman las decisiones.

El uso del gas en la región para la generación de energía eléctrica ha tenido un desarrollo importante, y la producción de energía hidroeléctrica ha tenido un crecimiento muy limitado, salvo en Brasil, que cuenta con muchos ríos. Sin embargo, dados los cambios en el mercado del gas, es posible que su costo sea tan elevado que haga de la energía hidroeléctrica una mejor opción. Antes del incremento en los precios del gas, el BID esperaba que el gas fuera el puente de transición del uso de combustibles fósiles al uso fuentes "limpias" en la producción de energía, es probable que en estos momentos sus expectativas hayan cambiado. El "boom" reciente del uso de gas se debe a la eficiencia obtenida en las turbinas generadoras de gas y a los ciclos combinados de las centrales. En los ochentas su eficiencia era del 22 %, ahora es del 60 % para las de ciclo combinado. Además el costo y tiempo de instalación de las centrales generadoras de turbinas de gas es mucho menor que el de centrales hidroeléctricas, y se pueden hacer de tamaños económicamente muy factibles.

Pequeñas hidroeléctricas como una opción de energía para pequeñas áreas rurales. Esta idea me parece muy buena. En el pasado eran comunes las pequeñas hidroeléctricas, sin embargo, con los bajos costos ofrecidos por la generación con diesel y grandes hidroeléctricas, cayeron en desuso. Pero las nuevas tecnologías permiten la construcción de estas obras a costos que les permiten competir con otras fuentes, y no generan alteraciones sociales, culturales y ambientales como las grandes presas. En EUA y Europa, se consideran pequeñas hidroeléctricas todas aquellas que producen 10 MW o menos, para la OLADE el tope son 5 MW.

Otras fuentes de energía eléctrica son el movimiento del agua del mar y el viento.

II.6 CLASIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS DE PRESAS Y BORDOS.

Los impactos ambientales son muchos, y es conveniente ordenarlos. La ICOLD, que es una autoridad al respecto, junto con el Banco Mundial, han clasificado a los diferentes impactos de las presas en 10 categorías, como sigue:

- A. Impactos en el Medio Ambiente Natural (Flora y Fauna)
- B. Aspectos Sociales/Económicos/Culturales
- C. Tierra
- D. Actividades Constructivas de las Presas
- E. Sedimentación de Embalses
- F. Hidrología
- G. Calidad del Agua
- H. Control de Avenidas
- I. Clima
- J. Salud Humana

Y con base en esta clasificación se escribió del capítulo siguiente.

III. ASPECTOS IMPORTANTES DEL IMPACTO AMBIENTAL DE PRESAS.

III.1 LOS EFECTOS DE LAS GRANDES PRESAS EN EL AMBIENTE SOCIAL, ECONÓMICO Y CULTURAL.

Los aspectos sociales, económicos y culturales de los proyectos de grandes presas varían mucho dependiendo de los diversos contextos geográficos, políticos, económicos, culturales, etc. El contexto al que se enfoca este capítulo es al de los países en vías de desarrollo, ya que es en estos países donde existe más probabilidad de que se construyan grandes presas.

La noción de los impactos económicos se refiere a los efectos sobre la economía local y regional de la construcción de presas y las subsecuentes actividades operativas. Estos efectos comprenden: Las demandas directas y secundarias de mano de obra y de servicio y así mismo los efectos sobre los recursos y la estructura económica local. Tales implicancias económicas pueden tener igualmente consecuencias sociales que habrán de repercutir en los parámetros económicos. Diversos efectos sociales resultan así directamente relacionados con las actividades del proyecto y tienen consecuencias económicas. Los efectos socio económicos engendran una dinámica compleja la cual no es fácil predecir con precisión.

Debido a que las grandes presas a menudo son consideradas como esenciales para el desarrollo económico de un país, sus beneficios macro económicos tienden a ser antepuestos a los aspectos relacionados con el medio ambiente, y especialmente los aspectos económicos y sociales pueden no ser evaluados adecuadamente. En el estudio de un proyecto, generalmente los impactos socio económicos tienden a ser menos importantes en el diseño del proyecto que los efectos biofísicos y los aspectos técnico económicos del mismo.

La gestión y la solución de los problemas socio económicos (que no son diferentes de aquellos problemas biofísicos) no será lograda sino se la evalúa como un conjunto que va desde la implementación inmediata e integrada de las soluciones, hasta las situaciones potenciales, incluyendo los objetivos del progreso regional y social. La concepción y el estudio de la implementación deberán ser efectuadas considerando el desarrollo económico global y la estrategia adoptada debe dar el valor real a los recursos regionales.

Con el fin de cubrir las interrogantes y posibilidades de desarrollo regional, los proyectos deben ser concebidos con objetivos múltiples teniendo en cuenta que cubran los aspectos de desarrollo regional.

Tales objetivos múltiples son generalmente deseables y las consultas locales y regionales que se hagan deben convalidar los objetivos del proyecto.

Métodos de evaluación de los impactos socio económicos.

Cada disciplina, ya sea económica sociológica, cultural, arqueológica, etc., usará método diferentes para evaluar los impactos de la presa en su campo, pero estos documentos de referencia deberán cubrir los diversos tipos de impactos y las experiencias de mitigación que están disponibles en el Banco Mundial y en otros organismos internacionales¹⁸.

Los impactos directos e inducidos deberán ser evaluados teniendo en cuenta los efectos acumulativos.

La percepción de los planificadores podría no reflejar aquellas de las comunidades sometidas a los impactos, por lo que la colaboración de grupos e instituciones locales es esencial para atender los impactos y que la consulta debe hacerse desde la concepción del proyecto.

Políticas y leyes existentes.

Es muy importante que desde la fase de planeamiento hasta la operación de un proyecto, las leyes existentes y políticas concernientes a los efectos socio económicos y otras interrogantes de los aspectos ambientales, sean considerados e incorporados en el programa global del proyecto y que cubran el diseño, la construcción y el programa de operación. Además las instituciones financieras y organismos asociados al proyecto pueden tener políticas que podrían influir sobre el método de formular y ejecutar el proyecto. Se deberán conocer desde muy pronto estas políticas y represiones, para adecuarse durante el desarrollo del proyecto. Es deseable que los responsables y los niveles de responsabilidades en los estudios y las evaluaciones sean precisadas en dichos reglamentos, leyes y políticas.

Aún en lugares donde no hayan leyes vigentes, es obligación profesional y moral de los ingenieros proyectistas actuar de manera responsable en lo que se refiere a todos los problemas sociales y ambientales, asociados a un proyecto determinado.

Poderes y disposiciones institucionales.

A menudo es una práctica ventajosa para los proyectos importantes, constituir un organismo nuevo destinado a ser una agencia ejecutiva. Esto es particularmente deseable cuando se trata de un proyecto de propósitos múltiples, por ejemplo, hidroelectricidad, control de inundaciones o avenidas, suministro de agua e irrigaciones; que dependen de un embalse y represa única. En tales casos las agencias o ministerios responsables de cada proyecto individual, deberán estar representados ante el nuevo organismo ejecutivo constituido. Las prioridades entre los diversos objetivos o propósitos pueden ser indicados en los documentos normativos para promover el proyecto; pero la realización, el control y los asuntos financieros relacionados con la producción, serán tratados a través del nuevo organismo.

La agencia ejecutiva tendrá la facultad para percibir los ingresos que pueda lograr de los beneficios y de las ventajas inesperadas, como contribución a las utilidades del proyecto. Del mismo modo se debe otorgar la debida indemnización o compensación por los perjuicios que puede ocasionar un proyecto.

Ahora expondré los efectos sociales, económicos y culturales que se presentan en el proyecto, distinguiendo los que se presentan durante la construcción o ejecución del proyecto y los que se presentan durante su operación:

Efectos durante la ejecución.

Oportunidades de empleos.

Muchas veces la construcción de una presa genera numerosos empleos nuevos de naturaleza temporal. Un número limitado de personas empleadas durante la construcción pueden ser retenidas para las necesidades de operación, de preferencia son los habitantes de la región, quienes sin embargo, carecen de la educación y competencia necesaria. Dependiendo del grado de éxito del reclutamiento local para la construcción, el resto de la mano de obra calificada debe ser llevada de otro lugar. Estos obreros tienen una cultura diferente, y su ingreso a la comunidad local requiere de mucha atención. Aquellos que son contratados en el curso de la construcción son susceptibles de ser empleados posteriormente para cubrir necesidades como las de operadores, del turismo y la atención del ocasional público vacacional; si es que el lugar es atractivo para la recreación, o llega a serlo debido al proyecto.

Una práctica satisfactoria en los países desarrollados, consiste en solicitar a los propietarios de proyectos hidroeléctricos o de presas, de desarrollar nuevas industrias cerca del lugar. Esto evita que al finalizar los trabajos de construcción la gente emigre hacia las ciudades y se pierda la mano de obra recientemente formada, reduce igualmente las tensiones familiares que puedan crearse en el seno de una población joven, por el modo de vida del pasado a la cual ya no se habitúan, por las perspectivas económicas locales.

Efectos económicos locales.

Mientras que las actividades de construcción generalmente estimulan la economía local, la secuencia de prosperidad y luego la quiebra, pueden causar problemas. En el periodo del "boom" de prosperidad, la demanda puede ser inflacionaria y crear diversos costos de infraestructura para las autoridades locales. El programa de afectación de estos pagos debe permitir a las autoridades locales cubrir los costos ocasionados por la demanda del proyecto, principalmente en la fase de construcción. En particular los costos elevados de un vasto programa de reubicación de asentamientos humanos, no deben recaer en las autoridades locales, sin una asignación apropiada de fondos. La pérdida de la economía local por la eliminación de tierras agrícolas, pastizales y bosques, utilizados para propósitos del proyecto, puede representar considerables pérdidas de recursos, que justifiquen una compensación adicional. Es importante que los funcionarios municipales locales, aprovechen los fondos nuevamente disponibles para el mejoramiento de las zonas rurales que necesiten ayuda financiera. Los movimientos humanos causados por los proyectos de presas generalmente conciernen a grupos rurales, de bajos recursos económicos y con fuertes lazos a sus tierras.

No hay duda que ciertos efectos del proyecto sobre los recursos económicos locales serán positivos. Por ejemplo, si el agua del embalse es de buena calidad la pesca en el embalse compensará la pérdida de pesca en el río. Existen excepciones: en algunos ríos fríos de EUA abundaba el salmón, ahora las presas de esos mismos ríos no son capaces de producir la misma cantidad de pescado.

La creación de pequeños negocios y restaurantes es a menudo iniciada por un proyecto de presa, lo cual representa un beneficio de la comunidad local entera.

Sin embargo el incremento de los precios, que se tienen como resultado de una mayor demanda de servicios, puede generar problemas para aquellos que todavía conservan su modo de vida tradicional; para tales casos puede ser conveniente y apropiada una compensación.

Cabe mencionar que al seleccionar el sitio del proyecto se originan fenómenos como la especulación de la tierra que cambia su valor. Las zonas de reubicación deben estar provistas, desde su inicio, de los medios de producción para contrarrestar una fuerte tendencia de venta de terrenos al contado que provocan especuladores y oportunistas.

Vestigios y patrimonios culturales.

Si no se puede evitar las repercusiones sobre los sitios históricos y arqueológicos, patrimonios culturales, las costumbres locales y la modificación de las características particulares del paisaje, pueden ocurrir problemas políticos y psicológicos delicados. Los principios fundamentales de la gestión de los impactos ambientales sobre los aspectos patrimoniales y culturales, incluye la ejecución de un estudio completo y detallado del patrimonio cultural local; el mismo que versará sobre los valores arqueológicos, históricos y tradicionales, que expliquen la necesidad de la continuidad de la cultura local y en particular su relación con la tierra.

La noción de continuidad en los estudios y la gestión es particularmente importante en el caso de comunidades indígenas. La conservación de sitios arqueológicos por si sola es insuficiente y debe ser seguido de un análisis y de una exposición pública a fin de permitir a las comunidades actuales, establecer su relación con el pasado, particularmente en lo que concierne a la evolución de la tecnología y la explotación de recursos. Las autoridades religiosas y culturales deberán ser consultadas lo antes posible y los planes deben ser desarrollados con su participación, sosteniendo reuniones informativas con las comunidades afectadas.

El desplazamiento de las poblaciones y la reconstrucción fuera de la zona del proyecto de los monumentos tales como templos, iglesias, cementerios, etc. deben ser realizados en lo posible antes de la construcción o el llenado del vaso. Algunas veces un proyecto de presa permite realizar un estudio arqueológico e histórico completo y rápido de la zona afectada por el mismo. Sin embargo a pesar de tales acciones la construcción de grandes presas puede conllevar la pérdida o ganancia de valores importantes del medio natural y la belleza del paisaje y así mismo ocasionar una profunda transformación de las costumbres locales, por el cambio de hábitos de vida y de trabajo. Estos bienes culturales perdidos deben ser objeto de estudios e informes bien documentados y muchas veces es necesario modificar el proyecto con el fin de proteger ciertos patrimonios o paisajes naturales. La flora y fauna únicos en el planeta y que habitan el lugar deben ser tratados con una política como la mencionada para ciertos patrimonios o paisajes naturales.

III.3 Suelo (Tierras).

Los problemas relacionados al impacto en las tierras debido a los embalses están relacionados con los cambios físicos que sufre el medio debido a la construcción de la presa y su operación. Con las presas cambiamos además de las propiedades físicas del suelo su uso.

Durante la etapa de la planeación y diseño del proyecto de presa debemos tener presente que: Los recursos del suelo deben ser usados en formas que aprovechen todas sus características. El suelo es un recurso finito, mientras que los recursos naturales que soporta pueden variar con el tiempo y de acuerdo al manejo o gestión y uso que se les dé. Y así evaluar el costo que tendrá el proyecto a causa de los cambios físicos y en el uso del suelo.

De acuerdo con Veltrop, ex presidente de la ICOLD [7], los impactos de las presas en el suelo o de las tierras son:

- 1.- Pérdida de tierra por inundación
 - Agrícolas
 - Bosques
 - Silvestres
 - Pantanos
 - Pastizales.
- 2.- Disminuyen la agricultura de planicies de inundación, pero se incrementa la agricultura de riego.
- 3.- Se llenan de sal las planicies de inundación por la agricultura de irrigación, si no tienen buen drenaje.
- 4.- Intrusión salina a estuarios.
- 5.- Pérdida de suelos en las riberas y erosión de los bancos de material.
- 6.- Pueden ocurrir deslizamientos de tierra en las presas.
- 7.- Inducción de sismos.

Estos puntos se pueden discutir bajo los siguientes 4 puntos específicos:

- Habilitación de terrenos y su drenaje
- Estabilidad de taludes
- Flujo de agua y transporte de sedimentos
- Sismicidad.

1. Habilitación de terrenos y su drenaje.

La habilitación de los terrenos tiene que ver con la transformación de tierras silvestres en tierras agrícolas, tierras desérticas, en tierras agrícolas de riego, y de tierras secas (agrícolas, habitacionales y silvestres) en un lago. Esto implica un cambio radical en la fisionomía del terreno.

Al mismo tiempo, se dará un cambio en la forma en que drenan las aguas del lugar, en primer lugar los escurrimientos superficiales se verán afectados por la creación de un embalse en el lugar de un río, y el flujo de aguas subterráneas se verá modificado, aumentarán los niveles freáticos en zonas próximas a la presa.

El nivel de las aguas freáticas comúnmente varía con la variación del nivel del agua del embalse. La amplitud de estas variaciones disminuye con la distancia de la orilla del embalse, la permeabilidad del suelo, y las características regionales de las aguas subterráneas. Niveles de agua altos en el embalse y un

drenaje malo producen suelos pantanosos en los alrededores. La disminución del nivel de las aguas puede causar pozos secos y filtraciones a través de bancos de materiales, y esto tiene como consecuencia deslizamientos de taludes o erosión. El cambio de las condiciones de las aguas subterráneas puede afectar la agricultura y producción forestal, particularmente en suelos permeables. Asentamientos y daños a edificios adyacentes a veces ocurren, debido al llenado o vaciado del embalse, en especial sobre suelos finos (arcillas). La vegetación puede verse afectada, al igual que la calidad de agua de pozos, cuya concentración de hierro y manganeso puede aumentar. Las áreas donde estos problemas pueden ocurrir deben mantenerse bajo una estricta observación, y se pueden obtener muestras para asegurar la calidad de las fuentes de agua, sobre todo la que se destina al consumo humano.



Presa Calderón, Jalisco.

El despalme de las áreas a embalsar, que forma parte de la preparación del terreno a inundar, es de mucha importancia en el proyecto, ya que tienen efectos sobre: los usos futuros del embalse; la calidad del agua; la erosión; y el paisaje.

Salinización de Suelos[16]y aguas.

Pese a que la irrigación ha ayudado a países con altas tasas de natalidad a contrarrestar el hambre, también a introducido la salinización de suelos.

El agua de los ríos tiene muchos más minerales que el agua de lluvia, y ríos largos que cruzan desiertos como el Tigris y el Colorado son especialmente salados. El regar una hectárea de cultivos por un año puede dejar toneladas de sal en el suelo.

La irrigación continua en climas cálidos puede conducir a la salinización de los suelos, si éstos no son drenados adecuadamente. Cuando se cuenta con suficiente agua dulce, esta se puede utilizar para limpiar las tierras de sales.

Como consecuencia de un abatimiento en los niveles freáticos de los acuíferos de agua dulce, debido a la construcción de la presa, el agua de mar puede penetrar en ellos (intrusión salina), afectando la calidad de sus aguas.

2. Estabilidad de Taludes.

La erosión en los embalses generalmente ocurre dentro de todo intervalo entre el NAMO (Nivel de Aguas Máximas de Operación de la presa) y el NAMINO (Nivel de Aguas Mínima de Operación de la presa). Los procesos de erosión son el drenaje, el deslizamiento de taludes, la erosión producto de escurrimientos y filtraciones. Esta erosión afecta edificaciones, caminos, y produce sedimentos que afectan la vida acuática del embalse y la calidad del agua. La erosión de embalses representa uno de los más serios impactos negativos del embalse sobre su entorno, y al evitarlo, se obtienen numerosos beneficios económicos y ambientales. Cabe añadir aquí como solución a la erosión de las orillas del embalse el protegerlas con colchones de gaviones o enrocamiento, geotextiles, y capas vegetales. Las ventajas de emplear soluciones flexibles y que aprovechen elementos naturales contra las soluciones rígidas y puramente técnicas se presentan en el subcapítulo III.8 "Barreras contra las mareas".

¿Por qué hablo tanto de la erosión de embalses bajo el título Estabilidad de Taludes?, la razón es que esta erosión se puede dar por la inestabilidad de taludes, por el movimiento de bloques de tierra hacia el embalse. Y estos movimientos de tierra se pueden generar, entre otras razones, por la erosión de sus "talones" o la parte baja del bloque que le da estabilidad.

Deslizamientos de tierra en taludes.

En taludes donde ya existen deslizamientos, y en aquellos donde se pudieran producir deslizamientos de tierra, su estabilidad se debe asegurar antes del relleno del embalse.

Un deslizamiento de tierra o derrumbe es un cuerpo de roca o suelo que se ha movido o que tiende a moverse.

Cuando uno de estos deslizamientos se sumerge debido al llenado del vaso, se tienen efectos no favorables: la estabilidad del talud disminuye. Y cualquier movimiento subsecuente puede conducir a olas y corrientes dañinas, o simplemente el embalse pierde parte de su capacidad de almacenamiento.

Los bloques de suelo que tienden a deslizar pierden su fuerza de cohesión cuando se humedecen (en casos de arcilla seca que se humedece, por ejemplo). Debido al incremento en la presión de poro en el suelo, el esfuerzo efectivo del bloque de suelo que tiende a moverse sobre el suelo estable, disminuye. Y de forma directamente proporcional a la disminución del esfuerzo efectivo disminuye también la fuerza de fricción entre el bloque y el suelo estable. Si bajo las nuevas condiciones, las fuerzas que tienden a mover el bloque mencionado son mayores que las que lo impiden, el bloque se moverá.

Soluciones para estabilizar a los taludes.

La necesidad de estabilizar taludes se determina después de investigar cada deslizamiento o posible deslizamiento en el área. Las opciones para evitar la inestabilidad de taludes son contadas cuando se inunda el embalse. El tamaño de los bloques inestables es tal que prohíbe el uso de muros de contención o anclajes. Las medidas más efectivas son el drenaje por gravedad para eliminar la presión de poro bajo los bloques que tienden a deslizar, y construir apoyos en los talones de los taludes. El drenado del agua del bloque de deslizamiento remueve grandes fuerzas desestabilizadoras. Esta medida solo se puede aplicar en taludes donde se prevén grandes cantidades de agua abajo de él.

3. Cambios en el flujo de agua y sedimentos. [29]

La degradación del río debida al cambio en el flujo de la corriente y los sedimentos que esta arrastra puede traer los siguientes efectos en el medio ambiente:

1.- Daño a la protección de las estructuras de la presa.

Las obras de descarga y vertedores de la presa generalmente cuentan con una protección contra la socavación aguas abajo de la cortina, y la degradación del lecho del río puede traer consigo daños a estas protecciones, a menos que se tomen medidas estructurales apropiadas para resolver el problema.

2.- Erosión de las orillas del río.

La degradación del fondo del río conduce a que la base de las márgenes del río disminuya, lo que puede originar su falla. Las olas producto de un paro súbito del paso de agua a través de las turbinas de la presa pueden acelerar este proceso.

3.- Abatimiento de los niveles freáticos en las planicies de inundación.

Las planicies de inundación son generalmente muy utilizadas para el pastoreo y la agricultura. Niveles freáticos más bajos y menos agua pueden dar como resultado condiciones menos buenas para el crecimiento de la vegetación de la planicie, y lagos semipermanentes o permanentes se pueden secar, reduciendo así el potencial acuícola.

4.- Reducción de las inundaciones en llanuras de inundación.

El manejo de la presa puede provocar una reducción o anulación de las inundaciones. Esto en combinación con la reducción de los depósitos de sedimentos en las planicies de inundación cambia las condiciones agrícolas y conduce al empleo intenso de fertilizantes. Los sedimentos que permanecen en el embalse pueden causar el crecimiento no deseado de algas que causan otros problemas ambientales.

5.- Reducción de posibilidades de obtención de agua.

La disminución del nivel de agua puede imposibilitar el obtener agua y conducirla por gravedad. La extracción de agua de pozos se puede hacer más difícil.

Cabe mencionar el peligro que se genera en las planicies de inundación debido a la construcción de una presa. Modificaciones en el lecho y orillas del río como el crecimiento de vegetación y acumulación de sedimentos pueden generar



Embalse de la Presa Infiernillo, en Michoacán.

Aceptación social.

Esta aceptación social debe tener lugar antes del inicio de los trabajos y de preferencia en el curso de las primeras etapas de la concepción del proyecto. Aún considerando que el proyecto sea válido teniendo en cuenta los aspectos económicos y ecológicos, su promoción implica un verdadero programa de información, de educación y de comunicación con el público, con el fin de evitar la propagación de rumores, o algunas veces desinformación.

Las campañas de consulta e información al público deben ser llevadas a cabo por el promotor, debiendo apoyarse sobre estudios profundos de impactos para no dar la impresión de propaganda. Debe hacerse la exposición de los objetivos, las intenciones, las ventajas, la repercusión sobre el medio ambiente y los costos del proyecto, acompañadas de ilustraciones apropiadas y de visitas.

Impactos durante la operación.

La mayor parte de los efectos biofísicos serán percibidos por las comunidades locales durante esta fase:

- la reducción del caudal del río,
- la posibilidad de la intrusión salina,
- la posibilidad del ingreso del agua salina del mar a los estuarios,
- pérdida de tierras inundables,
- problemas especiales relacionados con la fluctuación del nivel de agua,
- etc.

Estas son un ejemplo de las nuevas condiciones a las que deben adaptarse las comunidades locales, con la ventaja de una mejor pesca en el embalse y de una nueva industria e infraestructura mejorada.

Economía local.

Las facilidades de acceso a nuevos empleos creados por un embalse durante y después de su construcción han sido ya examinados, al igual que las repercusiones sobre la economía y las finanzas locales. Se deberá considerar a nivel local algún tipo de compensación anual, si es que esto no ha sido ya previsto en los impuestos o en las leyes sobre el agua. Con el fin de mantener la independencia de las iniciativas locales, estas compensaciones deben cesar progresivamente a medida que la economía local adquiera su nivel original de prosperidad.

Turismo y recreación.

Si la zona del proyecto era de por sí atractiva o llega a serlo por la construcción del embalse, el desarrollo del turismo y recreación en esta zona puede constituir un recurso de ingresos suplementarios para los habitantes así como una ventaja para la región. Sin embargo algunas veces la construcción del embalse tiene efectos negativos, en particular si los paisajes turísticos desaparecen. El turismo puede causar también problemas sociales y culturales a los habitantes y ser perjudicial para la flora y fauna locales, así como para el paisaje. La utilización de un embalse para fines de recreación debe ser organizada y en muchos casos puede ser restringida, como por ejemplo en el caso de un embalse para suministro de agua.

Navegación.

Los proyectos ubicados sobre grandes ríos generalmente disponen de esclusas y otras instalaciones de navegación. Estas generalmente facilitan el tráfico por el río. El comercio suplementario resultante del crecimiento del tráfico fluvial es igualmente beneficioso para la economía local.

Impactos aguas abajo.

Los impactos socio económicos aguas debajo de una presa nueva están relacionados, por una parte, a las avenidas y descargas de agua y al flujo de sedimentos de otra parte. Los habitantes aguas abajo deben adaptarse al nuevo régimen hidráulico, deben habituarse al patrón de las avenidas ordinarias del embalse y utilizar los terrenos inundables. La presa induce un elemento de riesgo a la población situada aguas abajo, ya que existe la posibilidad de que ésta falle y una gran avenida de agua y lodo inunde a estas poblaciones. La peligrosidad de una presa estriba en relación a su localización con respecto a concentraciones humanas y desarrollos industriales y agrícolas. Medidas de seguridad y vigilancia de la obra y zona afectada, redes de alarma, etcétera, ayudan a prever y evitar daños y a salvaguardar a la población afectada. Los residentes deberán mantener limpio el lecho del río y las orillas en buen estado para hacer frente a las posibles avenidas catastróficas pero ahora menos frecuentes. Las descargas deliberadas de prevención son más efectivas que los avisos y otras formas de señalización, pero es igualmente el más costoso y el proyecto deberá soportar el costo.

El flujo de sedimentos podría rellenar el lecho del río y ocasionar daños adicionales en los tiempos de avenidas.

Las descargas periódicas para las inspecciones de seguridad de las presas requieren una buena estrategia de gestión. Estas mismas descargas controladas periódicas también pueden solucionar problemas como de erosión de bancos de arena, como lo muestran experimentos realizados en los estados unidos por el USBR en la cuenca del Río Colorado.

El desplazamiento y reubicación de comunidades[17].

Los estudios acerca de proyectos de esta índole alrededor del mundo han mostrado que las experiencias de reubicación del pasado han sido en su mayoría fracasos, que han reducido la productividad y estándares de vida de las personas desplazadas por el proyecto. Estas fallas son oportunidades perdidas de desarrollo social y económico. De hecho, los costos de reubicación deberían ser vistos como una inversión en el desarrollo de la región y considerarse un beneficio de la presa. Estos fracasos han llevado a varios investigadores y agencias internacionales de fondos (Banco Mundial), a llevar a cabo estudios que determinen las causas de estos y definan estrategias que aseguren éxito en proyectos de reubicación futuros.

La observación detallada de los desplazamientos de asentamientos humanos por la fuerza debidos a proyectos de presas grandes mostró que las reacciones de los desplazados tienen muchos puntos en común. Estos movimientos humanos generalmente conciernen a grupos rurales, de bajos recursos económicos y con fuertes lazos a sus tierras. Se pueden distinguir dos etapas principales como parte del proceso de reubicación forzada de asentamientos humanos: la reubicación en sí y el desarrollo de estas comunidades en su nueva ubicación.

Etapas de reubicación.

Esta etapa, que puede durar hasta varios años después de su aprobación u autorización, es la que genera la mayor tensión y ansiedad o estrés entre las poblaciones desplazadas y las que los reciben.

Antes de que el proyecto comience, la mayoría de las personas que van a ser reubicadas creen que tienen que dejar sus casas, tierras y alrededores familiares por un proyecto cuyos beneficios son para otras personas y obviamente no para ellos. Dado que esta reubicación es forzada en nuevas comunidades con nuevos vecinos y nuevos sistemas de producción, el proceso consume mucho tiempo y energía de los afectados, generado mucho estrés psicológico y sociocultural. Esto último será aún más grave si las áreas receptoras se localizan en lugares muy diferentes a las del futuro embalse.

El nivel alto de estrés generalmente se expresa en actitudes muy conservadoras entre los desplazados, quienes en los primeros años después de mudarse (por lo menos 3 años) tienden a buscar grupos sociales familiares a ellos e insisten en continuar con sus antiguas técnicas productivas. La experiencia demuestra que la mayoría prefiere mudarse a la menor distancia posible de sus tierras y mantener una unión estrecha con sus grupos sociales tanto como sea posible.

En ocasiones estas personas deben mudarse a poblados o zonas ya habitadas donde no son muy bien recibidos, pues las comunidades receptoras los perciben como competidores de recursos, trabajos y servicios.

Es entonces idealista esperar que las personas desplazadas rápidamente se adapten a los nuevos sistemas de producción en diferentes condiciones de clima y suelo, aún más cuando deben cambiar de profesión. Entre más familiar sean los ambientes físicos, sociales y culturales, y más extensas sean las medidas que tomen en cuenta las fuentes de estrés propuestas en el plan de reubicación, más corto será el periodo de transición en el que estas personas se adaptarán a su nueva ubicación.

Etapa de desarrollo.

Alrededor del mundo son pocas las comunidades reubicadas que han experimentado esta etapa. Estos grupos generalmente están en desventaja, sin poder político y con un nivel de vida inferior al de la población del área receptora. La causa principal de esta situación es una planeación inadecuada y una ejecución pobre de las operaciones de reubicación.

Por otro lado, en las experiencias de reubicación que han probado tener éxito, los reubicados se han convertido en empresarios dinámicos, dispuestos a tomar riesgos en su nuevo ambiente. En estos casos, por lo general, el desarrollo ha sido impulsado por la introducción de cultivos y ganado comerciales, por la adquisición y realce de tierras y el establecimiento de pequeñas agroindustrias.

La etapa de desarrollo debe dar como resultado la incorporación de las zonas de reubicación a la economía regional. Esto implica que las instituciones o autoridades formadas para tomar cargo de la reubicación se disuelvan concluida su tarea.

Lecciones de la experiencia mundial.

La experiencia mundial muestra que el fracaso de muchas operaciones de reubicación se debe a que subestiman su complejidad. Estos son algunos de los elementos subestimados:

- El número de personas a reubicar
- El costo de la reubicación
- La organización responsable de las operaciones de reubicarla
- El calendario de las operaciones a realizar
- La calidad y cantidad de terreno a desarrollar
- La tensión en las personas desplazadas
- La tensión en las comunidades receptoras

La importancia de la mujer en el proceso de reubicación y su integración al desarrollo.

La contribución de la mujer a la sociedad y a la economía es un factor clave que debe ser estudiado en cualquier programa de desarrollo, y especialmente en planes de reintegración social y económico como los tratados aquí.

El éxito de estos proyectos depende en gran parte de mejorar las condiciones de vida de la mujer, debido a la gran cantidad de papeles que ellas desempeñan en la sociedad siendo las que proveen la comida, obtienen y usan el agua y madera como combustible. Además cuidan y educan a los niños. Las mujeres están

involucradas en actividades agrícolas y forestales que generalmente son modificadas por las grandes presas.

La situación en México.

En México, la CFE adopta medidas similares a las planteadas en este capítulo, cuando menos en teoría. En el pasado han existido casos con resultados no deseables por la falta de conocimiento y planeación en esta área. También se presentan muchos de los problemas mencionados arriba.

La construcción de presas hidroeléctricas y de irrigación ha dado como resultado la desmantelación de comunidades, dejando a muchas sin poder recuperar su vitalidad social y económica original. Años más tarde algunas permanecen sumamente dependientes en los recursos del gobierno federal.

Afortunadamente las cosas cambian poco a poco en México, antes no existía un control o evaluación de los resultados de los programas de reubicación, ahora ya los hay. Además la CFE trabaja en coordinación con el INAH, el INI y otras agencias y organizaciones que permiten mejores resultados socioeconómicos y culturales.

Al parecer, los patrimonios culturales son cuidados y rescatados por las instituciones responsables de atender estos asuntos, que disponen ya de reglamentos y guías para tal fin.

En México aún faltan normas y guías que permitan que los procesos de reubicación se realicen eficientemente y permitan un desarrollo de las comunidades afectadas, y es muy importante que también existan los mecanismos para llevar las buenas intenciones de la teoría a la práctica. Esta última idea se puede desarrollar por medio de un grupo interdisciplinario institucional que se encargue de estos problemas ayudando a las diferentes agencias federales que necesiten realizar la reubicación de asentamientos humanos.

Resumen de beneficios y costos socio económicos y culturales.

Es bueno comparar los beneficios y costos de la índole socio económica y cultural de un proyecto dado, y cada caso puede llegar a ser muy diferente. Pero una buena aproximación de un caso real es la siguiente:

Costos:

- La reubicación de las personas
 - Pérdida de cultura
 - Pérdida de un modo de vida
 - Trauma cultural
 - Migración de campesinos sin preparación a las ciudades
- Enfermedades hídricas
- Inundación de sitios arqueológicos
- Salinización de pozos cerca de las costas
- Entrada de agua salina a los estuarios que afecta la pesca
- Sequía aguas abajo.
- Cambios en los niveles de aguas freáticas, agotamiento de pozos.

Beneficios:

- Generación de empleos
- Agricultura de irrigación
- Control de avenidas
- Abastecimiento de agua para uso industrial y doméstico
- Nuevas vías de comunicación
- Industria del turismo
- Generación de energía eléctrica

Conclusiones.

Cabe concluir que en cada proyecto se presentan casos diferentes y que para solucionarlos se debe ser creativo e innovador, aunque el considerar la experiencia internacional será de gran ayuda.

La ICOLD propone soluciones para que los habitantes de la región afectada se adapten de la mejor manera al proyecto. Los constructores, proyectistas, accionistas, etc., deben hacer todo lo posible para que esto suceda. En ocasiones es necesario modificar el proyecto y eso resulta costoso. Por ello, desde las primeras fases del proyecto se deben considerar los intereses de las comunidades afectadas.

El modo de vida, actividades, pasatiempos, tradiciones y ritos de quienes habitaban las tierras que ahora han quedado sumergidas, han sido cambiadas con o sin su consentimiento. La cultura y raíces de estas comunidades queda sumergida en el pasado, al igual que sus tierras, debido al progreso tecnológico y construcción de infraestructura para el país. Debemos valorar la riqueza cultural con la que contamos, estudiarla y entenderla antes de deshacernos de ella. Pienso que sólo después de valuarla podemos decidir qué es mejor hacer con ella. Y el que estas culturas continúen o no, no debería depender sólo de quienes la estudian o de las autoridades, sino también de quienes la viven. Debemos aprovechar la existencia actual de estas comunidades, estudiando y registrando su cultura. Así, cuando menos, las podremos preservar en libros, fotografías y documentos.

Es importante hacer notar que muchas comunidades indígenas permanecen asiladas de la vida política, económica, social y cultural del resto del país, y solo gracias a proyectos que afectan sus tierras son considerados por el gobierno y el resto de la sociedad. Creo que se les debe considerar, registrar regularmente e integrarlas poco a poco al resto del país, si es que ellos así lo desean. Si no, se les puede dar autonomía y permitirles seguir con su modo tradicional de vida, protegiendo su cultura y considerando sus intereses. Estas comunidades tienen un rico valor cultural para la Nación.

III.2 Medio Ambiente Natural (Flora y Fauna).

Los impactos en los ecosistemas se pueden clasificar como:

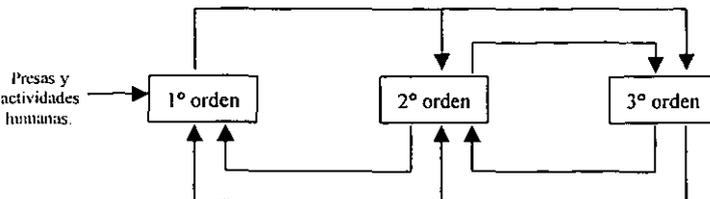
1. Impactos de primer orden. Estos son las consecuencias físicas, químicas y morfológicas del bloqueo de un río y el alterar la distribución y tiempos naturales del flujo de agua en él.
2. Impactos de segundo orden. Estos comprenden los cambios en la productividad biológica primaria de los ecosistemas, incluyendo efectos en la vida de plantas del río y sus márgenes y en hábitats aguas abajo como los pantanos.
3. Impactos de tercer orden. Comprende alteraciones a la fauna causados por efectos del primer y segundo orden.

Y es a los impactos de segundo y tercer orden a los que me referiré en este subcapítulo.

No es fácil establecer los impactos que la construcción de una presa tendrá sobre la flora y fauna en la cuenca afectada. La cantidad de variables involucradas en un ecosistema son muchas, ya que además de las variables físicas y químicas del medio, se debe considerar la actuación de los seres vivos. Y la respuesta de los seres vivos a los cambios es muy incierta. Además, los ecosistemas son vulnerables a factores externos que pueden tener consecuencias drásticas en ellos. Una epidemia de cólera, es un ejemplo en comunidades de hombres.

Haciendo uso de las definiciones antes mencionadas, cabe señalar que los impactos de primer orden son más fáciles de entender, pronosticar y controlar que los de segundo y tercer orden. Y a través de ellos podemos modificar las tendencias de los impactos de las presas de segundo y tercer orden.

Debemos entender, sin embargo, que existe una interacción entre las tres clases de impactos. Si bien es cierto que la actividad biológica primaria y el crecimiento de plantas (impactos de segundo orden) dependen de las condiciones físico químicas de su entorno, y que la fauna depende a su vez de la actividad biológica primaria y de la existencia de plantas, también es cierto que la actividad biológica primaria y la existencia de plantas están reguladas por las actividades de la fauna del lugar, y las condiciones físicas y químicas del lugar se ven modificadas tanto por la fauna como por la flora y actividad biológica primaria a su alrededor. El esquema siguiente muestra la interacción descrita:



Existen muchas ramas de la ciencia involucradas en este ciclo, desde ciencias que estudian el comportamiento de los seres vivos hasta ciencias que estudian la

química y física del agua, el suelo, y el aire, que incluyen a la ingeniería. Por eso, para tratar de entender el impacto de las presas en la flora y fauna, prever las consecuencias del proyecto propuesto y sugerir alternativas y soluciones para evitar efectos no deseados, es necesario el trabajo de un equipo interdisciplinario de especialistas.

Los impactos en la flora y fauna de un lugar pueden considerarse negativos o positivos. El que un efecto se considere positivo o negativo depende muchas veces del punto de vista de cada quien (Véase la sección III.2.5 en la página 35). Casi siempre una presa generará condiciones estacionales más estables en el flujo de agua de un río, lo que conduce a la desaparición de especies extravagantes que se habían adaptado a las condiciones extremas anteriores a la presa, y en su lugar proliferan poblaciones de especies más comunes. La disminución de especies en un ecosistema lo hace más vulnerable a cambios en él. Un ecosistema con una pobre biodiversidad es muy vulnerable a pequeños cambios.

Las poblaciones de especies de peces que migran a lo largo de los ríos para reproducirse han sufrido un gran deterioro debido al bloqueo de estas rutas con presas. Este es considerado el daño más importante al medio ambiente como consecuencia de la construcción de presas de acuerdo con la WCD.

A continuación describo algunos de los impactos en diferentes "secciones" de los ecosistemas que se ven afectados por al construcción de presas en ríos.

Ecosistemas y biodiversidad terrestre.

La construcción de una presa de almacenamiento y el correspondiente embalse acaban con las plantas terrestres y bosques, y desplazan a los animales de la zona inundada. Debido a que muchas especies prefieren los valles, embalses grandes pueden eliminar hábitats de vida silvestre únicas y afectar poblaciones en peligro de extinción.



Árboles sumergidos en la Presa Peñitas, Chiapas.

La migración de especies animales hacia otras zonas puede causar estrés en las zonas que las reciben, alterando el equilibrio de zonas aledañas al vaso (este fenómeno es similar al de las poblaciones humanas que migran a nuevas comunidades).

En algunos proyectos de presas grandes se ha intentado mitigar los impactos en los ecosistemas terrestres y biodiversidad con programas compensatorios, tales como el plantar bosques en otras áreas como compensación del bosque inundado por la presa; el crear fideicomisos o fondos que se empleen a favor de preservar el medio ambiente natural; etc. Los fondos o fideicomisos que acabo de mencionar se pueden usar para crear parques nacionales en la cuenca del río afectado, para preservar las especies de la zona y alargar la vida del embalse (si se preserva la capa vegetal que cubre a la cueca, pocos sedimentos serán transportados al vaso y la sedimentación del embalse será más lenta).

En California, EUA, la presa Los Vaqueros ha tenido éxito tomando medidas similares a las mencionadas arriba. En el capítulo IV hablo de ese proyecto.

Ecosistemas y biodiversidad acuática aguas abajo de la presa.

Las presas de almacenamiento se crean con el fin de aprovechar mejor el agua que fluye en un río en las actividades humanas o proteger a dichas actividades de fuertes avenidas. Para lograr esto alteran la distribución espacial y en el tiempo, del flujo natural del río. Así, se comprometen los aspecto dinámicos de los ríos, que son fundamentales para mantener las características de los ecosistemas acuáticos. Los ríos naturales y los ecosistemas que en ellos y a sus alrededores coexisten son función del flujo, la cantidad y características del movimiento de sedimentos a lo largo del canal, y de la composición de los materiales que conforman el lecho y las márgenes del río.

Qué tanto son afectados estos ecosistemas depende de la cantidad de agua extraída del río, de la introducción de nuevas especies al ecosistema, modificaciones en la calidad del agua, pérdida del sistema dinámico de flujo de agua anterior a la construcción de la presa y la pérdida de la habilidad del río para mantener la continuidad de un ecosistema.

Impactos de los regímenes de flujo.

Estos son una variable con mucho peso en los ecosistemas acuáticos de los ríos. La variación de los flujos en el tiempo, su duración y frecuencia, es crítica para la supervivencia de comunidades de plantas y animales que viven aguas abajo de la presa. La variabilidad natural del río sostiene comunidades biológicas complejas que pueden ser muy diferentes de aquellas adaptadas a flujos estables y condiciones como las que ofrece un flujo regulado. Por ejemplo, pequeñas inundaciones actúan como señales de inicio para la migración de peces e invertebrados.

Los cambios del régimen de flujo de un río son más drásticos en aquellos proyectos que tienen presas hidroeléctricas ya que además de un cambio en la variación estacional del flujo, el río sufre abruptas variaciones de flujo cada 24

horas, debido a que de la presa se liberan grandes cantidades de agua en las horas pico de consumo eléctrico y muy poca cuando la demanda de electricidad baja. Esto, además de cambiar la morfología del río, daña a los organismos acuáticos como peces, que pueden quedar atrapados en pozas después de un drástico corte del flujo de agua. Las fluctuaciones también pueden restringir seriamente las actividades recreativas: impidiendo el acceso a islas aguas abajo; o haciendo peligrosos el remo, natación o pesca. Y esto causa conflictos a los usuarios de las orillas del río. Para mitigar estos efectos se pueden crear embalses aguas debajo de la hidroeléctrica que funcionen como reguladores del flujo de agua.

La sobresaturación del agua con gases (oxígeno y nitrógeno) causa la muerte de peces debido a un efecto similar al que experimentan los buzos cuando permanecen mucho tiempo sumergidos a grandes profundidades y después ascienden rápidamente. El uso de vertedores puede generar sobresaturación del agua con oxígeno y nitrógeno inmediatamente después de la presa, y puede ser fatal para los peces. En 1970, por ejemplo, en el Río Columbia de EUA, un gran número de salmones jóvenes en su migración al mar murieron de la enfermedad de burbujas de gas debido a una sobresaturación de las aguas con oxígeno y nitrógeno. Para solucionar este problema, se puede disminuir el uso de los vertedores en la época en la que migran los peces por ese lugar, o reducir el gradiente de los vertedores (para que la saturación del agua con gases sea menor), pero esto puede afectar la calidad del agua en otros aspectos.

El cambio de régimen de algunos ríos es favorable a plantas que antes, gracias a las fuertes corrientes que ocasionalmente escurrían por el río, no podían extenderse hacia las márgenes y lecho del río, pero que ahora, dado que estas avenidas son controladas aguas arriba por la presa, se extienden.

Otro efecto en los ecosistemas aledaños al río es aquel sobre la fauna que depende del agua del río para beber y refrescarse. Venados, antílopes y elefantes, por ejemplo, requieren sus aguas, en especial en épocas cálidas y secas. Los hipopótamos en África usan aguas profundas de ríos para refugiarse durante el día del calor. Y muchos murciélagos y aves beben de sus aguas. La fauna que depende de las aguas del río habita a distancias variables de él y ha veces llega a ser de varios kilómetros. Así, el efecto de la reducción o alteración del flujo del río puede abarcar una tira ancha de terreno a lo largo del río.

Los embalses muy extensos (largos) impiden el paso de especies terrestres de una margen a otra del río (que ahora es un embalse) y que antes lo hacían(por ejemplo, para alimentarse, refugiarse o reproducirse). En lugares fríos se puede dar el caso contrario durante invierno, el agua ahora tranquila (antes, el agua del río en movimiento no se congelaba) llega a congelarse y el hielo permite el paso de animales de una margen a otra.

Se han concentrado esfuerzos para evitar los daños por el cambio de régimen de un río debido a la construcción de una presa a través de las llamadas "Environmental Flow Releases" en Inglés, que puede traducirse como "Liberaciones de Flujo Ecológicas", o LFE.

Resultados de las LFE.

En muchos lugares del mundo se busca minimizar los impactos de grandes presas en ecosistemas utilizando LFE para lograr un objetivo predeterminado (por ejemplo, evitar la erosión de bancos de arena) o el mantenimiento del ecosistema. La práctica de LFE comenzó como un compromiso de asegurar un flujo mínimo en el río (muchas veces arbitrariamente fijado como el 10 % del gasto medio anual). Y desde entonces el concepto se ha desarrollado hasta el punto en el que incluye una definición de los requerimientos del ecosistema en cuestión y un programa de liberación de aguas del embalse, que puede variar anualmente y estacionalmente de tal suerte que satisfaga las necesidades, aguas abajo, del medio ambiente y la gente. El nivel de LFE requerida es determinada por la necesidad de mantener algún componente en particular de un ecosistema aguas abajo de la presa. Los encargados de proyectos de grandes presas han reconocido que estas LFE reducen a corto plazo las ganancias económicas del proyecto, pero que frecuentemente mejoran la sustentabilidad del proyecto y se alcanzan mejor los objetivos sociales de obtener un medio ambiente más sano. Las LFE representan una redistribución de los beneficios del proyecto, y otros beneficiarios del proyecto, como quienes administran las aguas de riego y generan hidroelectricidad, pueden oponerse a ellos.

Las LFE son una de las medidas más efectivas para mitigar los efectos en la morfología del río por la construcción de la presa. En el capítulo IV expongo el ejemplo del Río Colorado.

Impactos de la retención de sedimentos y nutrientes detrás de una presa.

La reducción de transporte de sedimentos y nutrientes en los ríos aguas abajo de las presas tiene impactos en el cauce del río, las llanuras de inundación y la morfología de deltas, costas y estuarios. Estos cambios a veces significan pérdidas de hábitats acuáticos de peces y otras especies. En ocasiones significan ganancias. En el subcapítulo III.8 se habla de los efectos de las modificaciones morfológicas en las costas debido a las presas en ríos, y las ventajas ecológicas de las aguas costeras poco profundas que se pueden obtener como efecto de la construcción de presas.

La acumulación de sustancias químicas en el agua debido a su introducción por el hombre a la cuenca daña a los ecosistemas. Dicha acumulación deteriora drásticamente la calidad de agua que se requiere para el desarrollo de especies que dependen del agua del embalse.

El bloqueo de la migración de organismos acuáticos.

Este punto se refiere a la barrera física que significan las presas que impiden el paso de peces por el río hacia las zonas donde se reproducen, causando un serio deterioro en el número de individuos de dicha especie. Es clara la posibilidad de que estas especies se extingan.

La WCD encontró que este es el impacto ecológico más significativo de las grandes presas registrado en más del 60 % de casos estudiados por la comisión en una revisión que efectuó.

Una solución al problema del bloqueo de la migración de peces en los ríos por las presas son los sistemas de escaleras que permiten a los peces cruzar presas. La

escalera consiste de una serie de cubos llenos de agua que va desde el río aguas abajo de la cortina hasta el embalse. De cada cubo escurre agua al que está inmediatamente debajo de él, simulando pequeñas cascadas entre pozas de agua. Así, los peces ascienden por ellos brincando de cubo en cubo hasta llegar al otro lado de la presa. Esta solución no es apta para presas de más de 30 m de altura. Con este tipo de solución los peces se lastiman y pierden energía si es que logran utilizarla con éxito.

Es muy importante construir un buen diseño pues si no es así, la medida podría ser inútil. No se puede aplicar un diseño estándar para todas las especies de peces, sino que se debe diseñar un paso de peces para cada especie.

En los EUA se han hecho grandes esfuerzos por proteger y restaurar a las especies de peces nativos de ríos que han sido embalsados. Entre esos esfuerzos se han demolido presas (lo que ha significado un gran reto), creado turbinas que causan menos daño a los peces, se han creado sistemas de luz y sonido con el objeto de ahuyentar a los peces de las obras de toma para que no mueran en ellas, y se han alterado las operaciones de las presas para mejorar las condiciones del agua a favor de dichos animales. El problema es complejo, y debe solucionarse por biólogos e ingenieros en conjunto. Expongo algunos ejemplos al respecto en el capítulo IV.

Ecosistemas de llanuras de inundación.

La reducción de las inundaciones anuales de las zonas aguas abajo de la presa afecta la productividad natural de las áreas cercanas al río, planicies de inundación y deltas. Las características de las comunidades ribereñas se ven controladas por la interacción dinámica de inundaciones y la sedimentación. Muchas especies ribereñas dependen de acuíferos poco profundos de las llanuras de inundación, cuya recarga depende de las inundaciones que suele experimentar la llanura. Y es por esto que si la presa evita las inundaciones que con anterioridad se presentaban, la vegetación y fauna que dependía de ella se verán diezmadas. Algunas especies se adaptarán, y otras tomarán el lugar de las que no se vean favorecidas por el cambio (es por esto que no siempre se puede calificar a los impactos de las presas como daños, sino únicamente como cambios en las condiciones locales).

Cabe mencionar que los bordos que encauzan ríos desconectan a estos ríos de las llanuras de inundación, eliminando reflujos y zonas de lagunas que son zonas importantes para la reproducción de peces.

Existen especies de peces que requieren las pozas que se forman durante las inundaciones para desovar y alimentarse, sin ellas su supervivencia está en peligro.

Poblaciones de ciertas especies de aves se han visto reducidas en planicies de inundación y deltas, donde las tierras húmedas ya no son abastecidas con el agua y nutrientes que antes recibían. Ahora dichos nutrientes son atrapados en presas. En ciertas regiones, las especies de aves de agua corriente se ven sustituidas por especies de aguas tranquilas.

En África, el cambio al régimen hidrológico debido a la construcción de presas ha afectado la agricultura, pesquerías, sabanas y bosques de las planicies de inundación que constituían elementos de la forma de vida de las comunidades de la zona.

En algunos lugares donde las llanuras de inundación han sido afectadas por presas se han realizado inundaciones controladas para ayudar a generar las condiciones anteriores a la construcción de la presa. Esta acción puede generar ganancias o pérdidas económicas a la región dependiendo de cada proyecto, sin embargo existen situaciones que hacen ya muy difícil llevar a la práctica esta medida, como puede ser el que comunidades o desarrollos humanos se hayan llevado a cabo en la antigua zona de inundación.

Pesquerías.

Como ya se ha mencionado la presa puede tener efectos positivos y negativos en la vida acuática aguas abajo del embalse, y los efectos de los impactos de tercer orden (a los que corresponden aquellos sobre los peces) son difíciles de predecir. Estos impactos se extienden hasta las pesquerías marinas, ya que muchas especies marinas dependen de las condiciones especiales de estuarios para reproducirse y alimentarse en diferentes estaciones del año, y las condiciones estuarinas dependen de las condiciones del flujo del río que forma el estuario (y estas se ven afectadas por la construcción de una presa en él).

Un incremento grande en turbiedad y sedimentos suspendidos por largos periodos de tiempo puede tapar las agallas de peces y producir su muerte. La subsecuente sedimentación puede cubrir y sofocar los bentos de invertebrados, huevos y peces pequeños de baja tolerancia, así como incrementar la incidencia de parásitos e infecciones.

Un efecto positivos de las presas grandes es el que representan una fuente potencial pesquera, y que si las condiciones de la calidad del agua lo permiten, se podrá desarrollar.

La tranquilidad de sus aguas favorece a la precipitación de sedimentos, lo que hace al agua más clara y transparente. Esto es favorable para la productividad primaria y crecimiento de peces.

Realce de ecosistemas.

Muchos cuerpos de agua han funcionado como estuarios de aves silvestres y reptiles, y otros tantos han convertido desiertos en vergeles productivos. Una cantidad muy importante de la producción agrícola actual del mundo se da gracias a esta transformación.

Los cuerpos de agua artificiales que ahora son hábitat de aves y reptiles, algunas de estas especies en peligro de extinción, suplen a aquellos cuerpos de agua naturales extinguidos o contaminados que estos animales antes habitaban, y representan un beneficio para la conservación de la biodiversidad de especies del planeta.

*Árboles
sumergidos en la
Presa Peñitas,
Chiapas.
Un grupo de
pelicanos fue
atraído por las
aguas de este
embalse.*



Las áreas verdes producto del almacenamiento de agua en embalses artificiales tienen también la función de preservar especies cuyos hábitats originales se han visto diezmos.

La restauración de ecosistemas a través del retiro de presas.

Este último punto se menciona porque los impactos en el ecosistema por el retiro de presas pueden convertirse en negativos, siendo que en la mayoría de los casos su intención es lo contrario. La remoción de una presa una vez concluida su vida útil deben contemplarse desde el inicio de un proyecto.

“Las razones por las que una presa es removida o clausurada son económicas, de seguridad de la presa, o la restauración de corredores de peces como el salmón. El retiro de la presa puede ser parcial o total. Y el impacto más notable de estas acciones es la posible liberación de sedimentos atrapados en el vaso de la antigua presa.

Los sedimentos se deber liberar de una manera regulada, ya que el hacerlo sin control puede traer problemas aguas abajo como: cambio de ecología del río, depósitos de finos en bancos de grava necesarios para el desove de ciertos peces, un incremento en la elevación del fondo del río y de los niveles de inundación, alteraciones en la confluencia de los ríos tributarios y una tendencia del aumento del ancho de los ríos y de taponar las tomas de agua. Además algunos sedimentos pueden ser tóxicos.

Si el flujo de los sedimentos se controla, se obtienen beneficios como la salida de las gravas más gruesas, restos de troncos, nutrientes y otros beneficios para los peces, vida silvestre y comunidades acuáticas”. [7]

III.2.5 ¿Cuales son los impactos positivos y cuales los negativos?.

El que un impacto se considere como positivo o negativo depende muchas veces del punto de vista desde el que se le esté viendo. Por ejemplo, en la agricultura: el que ya no se inunde una llanura de inundación, es un impacto positivo, ya que las tierras agrícolas cerca del cauce no sufrirán inundaciones como lo hacían antes y no se perderán cosechas a causa de ello. Por otro lado, las tierras perderán nutrientes que antes cada inundación le aportaba, y deberán emplear fertilizantes artificiales. Desde este punto de vista el impacto es negativo.

El estar conscientes de que una misma alteración en la naturaleza puede resultar positiva y negativa al mismo tiempo es necesario, para poder poner en una balanza lo bueno y lo malo de cada alternativa de proyecto y así, escoger la mejor.

¿Qué es lo natural?.[38]

En este capítulo, y a lo largo de la tesis se hace referencia a lo natural, al medio ambiente *natural*. Este término es subjetivo y deseo aclarar lo siguiente al respecto:

El término generalmente se aplica a un medio ambiente con una baja exposición a la acción del hombre. Pero existe una marcada divergencia en el nivel de que es aceptable como *natural* entre diferentes grupos sociales. Mucha gente siente que un parque es suficientemente natural y por el resto de su vida evita lugares menos “tocados por la civilización”. Otros nuevamente piensan que un paisaje agrícola es hermoso y *natural*, comparado con los alrededores urbanos. Muchos creen que un bosque es la mejor muestra de lo natural dado que nunca han conocido un terreno virgen de bosque silvestre (diferente a los bosques de los alrededores de las ciudades o turísticos). Esto es comprensible si tomamos en cuenta que una porción enorme de nuestro entorno ya ha sido expuesta a cambios de tal suerte que muchas condiciones que parecen ser naturales en realidad son causadas por acciones humanas en su origen, un hecho del que muy pocos se percatan. Nos cuesta trabajo entender que los elementos naturales genuinos de la tierra, como arbustos secos en jardines descuidados, o hierba en lotes baldíos, en vez de ser feos o “sucios” son exactamente la esfera de una exposición humana reducida que tanto decimos que buscamos.

Considerando la amplia gama de significados de “naturaleza”, es claro que no exista un consenso social sobre su significado, y cada quien la define desde su punto de vista.

Yo emplearé la palabra natural para describir, en la mayoría de los casos, la situación en la que se encontraba el medio ambiente inmediatamente antes de la construcción de la presa.

Cómo mejorar la situación.

Para no dañar al medio ambiente, y obtener un mejor proyecto de presa, podemos observar qué acciones han conducido a situaciones exitosas en esta cuestión, y cuáles no. Así, podemos identificar las acciones que debemos tomar para lograr con éxito nuestro objetivo (crear un proyecto de presa aceptable desde el punto de vista de la sociedad actual).

De acuerdo con la WCD, muchos de los *impactos negativos en la flora y fauna* se deben, y *no se han podido mitigar por*:

- la falta de atención para anticipar y evitar los impactos;
- la pobre calidad e incertidumbre de las predicciones;
- la dificultad de lidiar con todos los impactos; y
- la implementación y seguimiento parcial de las medidas de mitigación.

Algunas *medidas útiles para evitar daños importantes a la flora y fauna* que han probado ser exitosas son:

1. Medidas para evitar impactos adversos anticipados por medio de la solución de proyectos alternativos.
2. Medidas para minimizar los impactos alterando las características del diseño del proyecto una vez que este se ha elegido.
3. Medidas de mitigación que son incorporadas en nuevos o existentes diseños de presas o en los regímenes de operación de tal suerte que reducen los impactos a los ecosistemas a niveles aceptables.
4. Medidas que compensen los efectos inevitables realzando ecosistemas en zonas aledañas al proyecto.
5. Medidas que restauren los aspectos de los ecosistemas del río.

Los siguientes son *elementos con los que se puede lograr una buena mitigación de impactos adversos* al ecosistema:

- una buena base de información, y el contar con el personal competente y profesional para formular las complejas opciones que se ofrecerán a los directivos;
- un marco legal adecuado, y los medios para hacerlo efectivo;
- un proceso de cooperación entre los dueños del proyecto y el equipo diseñador;
- un monitoreo de retroalimentación y evaluación de la efectividad de la mitigación; y
- recursos financieros e institucionales adecuados.

Algunas medidas que disminuyen los efectos negativos de una presa sobre el medio ambiente natural son: el elegir bien el sitio de la presa, evitar el construirla en el cauce principal (resulta mejor construirlas en tributarios, desde el punto de vista ecológico) y hacer la presa más pequeña.

El no construir la presa ha sido una medida extrema favorecida por activistas que desean preservar el entorno natural tal y como está.

inundaciones aún con gastos menores a las avenidas máximas que antes de la construcción de presas aguas arriba no producían inundaciones. Esto se debe a que el cauce pierde su capacidad de drenar original.

4. Sismicidad inducida.

Presas grandes y embalses pueden causar esfuerzos en los estratos de suelo debajo de ellos. Dichos esfuerzos se pueden liberar repentinamente, causando temblores, o pueden ocurrir lentamente como pequeños movimientos en un periodo de tiempo muy largo.

Movimientos pequeños a lo largo de periodos grandes de tiempo.

Existen situaciones en las que el suelo tiende a emerger o hundirse, como sucede en el suelo de la ciudad de México, que es arcilloso. Incluso estos movimientos se dan en rocas.

Al variar la carga sobre el estrato, este se hunde o emerge. Las variaciones de carga son resultado de actividades constructivas (excavaciones - el estrato emerge- y construcción de edificaciones como la presa -el estrato se sumerge-) y a la variación del nivel de agua del embalse.

Los movimientos en las cimentaciones rocosas pueden causar grietas en ellas que generarían filtraciones de agua, y que a su vez pueden ser causa de una inestabilidad estructural de la cortina.

En el caso de movimientos debidos a la construcción, el inyectado después del asentamiento total puede ser la solución a las filtraciones. En el caso de movimientos debidos a las fluctuaciones constantes del nivel del agua de la presa, el inyectado no es recomendable, ya que la solución debe ser dinámica (como las fluctuaciones de carga), y lo que se puede hacer es mantener un buen drenaje aguas debajo de la presa para mantener la estabilidad de la cortina.

Temblores inducidos.

Los embalses traen consigo cambios significativos en los estratos que los soportan. Esto puede causar micro temblores o hasta temblores dañinos. Que sea o no un temblor que cause daños depende de las condiciones sísmo tectónicas locales y de la profundidad del embalse. A continuación se presenta una clasificación de posibles manifestaciones sísmicas debidas a una presa:

1. No hay cambios en la actividad sísmica.
2. Ocurren micro temblores. Estos se incrementan conforme aumenta el nivel del agua en el vaso, y luego varían de acuerdo con las fluctuaciones debidas a la operación de la presa. Eventualmente cesan.
3. En ocasiones la frecuencia de micro sismos aumenta drásticamente cuando se alcanza un nivel de agua límite, o cuando cierto volumen ha sido almacenado. Inmediatamente después de esto, temblores de magnitudes de 3-5 (en la escala de Richter, supongo, pues la referencia no lo especifica) pueden ocurrir, y a veces de magnitudes mayores a 5. Una vez concluido este periodo, algunos micro temblores se hacen presentes de nueva cuenta y luego cesan.

Dado que la tercera categoría es la que puede causar daños es la de nuestro interés. Las características generales de este tipo de temblores son:

- que ocurren a distancias cortas de la presa;
- tienen profundidades focales pequeñas;

- la frecuencia de pequeños temblores es mayor que la de grandes temblores;
- la dirección de la línea nodal del movimiento inicial difícilmente coincide con aquella de un temblor natural.

Estos temblores ocurren con mayor frecuencia si el volumen del embalse es muy grande, y si existen fisuras y fallas en el estrato debajo del embalse que permitan incrementos en la presión de poro en áreas extensas. Estos temblores se pueden presentar días después del relleno del embalse, al año y en ocasiones después, como en la Presa Asuán en el Río Nilo, donde se presentó unos 17 años después.

Las teorías al respecto.

No existe una teoría aceptada del por qué exacto de los temblores inducidos por presas. Pero las siguientes explicaciones cualitativas son comúnmente aceptadas:

- El incremento del nivel del agua en el embalse genera un incremento de presión de poro en la roca y suelo bajo la presa y sus alrededores, dependiendo de la permeabilidad del estrato y la existencia de fallas y grietas. Esta presión de poro llega a fracturar la roca y esto genera los micro temblores.
- El incremento de esfuerzos en los estratos de la base de la presa, y de la presión de poro, pueden accionar la liberación de energía previamente concentrada. Y esta es aceptada como la razón de sismos de mediana y gran magnitud.
- Otras variables que pueden producir la liberación de energía ya acumulada son cambios de temperatura, de presión atmosférica o nivel del mar.

Los métodos de monitoreo de sismos son útiles ya que nos permiten saber si un sismo dañino está por ocurrir, esto es, si se detecta un incremento sustancial en la frecuencia de micro sismos.

El estudiar la geología del lugar del embalse es útil para predecir el comportamiento de los estratos subyacentes a la presa, y las posibilidades de temblores peligrosos debidos al proyecto de la presa.

Comentario.

Cabe mencionar que todos los aspectos de suelo y agua deben ser contemplados desde un punto de vista de cuencas hidrológicas para que tengan una administración integral.

III.4. Actividades Constructivas de las Presas.

En este capítulo expondré ciertos puntos (7) que debemos cuidar como ingenieros durante la planeación de las actividades constructivas de una presa, y también los lineamientos de la ICOLD para la construcción de nuevas presas.

La construcción de una presa es una etapa del proyecto que puede generar muchos impactos negativos en el medio ambiente. Afortunadamente casi todos se pueden evitar.

Es en la etapa de diseño y planeación donde se pueden prever la mayoría de los impactos, y por tanto es aquí en donde se deben de definir las medidas constructivas y de mitigación apropiadas para evitar daños en el medio ambiente. Durante la construcción es bastante más difícil, y muchas veces imposible, implementar estas medidas.

Los puntos a cuidar propuestos por Jan A. Veltrop [7], son:

- 1.- Contaminación del agua y el aire.
- 2.- Erosión del Suelo.
- 3.- Zonas de préstamo (bancos de material) y desecho.
- 4.- Caminos de acceso.
- 5.- Fuerza laboral.

Yo desearía agregar a estos dos más:

- 6.- Paisaje.
- 7.- Desmonte

En seguida comento estos puntos [33], [34]:

1. Contaminación del agua y aire.

Las actividades del constructor deben realizarse con métodos que prevengan la entrada o desparrame accidental de contaminantes a aguas superficiales o subterráneas. Y que barras, lagunas de sedimentación o algún otro medio se implemente para evitar que agua excesivamente turbia entre a las corrientes de agua durante las actividades de desagüe. Además, las especificaciones deben señalar que la turbiedad de aguas residuales usadas en los procesos de agregados, mezclados de concreto u otras actividades constructivas sea removida utilizando lagunas de sedimentación, filtros de grava, procesos de floculación o similares.

Cuando las actividades constructivas se llevan a cabo junto a algún cuerpo de agua, las especificaciones incluyen un plan de control de turbiedad.

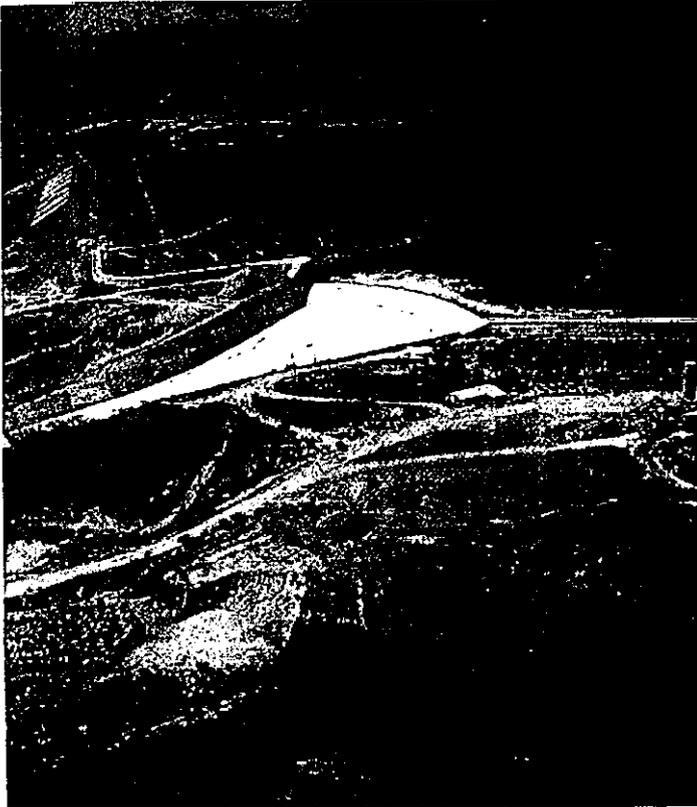
En cuanto a las provisiones dirigidas a reducir la contaminación del aire están:

- el no usar equipo o vehículos que emitan gases, producto de la combustión, en excesos;
- que las emisiones de polvo durante la manufactura, manejo y almacenamiento de agregados de concreto y el manejo y almacenamiento de cemento y aditivos no se introduzcan a la atmósfera;
- y que el polvo de otras actividades se mantenga en niveles bajos aceptables. Debe minimizarse.

El quemar vegetación durante el desmonte y la basura combustible es permitido solo bajo la autorización de las autoridades correspondientes. En algunos casos la madera se almacena para su uso posterior. En otros, los materiales combustibles son triturados o enterrados.

2. Erosión del suelo.

Una presa y su embalse presentan una fuente de posible erosión significativa durante y después de la obra. El disturbio ambiental es ineludible, y por eso algunas medidas para mitigarlo son necesarias y esenciales.



Los caminos son una fuente común de erosión. Cuando los caminos temporales se someten a aprobación por el responsable del proyecto, el camino proyectado se debe analizar bajo un punto de vista tal que busque minimizar el disturbio de las características naturales. Las secciones transversales del camino deben de apreciarse por su estabilidad y drenaje apropiado.

Caminos y área de almacenamiento de agregados y fabricación de concreto, en la Presa Constitución, Michoacán.

Se deberá implantar en la fase de proyecto, el programa de recuperación de suelos a partir de la aplicación de prácticas mecánicas y vegetativas, reforestación con leguminosas y pastización con gramíneas.

El proyecto deberá indicar al constructor la recuperación del horizonte más fértil del suelo, su almacenamiento en condiciones de mantener su fertilidad y su reemplazo extendiéndolo en todas las superficies que por su pendiente lo permitan. Esta es una de las medidas correctivas más importantes, ya que posibilitará la recolonización de las nuevas superficies, siendo la revegetación el primer peldaño en la escala evolutiva natural.

Donde se pueda presentar erosión excesiva pueden utilizarse terrazas, drenajes y otras herramientas útiles.

La erosión causada por el viento, aunque no sea un problema universal como la causada por el agua, se debe combatir cuando es un problema. Un caso es el del Lago del Cañón Ferry, en el Río Missouri del Estado de Montana, EUA. Este lago se formó gracias a una presa que lleva el mismo nombre que el lago. Fuertes vientos soplan a finales del invierno y en la primavera, cuando el lago tiene niveles bajos de agua, sobre sedimentos expuestos, y causa tormentas de polvo muy severas. Para solucionar esta situación, se han desarrollado planes que involucran la construcción de diques que forman pequeños embalses cuyas aguas cubren los sedimentos expuestos y los protegen del viento. Además se dragó material fino del lago para rellenar estos embalses, el cual, junto con el agua almacenada, permite el desarrollo de hábitats de vida silvestre.

3. Bancos de préstamo y desecho de materiales.

En la construcción, algunos daños permanentes al medio ambiente se dan en los sitios en los que se explotan los materiales de préstamo. El dejar socavones profundos y/o extensos una vez concluida la explotación ha sido práctica común, pero ahora estos se deben rehabilitar. Es por ello que en relación con la explotación de los bancos de material el proyectista, deberá contar con un programa de manejo y restauración ambiental, previo al inicio de la explotación; en este programa se incluirá:

- la recuperación y conservación del material vegetativo y del horizonte productivo del suelo;
- la descripción de la forma de atacar el banco;
- el diseño de la topografía resultante, suavizando las pendientes, de acuerdo con la pendiente dominante en el área;
- se deberá de escarificar el total de la superficie afectada y se dispondrán sobre ella los materiales producidos durante el desmonte y el despalme, para favorecer los procesos de la sucesión secundaria en forma natural.
- el diseño del arreglo paisajístico final.
- en el caso de uso de explosivos, se deberá regular su horario de uso, tronando al medio día para disminuir los daños excesivos sobre la fauna silvestre.
- una vez terminada su explotación, será necesario conformar y compactar los bordos perimetrales con materiales de desecho, voltear sobre el fondo del banco los materiales producidos durante el desmonte y el despalme y compactarlos, con el propósito de inducir el crecimiento de vegetación y evitar pérdidas de agua por infiltración. Se reforestará el área perimetral.
- se puede planear el uso futuro del banco de material como reserva urbana o zona de recreación si se encuentra cerca de alguna urbe.

La elección del sitio de depósito de material de desperdicio debe constituir una aporte esencial del proyecto de restauración del paisaje.

- La disposición de desperdicios deberá hacerse hacia fuera de las cuencas hidráulicas, preferentemente bancos de material cercanos.

4. Caminos de acceso.

Los caminos de acceso, como otras obras temporales y permanentes, deben considerarse en el diseño del proyecto, considerando su efecto en el entorno natural y social de la región y estableciendo medidas correctivas.

Si el proyecto tiene un desarrollo de centro recreativo, debe preverse la ubicación y construcción de zonas habitacionales en las orillas del lago, establecimientos comerciales, y en muchos casos comunidades completas. Preverlo es necesario porque el uso indiscriminado de los alrededores del lago puede conducir a abusos del medio ambiente natural.

Cuando se trazan las carreteras y caminos se debe tener un especial cuidado para evitar la erosión, como ya se señaló antes.

5. Fuerza de trabajo: campamentos y talleres.

La demanda de servicios de los trabajadores es uno de los efectos de la construcción de las grandes presas, que requieren de una gran cantidad de obreros y operadores, quienes inmigran a la zona. En el diseño del proyecto se debe planear la infraestructura necesaria para prestar los servicios a estas personas de tal forma que no se dañe el medio ambiente.

Para los sitios en que se emplazarán los campamentos, los talleres, los patios de trabajo, las plantas de trituración, las plantas dosificadoras de concreto y las plantas de elaboración de asfaltos, el proyecto contemplará que la instalación de parque de equipos y maquinaria se haga por fuera de las áreas de escurrimiento natural así como la construcción de zanjas perimetrales para contener derrames en caso de accidentes. Además se deberá contar con un programa de manejo y disposición de grasas y lubricantes residuales.

6. Paisaje.

Además del valor estético y cultural del paisaje, éste tiene un valor económico que debemos tratar de conservar, que es turismo atraído por la belleza natural del lugar.

Esto se puede lograr mejorando la apariencia de todas las estructuras e instalaciones, preservando el paisaje natural, reparando áreas donde el daño del paisaje es inevitable, y haciendo lo mejor para tener una compatibilidad total del entorno.

Esta compatibilidad se debe dar combinando y contrastando todos los objetivos globales de cada instancia en el proyecto.

Qué tanto efecto tendrán las construcciones temporales en el proyecto debe estar previsto. En ocasiones estas obras permanecen después de la construcción, o causan efectos estéticos permanentes. Es recomendable localizar estas obras

dentro del área del embalse para tratar de eliminar su impacto estético desfavorable.

Muchas de estas construcciones no se pueden hacer con una estética agradable debido a la falta de recursos económicos.

Para asegurar que el sitio de la presa permanezca en buen estado después de la construcción, se puede ofrecer un contrato de "limpia". Pero dicho contrato no debe ser responsable del daño causado por las operaciones constructivas.

7. Desmante

El desmante (eliminación de vegetación) del vaso es una actividad muy importante durante la construcción de una presa, y requiere consideraciones realistas y cuidadosas en cada caso. Se deben considerar usos conflictivos entre sí del embalse y sus alrededores.

Algunas áreas protegidas del despalme como pueden ser refugios de vida silvestre y de peces llegan a ser desagradables a la vista o peligrosas para la natación y la navegación. Este problema se puede resolver estableciendo áreas separadas para cada uso.

La calidad del agua se ve afectada por la vegetación dejada en el embalse. De la descomposición de esta se desprenden gases que pueden, en concentraciones suficientes, impedir el uso del agua del embalse para el consumo humano y la vida de los peces, aunque sea temporalmente. Vale la pena aplicar esta medida en pequeños embalses donde el aporte de nutrientes del río es muy pequeño. No es recomendable en grandes embalses de países con clima cálido, ya que los costos pueden ser excesivamente altos, y el segundo crecimiento de vegetación en las áreas desmontadas al principio de la operación llega a ser más dañino que la capa vegetal original.

Uno de los efectos adversos del desmante es la erosión de suelos de las zonas perimetrales del lago, donde las pendientes pronunciadas, debido a la creación de caminos a lo largo de ellas. Estos caminos se hacen con el propósito de permitir que un tractor sobre el camino soporte a otro que hará el desmante en la pendiente pronunciada, y que de otra forma no se podría sostener. Los tractores se unen con cables. El corte del camino queda expuesto a erosiones severas. Para evitar esta erosión, se emplean técnicas diferentes, y cuando se requiera de mayor cuidado durante el desmante para evitar la erosión, se realiza a mano.

El desmante en zonas arqueológicas se debe hacer en coordinación con los arqueólogos interesados.

III.5 Sedimentación en los embalses.

La sedimentación de embalses amenaza seriamente la vida útil de las presas. Después de un desarrollo veloz de los recursos hidráulicos del mundo, los lugares aptos para la construcción de presas cada vez son más raros y el problema de la sedimentación se vuelve cada vez más serio. El crecimiento de la población y de la demanda del uso del suelo han dado como resultado un incremento en la intensidad del uso de la tierra, lo que ha provocado un incremento en el arrastre de sedimentos a embalses en muchas presas del mundo, en especial en los países llamados del tercer mundo. En algunos casos este incremento es muy serio (el aporte de sedimentos a algunos embalses se ha multiplicado por más de 15 veces).

La sedimentación en embalses tiene muchos efectos negativos:

- la pérdida de capacidad de almacenamiento;
- la agravación e incremento de los niveles de inundación aguas arriba del embalse;
- la degradación del lecho del río y decremento en los niveles de agua aguas abajo de la presa;
- algunos cambios en los sistemas ecológicos tanto en la localidad como aguas abajo del embalse, por ejemplo, debidos al bajo contenido de sedimentos que reduce la productividad agrícola en las tierras aguas abajo del embalse, y el alto contenido de sedimentos en el embalse que incrementa el crecimiento de algas y enfermedades hidricas en él.
- playas han desaparecido debido a que ya no son alimentadas por los ríos con arenas, debido a que las arenas quedan atrapadas en presas aguas arriba.

Otros efectos que pueden ocurrir en el embalse son: daño a las turbinas y compuertas de entrada y salida de la hidroeléctrica; y la alteración de los niveles del agua, resultando en daños a las tierras agrícolas aledañas al vaso.

Impactos técnicos y ambientales de la sedimentación de los embalses.

Los cambios debidos a la sedimentación del embalse y degradación del río aguas abajo afectan a la flora y fauna de la región y a la calidad del agua del embalse y del río, como se describe en los subcapítulos correspondientes.

A continuación presento una tabla que describe los impactos ambientales y técnicos debidos a la sedimentación de un embalse, tanto en la localidad como aguas arriba y aguas abajo de él (Tabla I [T 32]). Y en seguida expongo algunos puntos que creo es importante considerar acerca del impacto de la cortina aguas abajo.

Véase la TABLA I al final de este subcapítulo.

Aguas abajo de la presa, debido al almacenamiento de agua en ella y a la operación que se le da al proyecto, el régimen del río cambia. Generalmente esto trae como consecuencia la reducción de gastos picos. Y dada la alta dependencia que tiene la capacidad de transporte de sedimentos en la velocidad de la corriente, la mayor parte del transporte de sedimentos se da durante estos gastos

pico. Consecuentemente con la disminución de gastos pico el transporte de sedimentos disminuye. Pero como la mayoría de los sedimentos del río son retenidos en el embalse, la disminuida capacidad de transporte de sedimentos de una corriente sin sedimentos que sale de la presa erosiona el lecho del canal del río, y el nivel del lecho del río disminuye. Debe comprenderse que la reducción real del nivel del lecho del río depende completamente del manejo y operación de la presa.

Cabe señalar que:

- No solo los niveles del lecho del río disminuyen, sino también los niveles de agua.
- Si se encuentran estratos no erosionables en el subsuelo, la degradación del río se detendrá cuando se alcancen dichos estratos.
- La degradación puede detenerse debido a la creación de una coraza de rocas en la cama del río que resista las condiciones presentes de erosión. Dicha coraza se forma naturalmente.

Cuando el lecho de un río se erosiona debido a la presencia de una presa, más adelante en el trayecto del río se puede presentar un incremento de sedimentos si es que algún tributario se los proporciona. Es común que el gasto, y consecuentemente la capacidad de arrastre del canal principal, disminuyan, y la corriente no arrastre a los nuevos sedimentos donados por el tributario mencionado.

Control de sedimentos y métodos de remoción de sedimentos.

Esta parte es importante, solo voy a hablar brevemente de esta situación, pero en la referencia 32 se habla extensamente de la solución a problemas de sedimentación de embalses.

Las mejores medidas preventivas son:

- La reforestación
- Medidas estructurales (cuencas de detención, estabilización de márgenes, trampas de sedimentos)
- Manejo de suelo y cultivos (cultivos de conservación de suelos, hacer surcos paralelos a las líneas topográficas, hacer terrazas de cultivo)

Estas medidas han sido empleadas en muchos países, en ocasiones obteniendo importantes reducciones de la erosión y transporte de sedimentos.

Para remover sedimentos de embalses existen pocas técnicas:

- Hidráulicas o lavado con agua corriente
- Métodos mecánicos (dragado)

Los métodos hidráulicos sólo son eficientes cuando se tienen grandes compuertas de desahogo.

Los métodos mecánicos se utilizan sólo en emergencias, ya que son muy caros. Aunque en países de recursos naturales muy limitados, pero con mucho dinero, como es el caso de Holanda, son cotidianos.

Cabe mencionar, nuevamente, que la mejor solución a los problemas ambientales e ingenieriles no esta escrita, y que nuestra creatividad nos permitirá encontrar una mejor solución que cualquiera que se halla escrito. Quisiera mencionar la siguiente, para dar un ejemplo: la formación de bosques en los deltas que se

forman en las cabezas de los embalses, se pueden convertir en refugios de vida silvestre al mismo tiempo que filtran los sedimentos del agua que escurre al embalse, se obtiene un paisaje agradable, se regulan las avenidas, y se evita la erosión en esa zona del embalse. Así se logran muchos beneficios al mismo tiempo. En China se han empleado grandes bosques con este fin, y han obtenido resultados muy favorables.

Estimación de la cantidad y distribución de sedimentos acumulados en embalses. Para saber que tanto se sedimenta una presa, y sus efectos en el medio ambiente, es necesario conocer su comportamiento y distribución. Esta información será útil para diseñar el proyecto, incluyendo la operación de la presa, y también durante la operación de la misma, para monitorear el comportamiento real de los sedimentos y ajustar los programas de operación de la presa de tal suerte que se obtengan los resultados deseados (una vida productiva aceptable de la presa, por ejemplo).

Existen modelos matemáticos y empíricos que nos permiten tener una idea del comportamiento actual y futuro de los sedimentos en el río y en el embalse, sin embargo las mediciones físicas son las que nos permiten tener una idea más cercana a la realidad. Observaciones como las que se obtienen a partir de fotografías aéreas también son útiles.

Los datos necesarios para entender el comportamiento de sedimentos en un embalse, o de los cuales podemos inferirlos, son:

- La carga que llega al vaso. Se puede deducir a partir de la pérdida de sedimentos de la cuenca o de la medición directa de estaciones de medición lo largo de la corriente de agua.
- La eficiencia de trampas de sedimentos, que nos indica que tantos sedimentos quedarán atrapados en el embalse.
- El peso específico de los sedimentos, para conocer el volumen que van a ocupar en las presas. Las partículas finas presentan un gran problema para determinar este volumen, ya que intervienen muchas variables en el proceso de compactación de ellas.
- La distribución de los depósitos a lo largo del embalse, que depende en gran medida de las condiciones hidráulicas del proyecto. Muchas veces los materiales gruesos se depositan en el delta lejos de la cortina, y los finos cerca de la cortina. Si el embalse se forma en un cañón, los sedimentos estarán más cerca de la cortina, y si se forma sobre un lugar más abierto, los sedimentos estarán alejados de la cortina.

[T 32] Traducida de la referencia 32.

Tabla 1. Impactos ambientales y técnicos debidos a la sedimentación de un embalse.

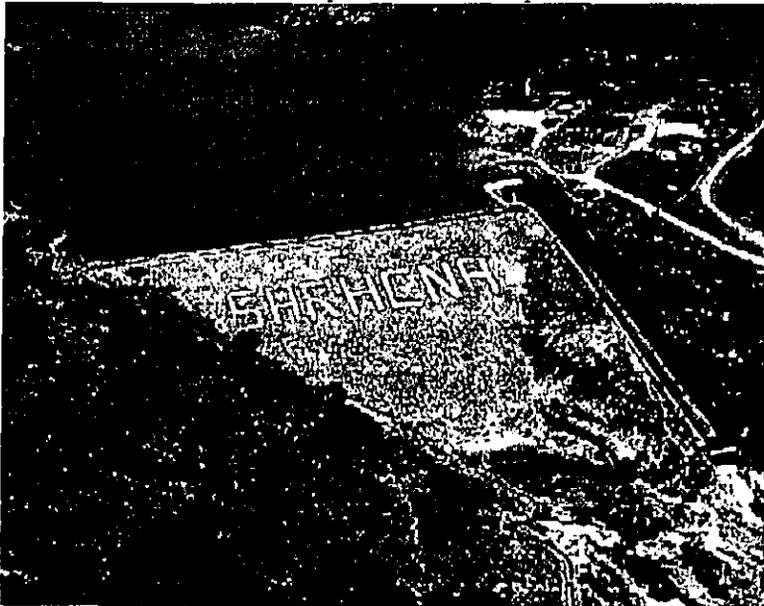
Lugar	Impacto	Descripción e ilustración
Embalse	1. Pérdida de la capacidad de almacenamiento.	(1) Destrucción de la capacidad efectiva de almacenamiento debido a la acumulación de sedimentos. (2) Depósitos tapan la boca de un tributario, haciendo parte de la capacidad del tributario inefectiva. Un delta avanzado en el embalse Guan-Ting en China forma una barra de 5 metros de altura en la boca del Río Gui-Shui. Desde entonces 4 m cúbicos de capacidad de almacenamiento se pierden por cada metro cúbico adicional de sedimentos en el embalse.
	2. Contaminación del medio ambiente.	(1) Sustancias químicas absorbidas en la superficie de partículas de sedimentos entran en el embalse con el sedimento. La calidad del agua se ve deteriorada a través del intercambio de iones.
	3. Peligro de la estructura de lavado de sedimentos por flujos fuertes -sluice o compuerta - y abrasión en las turbinas.	(1) Abrasión de la turbina debido al paso de partículas gruesas. (2) Abrasión de la puerta de acceso y túnel de conducción debido al flujo de gran velocidad con concentraciones importantes de sedimentos. (3) La compuerta -sluice - puede quedar atrapada bajo sedimentos y esto dificulta su apertura. También, en temblores, pueden fallar los sedimentos suaves que se encuentran cerca de la cortina y provocar el cierre de los túneles.
	4. Efectos ecológicos.	(1) La cantidad de oxígeno disuelto en el agua cambia, debido al incremento de sedimento suspendido, afectando por ello el crecimiento normal de peces. Los depósitos de sedimentos cubren las zonas de criadero y base de la fuente de comida de los peces, causando la reducción de la producción pesquera. (2) La sedimentación a lo largo del perímetro el lago y el crecimiento de algas acuáticas hace inaccesible la comida del fondo del lago a aves.
	5. Efectos adversos en turismo.	(1) El avance del delta imposibilita parte del lago para navegar debido a que hace el lago muy poco profundo.
Aguas arriba del embalse	1. Extensión de la sedimentación del embalse aguas arriba.	(1) Un delta se genera constate e indefinidamente hacia aguas arriba del embalse especialmente rápido si (a) el flujo acarrea una cantidad grande de sedimentos; (b) la cama original del canal esta compuesta de material fino; y si existe un cañón angosto dentro del embalse. La deposición retrogresiva aumentará el nivel del agua, hará más larga la zona de inundación y realizará el peligro de inundaciones aguas arriba del embalse. Áreas pantanosas y con sales crecerán debido al incremento del nivel freático de las zonas aledañas. (2) La cantidad de sedimentos que entran al lago se reducen.

Tabla I. Impactos ambientales y técnicos debidos a la sedimentación de un embalse.

Aguas abajo del embalse	1. Degradación del canal del río bajo la presa.	<p>(1) Se pueden bloquear ramales secundarios, la variación de la intensidad del gasto disminuye, y el régimen del río tiende a ser más estable.</p> <p>(2) Pueden sufrir socavación las pilas de puentes y cimentaciones de obras a lo largo del río. La disminución del nivel del agua afecta la diversión del agua para la irrigación e industria. En el embalse Kidatu en Tanzania y en el embalse Parker, en EUA, ha sido necesario construir presas bajas a lo largo del río para ayudar a mantener el nivel del agua apropiado para divertirlo.</p> <p>(3) Debido a que el nivel del agua a la salida de las obras de toma y vertedores es más bajo que el de diseño, los saltos hidráulicos se pueden presentar más allá del tanque de amortiguamiento diseñado para disipar su energía.</p>
	2. Alterar el balance entre la erosión de riberas altas y la construcción de tierras nuevas en valles.	<p>(1) El proceso de la erosión de riberas continua y el proceso de reconstrucción de estas se detiene por la eliminación tanto de inundaciones como de el aporte de sedimentos del río. El ancho entre riberas altas se hace más amplio y tierras valiosas se pierden. Esto puede traer problemas en la seguridad de diques.</p>
	3. Atenuación de los gasto pico.	<p>(1) Trae alivio a las zonas aguas abajo del peligro de inundaciones</p> <p>(2) Un incremento en aguas bajas y el alargar un flujo medio es benéfico para la navegación. La velocidad de naves aumenta un 23.3 % en el Río Han después de la construcción de una presa aguas arriba.</p> <p>(3) Parte de las planicies de inundación ya no sufrirán inundaciones y pueden ser utilizadas. Aguas abajo del embalse Danjiangkou (en China) 1152 km cuadrados de terreno son usados en un año normal, bastante más que los 370 perdidos debido a la inmersión de tierras bajo el embalse de la presa.</p> <p>(4) En caso de que nunca se haya liberado grandes avenidas de la presa, el lecho del río aguas abajo puede presentar sobrecrecimiento de hierbas puede no permitir al río asumir la avenida (máxima) de diseño.</p> <p>(5) Incremento del nivel del lecho del río aguas abajo de la confluencia de un tributario con mucha carga de sedimentos.</p>
	4. Efectos en la ecología y producción agrícola.	<p>(1) La reducción en la carga de sedimentos en suspensión significa una pérdida de nutrientes en el agua. Después de la construcción de la Presa Aswan se utilizan muchos fertilizantes en una escala muy amplia en los cultivos a lo largo del Río Nilo.</p> <p>(2) La detención del plancton en el embalse afecta en gran medida la pesca estuarina de la región. Se da una gran caída en la producción de sardinas en el estuario del Río Nilo después de la creación de la Presa Aswan.</p> <p>(3) La temperatura del agua varía menos aguas abajo del lago formado artificialmente, lo que es beneficioso para el crecimiento de plancton y bentos. Las ganancias de industrias pesqueras se incrementaron entre un 50 y 89 % en las aguas del Río Han aguas abajo del embalse Danjiangkou.</p>

III.6 Hidrología.

El cambio más importante relacionado con la construcción de una presa es la transformación de un régimen hidrológico e hidráulico: *en el embalse* el régimen de río (caracterizado por una velocidad significativa, el mezclado y turbulencia el agua, sedimentos suspendidos y arrastrados y una alta tasa de aereación) se transforma en un régimen lacustre (caracterizado por una baja velocidad, bajo mezclado y turbulencia, sedimentación, menor aereación, estratificación térmica, un tiempo de residencia mayor, la acción del viento y las olas y la erosión de las orillas del nuevo lago); *aguas abajo de la presa* se da un cambio en le régimen de flujo de la corriente. Este cambio ocasiona cambios morfológicos, físicos y químicos que a su vez alteran a los ecosistemas conectados al río, a las comunidades que viven en la región, y llegan a afectar el clima local. Todos estos efectos se han tratado en los subcapítulos de este capítulo III.



Presa La Pólvara.

Los impactos que incluye este rubro, de acuerdo con el ex presidente de la ICOLD son [7]:

1. Cambio en el flujo del agua .
2. Salinización y encharcamiento de agua salina.
3. Cambios en el prisma de la marea en estuarios como resultado del incremento de la sedimentación.
4. Cambios en la calidad del agua.

III.7 Calidad del agua. [36]

Como ya se mencionó en la introducción, la cantidad y calidad del agua son de vital importancia para la supervivencia del hombre y todas las especies en este planeta, al igual que para los modos de producción de las civilizaciones actuales. A continuación expondré los efectos de la construcción de un embalse en la calidad del agua y como se pueden remediar algunos de estos efectos dañinos al hombre y su entorno. La información fue obtenida en su mayor parte del Boletín 96 de la ICOLD, "DAMS AND ENVIRONMENT, Water quality and climate"[36]. En este capítulo se hará uso de la definición de tipos de clima establecida en el capítulo III.9 "Clima".

Un embalse induce efectos en la calidad del agua en cada etapa de su desarrollo como se muestra en la figura A [T 36].

Véase la FIGURA A al final de este subcapítulo.

La inundación del embalse acciona la disolución de minerales del suelo y descomposición de residuos orgánicos, con efectos en las propiedades físicas y químicas del agua. Además, el método de operación de las presas puede producir cambios en la estratificación térmica y en la distribución de oxígeno, los cuales a su vez tienen efectos en las propiedades químicas del agua y de los sedimentos.

En casos extremos, la presencia y operación de embalses acelera el envejecimiento de los cuerpos de agua y su eutroficación al extremo en el que afecta sus diferentes usos.

Los parámetros importantes de la calidad del agua son bien conocidos, al igual que los cambios potenciales en ella, tanto en el embalse como aguas abajo. Y las pruebas para observar y controlar la calidad del agua están ya bien establecidas. Se pueden tomar los siguientes criterios para predecir la calidad del agua de un embalse:

- la calidad inicial del agua;
- la capacidad del cuerpo de agua para amortiguar los impactos en ella;
- el área de terreno inundado;
- la cantidad de materia orgánica descomponible presente en el terreno inundado por m²;
- el volumen del embalse;
- el tiempo de residencia del agua en el embalse;
- y en algunas regiones (donde se forme) la duración de la capa de hielo.

Además de: los criterios de operación; los usos de la cuenca; el desarrollo de la agricultura; la deforestación; y la industrialización.

La manera en que los cambios físicos que sufre el río y la región debido a la construcción de embalse, y a su operación, afectan la calidad del agua. Esto se muestra en el Esquema 1 del subcapítulo III.9, "Clima".

Los efectos sobre la calidad del agua se tratarán en dos partes; primero las que ocurren en el embalse, y después las que ocurren aguas abajo.

Embalses.

Características Físicas.

a) Turbiedad.

Efectos.

El llenado de las presas puede llevar a que el agua cargue consigo muchas partículas en suspensión y esto afecte temporalmente la calidad y color del agua por turbiedad. En casos extremos, las partículas que causan la turbiedad, a través de la absorción de radiación solar, contribuyen al incremento de la temperatura del embalse.

Las nuevas condiciones de los embalses combinadas con el incremento de la productividad primaria, alteran la composición de especies de peces.

El incremento del tiempo de residencia de las aguas residuales (municipales, agrícolas e industriales) aumentan la turbiedad del agua.

Debe notarse que la operación del embalse tiene un efecto permanente en el transporte y precipitado de sedimentos, y que la calidad de las aguas se puede mejorar de acuerdo a la gestión que se le da al agua del río.

Mitigación.

Se logra reduciendo el influjo de sedimentos al embalse (estas medidas son las mismas que disminuyen la sedimentación del embalse) y fomentando la precipitación de sedimentos del agua en embalse.

b) Estratificación térmica.

Efectos.

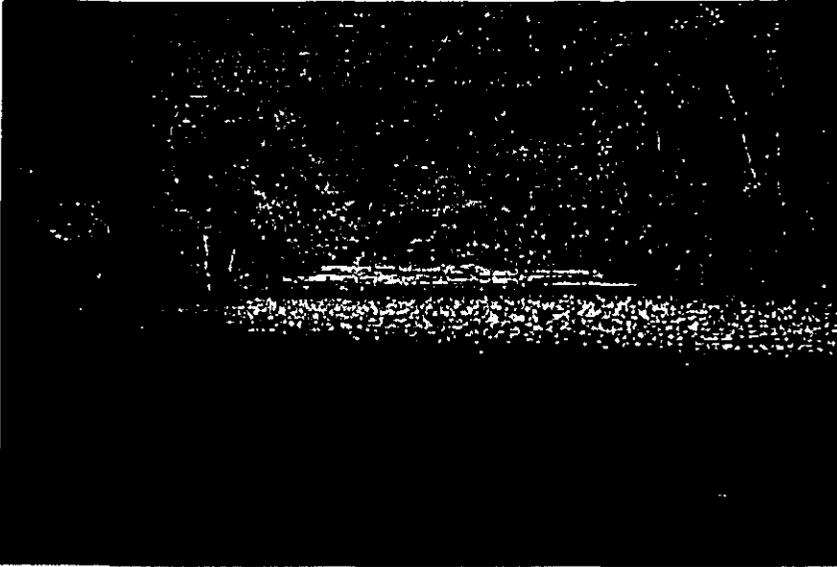
En general, embalses con periodos grandes de residencia del agua y profundidades mayores a los 10 m frecuentemente presentan estratificación térmica. La operación de la presa y su morfología tienen una importante influencia en la estratificación.

La estratificación térmica, generalmente temporal, resulta de un proceso físico dinámico, donde 2 o más fuerzas actúan:

- el calentamiento de la superficie del agua por radiación reduce el mezclado vertical;
- el mezclado vertical se induce en la superficie del agua por las fuerzas del aire y olas.

La estratificación se da en periodos de calma y calor. En casos de clima frío o de tormenta, la estratificación desaparece un poco. Un fenómeno raro es la estratificación que se presenta en algunas presas por descargas de agua de la presa a través de compuertas localizadas a la mitad de su altura (estratificación por causas hidráulicas).

La estratificación es causada por variaciones de densidad del agua originada por diferencias de temperatura, salinidad, sedimentos suspendidos, turbiedad y otros parámetros.



Embalse de Malpaso, en Chiapas. En climas cálidos la estratificación térmica es severa.

En climas cálidos la estratificación es más severa que en climas fríos, y a veces los estratos más bajos y fríos carecen de oxígeno disuelto, y este estado no les permite el desarrollo de vida aerobia. Cabe señalar que el agua alcanza su máxima densidad a los 4°C, y tanto a menor como a mayor temperatura disminuye, por lo que en climas fríos se dan dos situaciones. Primero, en invierno se forma un solo estrato de agua a 4°C en todo el cuerpo excepto en la parte más superficial, que es más fría hasta llegar a los 0 °C, a partir de los cuales el agua ya es hielo. Segundo, que la variación de densidades es mucho menor a bajas temperaturas que a altas temperaturas, y por esto la estratificación es mucho más clara en climas cálidos que en climas fríos.

La estratificación térmica causa que el agua liberada de la presa sea más caliente o más fría que la de la corriente original (dependiendo del estrato de donde se tome el agua), y esto puede beneficiar o perjudicar a los peces, dependiendo del grado de estratificación, el nivel de la obra de toma, y la naturaleza d los peces del río.

Mitigación.

Si se prevén problemas de estratificación térmica se puede:

1. Cambiar la configuración de la obra de toma, de tal suerte que no se genere una estratificación térmica por causas hidráulicas.
2. Desestratificar el agua dentro del embalse.

3. Obras de toma multiniveles (Se menciona un caso en el capítulo IV).
4. Mezclar el agua del embalse y aerearla por medio de fuentes de aire comprimido.

Propiedades químicas.

Los cambios en las propiedades originales del río en el nuevo ambiente se deben a:

- la naturaleza del terreno inundado;
- su estructura térmica;
- el tiempo de residencia del agua;
- el clima del lugar;
- y la morfología del lugar.

Estos factores y otros influyen en el flujo de sustancias químicas al embalse y como estos constituyentes son procesados en él.

El contenido de nutrientes, la mineralización del agua y productividad primaria del agua de un embalse varían con el periodo de residencia del agua en el embalse. Los embalses tienden a un equilibrio con respecto a estas características después de un largo tiempo de operación. Si el periodo de residencia es corto, se alcanza este equilibrio más rápidamente.

a) Oxígeno disuelto.

Efectos.

Un agua con un alto contenido de oxígeno es saludable para los peces. La carencia de oxígeno, en embalses con sedimentos de metales pesados, puede producir sustancias tóxicas resultado de reacciones químicas.

El oxígeno disuelto en el agua depende de:

- la demanda bioquímica de oxígeno;
- la capacidad de reaereación del embalse;
- la producción de oxígeno por la vida vegetal acuática;
- la cantidad de material transportado hacia el embalse por el río.

Casi todas las presas nuevas tienen una cantidad de oxígeno disuelto muy bajo (debido a la gran demanda de oxígeno de la materia orgánica sumergida), pero con el tiempo ésta mejora.

Mitigación.

Se debe estudiar muy bien la condición del futuro del embalse al respecto. Se deben identificar las causas que pueden provocar bajos niveles de oxígeno disuelto para que en caso de ser necesarias, se apliquen las medidas correctivas necesarias. Algunas de ellas son:

- reaereación en el ambiente;
- inyección de oxígeno en el embalse;
- despalme del área a inundar antes de la creación del embalse;
- etc.

b) Sustancias tóxicas.

Efectos.

La existencia de sustancias tóxicas depende de factores como los componentes químicos y orgánicos del terreno a inundar, de las entradas de estas sustancias al embalse, y del balance de adsorción y liberación de contaminantes asociados a sedimentos. Sustancias como plaguicidas y fertilizantes se pueden infiltrar al embalse incrementando la concentración de sustancias tóxicas. Y el bajo nivel de oxígeno disuelto juega un papel estelar en cuanto a la liberación de sustancias tóxicas: acelera su liberación.

La temperatura, el potencial óxido reducción, el pH y actividad bacteriológica afectan los procesos de adsorción y liberación de tóxicos del fondo del embalse y de sedimentos.

En muchas presas, en especial en las de clima templado y frío, existe una contaminación del agua con mercurio. Se ha observado que las concentraciones de mercurio tienden a desaparecer después de 20 o 30 años de la creación del vaso. Las razones son varias, y la principal es que el vaso antes de ser inundado, es cubierto por suelo orgánico y vegetación terrestre que contiene mercurio acumulado, y una vez que el agua los cubre el mercurio es liberado. El consumo de peces de un lago contaminado con mercurio es peligroso para el hombre, ya que el mercurio se acumula en los tejidos de los peces.

Mitigación.

Se pueden considerar dos estrategias distintas:

1. minimizar o eliminar la fuentes de sustancias tóxicas (por ejemplo, el desmonte del vaso antes de inundarlo) o;
2. realizar acciones que cambien las condiciones del embalse y estas a su vez el estado químico de las sustancias.

c) Nutrientes y mineralización.

Los parámetros para determinar la calidad del agua y predecir su estado futuro son muchos, y la cantidad de nutrientes en ella es uno de los más importantes y comunes, sobre todo en climas cálidos.

Efectos.

Las principales fuentes de nutrientes y minerales en el embalse son los que le aporta el río. Estos incluyen los residuos de actividades agrícolas, municipales e industriales.

La creación del embalse casi siempre significa un desarrollo poblacional, agrícola e industrial aguas arriba de la cortina, que tiene como consecuencia un incremento en su producción de residuos que finalmente llegan al embalse.



En un principio, la inundación del embalse se ve asociada a un incremento substancial de nutrientes y minerales debido a la existencia de materia orgánica y mineral en el terreno sumergido. Estos nutrientes y minerales tienen efectos positivos (mayor productividad primaria), pero en exceso tienen efectos muy negativos (proliferación de lirio acuático, problemas de olor y sabor, consumo del oxígeno), como señalaré más adelante.

Proliferación de lirio acuático en la Presa Trigomil, Jalisco.

La descomposición de la materia orgánica biodegradable por microorganismos contribuye al agua con nutrientes y minerales. La cantidad de biomasa potencial sumergida se puede conocer, y varía entre 300 y 900 t/ha en bosques tropicales húmedos, y no excede de las 400 t/ha en bosques de clima templado (la biomasa es la cantidad en masa de microorganismos que descomponen la materia orgánica y es un indicador de la cantidad de materia orgánica en descomposición). La biomasa es significativa en especial por la cantidad de fósforo que desprende, y el hecho de que es un elemento clave en el proceso de eutroficación. Entonces un parámetro para conocer el peligro que corre el embalse de eutroficarse es conociendo la concentración de fósforo en el agua indirectamente a través de la relación - superficie inundada/ el volumen anual del agua que pasa por el embalse - y conociendo la cantidad de biomasa potencial (y fósforo latente) que existe por unidad de área en el terreno inundado. Entre más grande es el valor de esta relación, se corre un riesgo más grande de eutroficación. Este riesgo también depende de las aportaciones del río, ya que los nutrientes que el río trae consigo se acumulan en el embalse.

El contenido de fósforo permite el crecimiento de fitoplancton y algas. En climas fríos, este crecimiento es pequeño, pero en zonas cálidas es abundante y es muy problemático cuando se da en exceso.

Para solucionar el problema de la existencia de biomasa en los terrenos inundados, el desmonte es una solución.



Árboles sumergidos (que no fueron removidos) en la Presa Peñitas, Chiapas.

La eutroficación es un proceso que se da en los cuerpos de agua cuando existe un exceso de nutrientes y minerales, lo que produce un crecimiento excesivo de plantas acuáticas y actividad bacteriológica aerobia. Este crecimiento excesivo consume todo el oxígeno disponible del agua y causa la muerte de peces y otras especies que dependen del oxígeno disponible del agua para sobrevivir.

El fenómeno de la eutroficación cada vez adquiere más relevancia debido a que el agua de presas se usa con mayor frecuencia para abastecer de agua potable a poblaciones, y un agua en eutroficación no es potable.

Los primeros síntomas de la eutroficación son la sobreproducción de macrofitos, algas y microorganismos suspendidos, que disminuyen la transparencia del agua. Después se presenta la formación masiva de material animal y vegetal putrefactible que se deposita junto con las algas muertas en el fondo del lago. Esto origina una demanda de oxígeno muy grande que puede producir condiciones anaerobias en las zonas profundas del lago con la subsecuente producción de ácido sulfúrico y iones de manganeso, amonio y hierro, y la formación de capas de gas.

La abundancia de metano, etano y ácidos (junto con la materia orgánica) pueden dar origen a compuestos de cloro (trialometanos que son cancerígenos) y al crecimiento de algas tóxicas durante el proceso de cloración en una planta potabilizadora, poniendo en peligro a la población y ganado de la región. Estos impactos afectan los usos municipales e industriales del agua (olores y sabores desagradables, tuberías y filtros atascados, un incremento de corrosión debido a los iones de hierro libres, etc.), los usos recreativos como la natación (irritaciones de la piel e infecciones), y navegación (difícil por el exceso de algas y plantas como el lirio acuático). La pesca comercial y recreativa también sufre las consecuencias, dado que la deterioración de la calidad del agua es tal que solo especies tolerantes de peces pueden sobrevivir y desarrollarse.

En presas hidroeléctricas, las algas muertas que son succionadas por la obra de toma causan daños a la turbina, y su remoción para evitar estos daños es costosa. En México se han empleado herbicidas para limpiar presas de lirio acuático, lo cual daña la calidad del agua y a los ecosistemas que dependen de ella.

Un cuerpo de agua en eutroficación es un medio favorable para la propagación de enfermedades de transmisión hídrica como la amibiásis, fiebre tifoidea y otras enfermedades gastrointestinales.

Mitigación.

El control del tiempo de residencia de las aguas por procedimientos de la operación de la presa, y la regulación y una buena posición de los niveles de salida de agua, son técnicas usadas para prevenir la eutroficación y crecimiento de algas.

El controlar a las fuentes de contaminantes es una solución excelente.

Aguas abajo de los embalses.

La calidad del agua en esta zona depende directamente de las propiedades físicas y químicas del embalse, el nivel de sus compuertas, los usos del agua, el régimen de flujo, la capacidad de recuperación del río y en algunos casos de los lavados de sedimentos del embalse.

En cualquier embalse, el uso que se le da al agua y las necesidades ecológicas aguas debajo de él, determinan la calidad del agua requerida. El diseño y manejo del embalse deben establecer las medidas a tomar para proveer esta calidad

Propiedades físicas.

Efectos.

La precipitación de partículas suspendidas en la presa puede contribuir a una disminución de la turbiedad del agua y realzar su transparencia en el río aguas abajo. Esto es beneficioso, por ejemplo, para fuentes de abastecimiento de agua para uso doméstico. Aunque esto también puede traer consecuencias negativas a algunos organismos a lo largo de la corriente.

Por otro lado, grandes erosiones de las márgenes de ríos debidos a la construcción del embalse pueden inducir al incremento de las concentraciones de sedimentos en suspensión en las aguas de la corriente.

El agua liberada por compuertas profundas, generalmente, es más caliente durante el invierno y más fría en el verano, que el agua de la corriente natural. Y esto crea complejos sistemas horizontales de corrientes.

El que el agua liberada de la presa sea más fría es ventajoso para las fuentes de agua doméstica e industrial, y hasta para el desove de peces al final de la estación caliente, aunque en ocasiones daña a la pesca. Si el agua liberada tiene altas temperaturas, esta tendrá poco oxígeno disuelto (la capacidad de carga de

oxígeno disuelto en el agua disminuye conforme aumenta su temperatura) y afectará a la vida acuática.

Los efectos biológicos asociados con las nuevas temperaturas del agua son difíciles de definir. Es posible que estos cambios afectan el equilibrio ecológico disminuyendo la variedad de especies y aumentando la cantidad de individuos (la disminución de especies en un ecosistema lo hace más vulnerable a los cambios).

Mitigación.

Esta consiste en mantener la temperatura del agua igual a la de la corriente del río original, y soluciones a este problema son similares a las que se pueden emplear para mitigar la estratificación térmica del embalse.

Propiedades químicas.

Efectos.

El extraer agua del estrato inferior, donde el oxígeno disuelto ha sido agotado en ciertas épocas del año, tiene impactos aguas abajo en el río a menos que exista una reoxigenación natural. Este impacto es especialmente serio en especies acuáticas sensibles como los salmones. En este caso, el agotamiento del oxígeno y el subsecuente incremento en concentraciones de elementos químicos reducidos, como iones de manganeso y sulfuros, pueden hacer el de ese estrato peligrosa para la vida del río. Este problema se vuelve particularmente serio si la reoxigenación del agua no se da rápidamente, ya que esto retrasa la precipitación de sustancias tóxicas.

Mitigación.

Esta consiste en: (1) mejorar las condiciones de la calidad del agua en el embalse como ya se expuso en las medidas de mitigación para las propiedades químicas del agua del embalse; (2) mejorar la calidad del agua mientras es liberada, por medio de las obras de toma y de vertido.

Estuarios.

Los efectos en la calidad del agua de un estuario debidos a las presas construidas en los ríos que desembocan en ellos pueden ser buenos o malos, y estos efectos son muy difíciles de prever, dados los muchos parámetros que están en juego además de los cambios en las descargas de agua del río.

Efectos benéficos pueden observarse en la creación del lago Ponte Liscione en Italia, donde el embalse actúa como una trampa de nutrientes y un digestor artificial, transformando al estuario en un oasis para la flora y la fauna. En este caso el problema de eutroficación debe ser tratado en el embalse, ya que no solo agua municipal tratada y no tratada llega al embalse, sino también agua residual de irrigación y del drenaje natural del terreno, fuente que es muy difícil de controlar.

Comentarios.

Todos los aspectos de suelo y agua deben ser contemplados desde un punto de vista de cuencas hidrológicas para que tengan una administración integral.

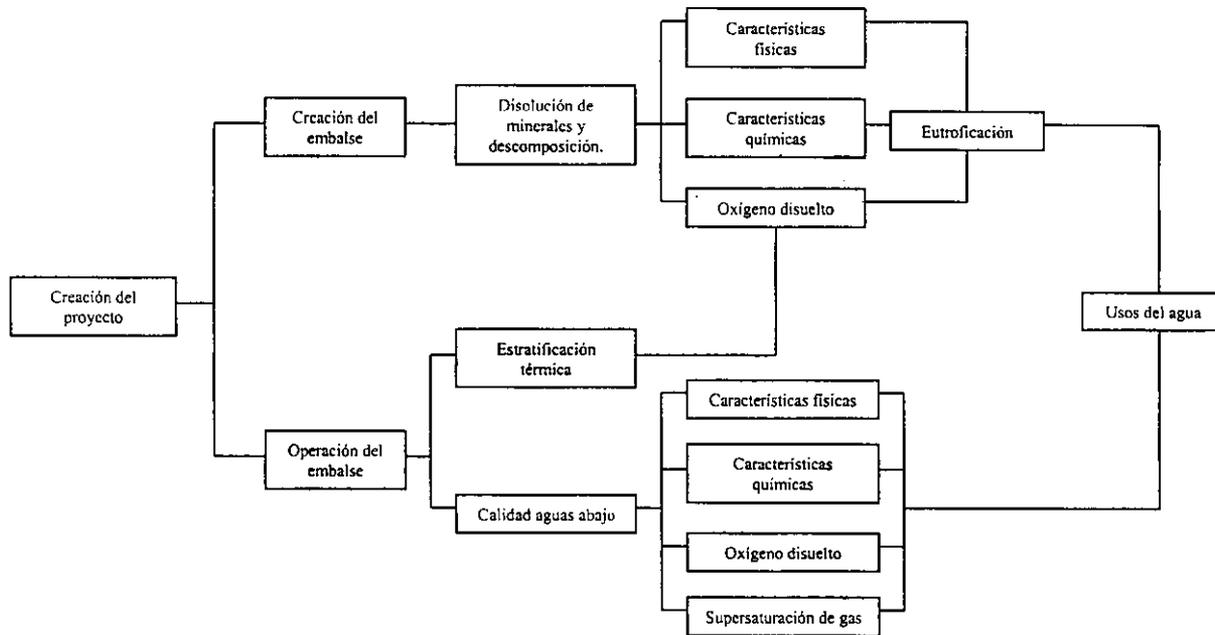


Figura A.
Efectos potenciales de una presa en la calidad del agua.

III.8 Barreras contra las mareas.

Cambios en el flujo de agua y sedimentos.

Las presas construidas en un río antes de que éste llegue a un estuario tienen efectos sobre los regímenes estuarinos naturales de flujo y reflujos de las mareas. Estos regímenes dependen de la marea y del flujo de agua a través del río. Las presas son una barrera que impide el libre flujo de las mareas y del agua del río, y modifican el régimen y corrientes naturales.

Como consecuencia de un cambio de régimen en el flujo del río, los prismas de agua dulce y agua salada en un estuario cambiarán, haciendo más dulces o saladas las condiciones del estuario en diferentes estaciones y condiciones de flujo o reflujos.

La construcción de estas presas también altera la sedimentación y erosión del lecho del río como resultado directo de cambio de corrientes, al mismo tiempo que del estuario y costa adyacente.

Veltrop ha clasificado los posibles efectos de las presas como barreras contra las mareas como sigue [7]:

1. Reducen el flujo y la socavación por la marea.
2. La formación de barreras afecta la navegación.
3. Los regímenes de agua dulce y salada pueden cambiar de una situación estratificada a una mezclada, o viceversa, lo cual puede afectar la vida acuática y el depósito de finos.
4. Los cambios en los tipos de olas naturales pueden afectar la flora y fauna en el rango de las mareas.
5. El drenaje aguas arriba y los escurrimientos de agua dulce pueden requerir de esquemas de bombeo. El tratamiento de aguas residuales puede ser necesario.
6. Se pueden requerir esclusas y/o compuertas para la navegación, la pesca y el paso de los deshielos.

En este capítulo hablaré sobre los efectos y soluciones para la estabilidad de taludes en el río y estuario, que se ven afectados por el cambio de régimen debido a la barrera al flujo natural del agua del río y la marea.

Debido a la construcción de una presa cerca de un estuario, las condiciones en la frontera mar tierra (es decir, la costa y las zonas susceptibles a los cambios de marea), cambian. Estos cambios dan como resultado cambios morfológicos dominados por el proceso del oleaje, y en muchos casos producen erosión.

Es en Holanda donde existen muchos casos al respecto, y estudios sobre ello. Las ideas aquí expuestas son resultado de dichas investigaciones [35].

En estuarios represados totalmente.

Las condiciones de la costa y la zona de cambios de marea son el resultado dinámico de muchos factores generales y locales. Estos son, por un lado, las fuerzas debidas a corrientes, olas, movimientos inducidos por la navegación y fluctuaciones del nivel del agua por mareas. Y por el otro lado factores como la exposición y composición de sedimentos, vegetación y actividades humanas.

En los lagos recién formados, debido a que se aíslan de la marea, las fluctuaciones de su nivel cambian drásticamente de algunos metros a cero.

Para predecir qué medidas son necesarias y cuándo, entender el proceso morfológico es esencial.

En los últimos 20 años se ha dado un desarrollo significativo en el acercamiento a los procesos costeros y la erosión de costas. Antes se usaban soluciones rígidas, mientras que hoy se buscan soluciones flexibles. Antes se deseaban soluciones que requirieran del mínimo mantenimiento; hoy se buscan soluciones que tomen en cuenta los aspectos ambientales y funcionales y el tiempo necesario para desarrollos naturales.

A) Estrategia general de gestión.

En su boletín 90 la ICOLD propone lo siguiente [35]:

Se hace un inventario y documentación del estado actual y futuro de las áreas en cuestión, que debe contener entre otras cosas:

- la política y planeación física del área;
- estudios de los procesos hidráulicos, morfológicos y ecológicos;
- la predicción de cambios futuros;
- la evaluación social de los cambios que resulten de la eventual necesidad de tomar medidas para la gestión del nuevo entorno;
- la selección de medidas y su aplicación;
- el monitoreo de los cambios y de la adaptación de las medidas.

En cuanto a los aspectos naturales:

a) las aguas bajas son muy apreciadas :

- por su rico fondo en flora y fauna;
- como un área de comida para muchas aves, en especial para las aves zancudas;
- como un hábitat de vegetación acuática que funciona como zona de desove de peces, en especial de agua dulce.

b) Líneas de costa flexibles son apreciadas:

- por la transición gradual de las comunidades acuáticas a las terrestres;
- como un área de comida y nido para aves;
- por los aspectos dinámicos de la costa siempre cambiante;
- porque se ve (y es) el paisaje más natural.

Soluciones puramente técnicas para proteger las costas no son siempre necesarias. Tomando en cuenta el conocimiento de los procesos y materiales naturales, eventualmente en combinación con materiales artificiales, es posible construir obras de protección ecológicas en las costas contra la erosión. Gracias al uso de elementos biológicos en las soluciones, se pueden lograr ahorros económicos. Los principios dinámicos de las costas deben emplearse en vez de pelearse con ellos.

B) Medidas aplicadas para la protección de costas.

- Estructuras de protección en el mar en forma de presas de grava o roca (a veces sumergidas). Estas casi siempre son construidas a profundidades menores o iguales a 1 m cuando una pendiente suave se presenta, creando una zona baja y de calma (de 30 a 100 m de ancho) con un alto valor ecológico o una zona adecuada para actividades recreativas. Para garantizar la accesibilidad y la calidad

del agua detrás de estas presas, debe de haber entradas o aberturas regularmente espaciadas (de aproximadamente 20 m de ancho).

- Medidas de protección marinas combinadas con el abastecimiento de arena. Cuando se cuenta con una gran cantidad de agua poco profunda, se puede crear una isla con arena a lo largo de la costa, y protegerla del lado del estuario con grava. Esto proporcionará una isla con agua tranquila y poco profunda de un gran valor ecológico que puede adornarse con actividades recreativas.
- La protección directa de la costa. Una de las desventajas de estas medidas de protección es que reducen abruptamente (debido a las rocas) la zona de transición del agua a la tierra y muchas veces eliminan la vegetación y aguas bajas por completo. Por esto se prefieren medidas de revestimientos flexibles.

Estuarios parcialmente represados.

A diferencia de los estuarios totalmente represados, estos los embalses presentan variaciones atenuadas en sus niveles de agua, y las modificaciones al régimen original son menores. Estos estuarios presentan problemas similares a los antes mencionados, al igual que la metodología y soluciones para evitarlos y mitigarlos.

Conclusiones de las recomendaciones holandesas:

Existen soluciones no estáticas que utilizan los mecanismos naturales de las costas para solucionar problemas como la erosión. En ocasiones son más económicos.

Sin embargo hace falta investigación al respecto.

El análisis de políticas mencionado permite o ayuda a hacer la decisión correcta de diseño en casos donde diferentes objetivos (a veces contradictorios) deben satisfacerse.

Pero no en todos los casos se presenta erosión de las playas, en algunos (bastantes) se acumulan sedimentos en el estuario. Por ejemplo, si el flujo original del río permitía un balance entre el arrastre de sedimentos a lo largo de la playa (transporte litoral) y la erosión de la boca del río debido a la corriente que fluía por él, de tal suerte que esta boca permaneciera abierta y no se formaran barras de arena que la cerraran, ahora el equilibrio se puede perder y la boca del río se puede cerrar con una barra de arena. O simplemente se puede formar un litoral de aguas bajas alrededor de la desembocadura del río que antes no existía. Los litorales de aguas bajas formados a partir de la creación de embalses artificiales han sido favorables ya que son valiosos desde el punto de vista ecológico, y permiten la recreación humana.

III.9 Clima

Los cambios climáticos debidos a un embalse son difíciles de medir y predecir. Estos cambios generalmente son locales, aunque en regiones desérticas su influencia puede ser mayor. Y es difícil diferenciar los efectos inducidos de los que ocurren naturalmente. Así, el estudio de estos cambios ha sido escaso. El esquema 1 [36] muestra los impactos en el clima y en la calidad del agua, producto de las modificaciones al ambiente físico debidas a la creación y operación de una presa.

Véase el ESQUEMA 1 al final de este subcapítulo.

Regiones climáticas.

Los efectos climáticos asociados a la creación de embalses pueden ser magnificados o minimizados dependiendo de la localización geográfica de la presa y del clima que ahí prevalece. En seguida muestro la clasificación de climas a la que se hará referencia en este subcapítulo.

1. Clima Frio. Incluye aquellas zonas polares y zonas montañosas altas, donde las temperaturas más altas fluctúan entre los 10 y 16 °C, y las mínimas debajo de los -16 °C.
2. Clima Templado. Incluye el tipo continental, verano caliente continental, oceánico, mediterráneo cálido y climas del tipo chino de temperaturas cálidas. Las temperaturas medias varían de menos de 0 o 10 °C y a más de 20 o 25 °C.
3. Clima Desértico. Incluye los sectores secos (con tendencias mediterráneas y continentales) y los sectores desérticos (con inviernos fríos y calientes). Las temperaturas fluctúan entre los 0 y 5 °C a más de 20 °C. En estas regiones sólo se cultiva con riego.
4. Clima Caliente. Incluye al tropical húmedo y semihúmedo, ecuatorial y ecuatorial tropical alto, donde las temperaturas exceden los 25 °C y las mínimas no bajan de 15 o 18 °C.

Como ya se dijo, los estudios del impacto de presas en los cambios climáticos han sido pocos. Las ideas presentadas a continuación son la conclusión de solo 15 estudios de embalses y sus efectos en el clima, y de los estudios (más numerosos) de lagos y su impacto en el clima local.

De manera general, un cuerpo de agua actúa en el clima:

- 1) A través de la reducción del reflejo regional de la luz del sol, incrementando entonces la energía absorbida en la superficie.
- 2) A través de la interacción del agua y la temperatura del aire.
- 3) A través del incremento del efecto del viento debido a una superficie más plana.
- 4) A través de los cambios en evapotranspiración.

Todos en relación con la superficie y volumen del cuerpo de agua.

El esquema 2 muestra un diagrama que permite comprender estos efectos mejor.

VÉASE EL ESQUEMA 2 al final de este subcapítulo.

Se pueden hacer las siguientes observaciones con respecto a los efectos de cuerpos de agua en el clima:

- los efectos climáticos son de una micro escala (alrededor de 0 a 50 km), a veces llegando a la meso escala (50 a 150 km);
- los impactos estacionales son más marcados que los anuales;
- una pequeña represa a grandes alturas y/o donde la humedad y precipitación son altas tiene efectos despreciables;
- los efectos de presas muy pequeñas en temperatura, viento y precipitación son insignificantes después de un radio de 20 km;
- los embalses medianos (con superficies entre 600 y 2 000 km²) tienen zonas e influencia máximas de 15 a 50 km en vientos a lo largo de sus fetches más grandes. El fetch es la distancia entre las orillas extremas opuestas de un cuerpo de agua;
- los embalses muy grandes (de más de 4 500 km²) pueden tener influencia episódica en zonas a 40 o 50 km en cuanto a viento y precipitación;

Y la única medida de mitigación conocida es el mantener un bosque alrededor del embalse.

Para analizar los efectos de las presas en el clima existen dos estrategias:

- 1) Estudios por observación directa (consiste en obtener medidas a una meso escala de las variables climáticas y el análisis de esos datos).
- 2) Estudios indirectos, que consisten en predecir los impactos de nuevos embalses o de aquellos que se desconocen a partir de los impactos conocidos en otros embalses. Esto es posible con el empleo de modelos matemáticos.

Las observaciones y obtención de datos se logran con métodos de monitoreo climático convencionales.

El empleo de modelos matemáticos en el caso de estudios indirectos es una herramienta prominente usada hoy en día. Estos modelos permiten integrar al análisis numerosas variables y diferentes escenarios, y obtener mayor certidumbre en las predicciones del clima

Efecto en la temperatura.

En términos generales, entre más grande es el cuerpo de agua, mayor es su capacidad o inercia térmica. El cuerpo de agua tiene el efecto de reducir las variaciones de temperatura local enfriando el aire en primavera y verano y calentándolo en otoño e invierno. Dicho calentamiento también es visible en las noches y el enfriamiento durante el día.

Los efectos que los cambios en la temperatura pueden tener en los ecosistemas son variados: en climas cálidos, una variación de 3 °C no tiene ningún efecto en los ecosistemas, en cambio en climas fríos, un cambio de 1 °C afecta a ecosistemas sensibles.

Estos cambios de temperatura pueden retrasar tanto la formación de capas de hielo como su desaparición al comienzo y fin del invierno en zonas frías, lo que altera los periodos de desove y fecundación, y crecimiento, de algunas especies de peces.

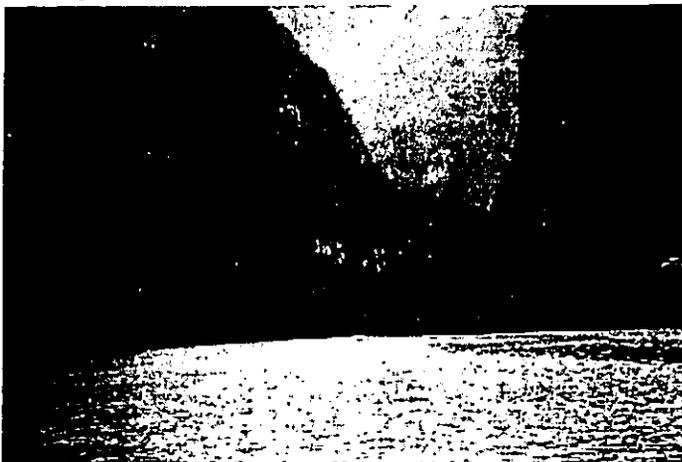
Los embalses pueden también afectar la estabilidad térmica. En el verano generan condiciones más estables y la convección disminuye, en el invierno

sucede exactamente lo contrario: generan condiciones más inestables y la convección aumenta.

Régimen del viento.

En términos generales, la creación de cuerpos de agua extensos crea grandes superficies planas que ofrecen poca resistencia al flujo del aire en movimiento, y esto provoca un incremento en la velocidad del viento.

Además de la poca resistencia del agua al viento, la estabilidad atmosférica se ve afectada por los cambios en la temperatura del aire (existe un contraste entre la temperatura del aire sobre el lago y la de los alrededores). Los largos fetches (establecidos por el embalse) crean un amplio corredor donde se pueden generar fuertes corrientes de aire. El resultado de estas condiciones son grandes velocidades (en casos de inestabilidad y largos fetches), y bajas velocidades de viento se presentan cuando lo opuesto prevalece.



La Presa Peñitas, en Chiapas, puede presentar fuertes corrientes de viento a lo largo del cañón, ya que en él se forma un corredor para el viento.

Régimen de hielo.

Aguas abajo de la presa se pueden presentar problemas en el régimen del hielo: se pueden producir congestionamientos de bloques de hielo, debido a los cambios de régimen del flujo de agua. Esto se puede solucionar manteniendo un flujo constante durante el invierno. También la liberación de agua más caliente que la de la corriente original del embalse provoca la formación de capas delgadas de hielo, en el río aguas abajo, que son peligrosas para el acceso y circulación en ellas.

Evaporación y humedad.

Es comúnmente aceptado que en un mismo régimen climático, la cantidad de agua evaporada anualmente de un cuerpo de agua es proporcional a su área e inversamente proporcional a su profundidad

Al parecer la variación estacional (de evaporación y humedad) es mayor para lagos menos profundos, mientras que para los más profundos es menor.

En climas templados y fríos, la inhibición del crecimiento convectivo de nubes y menor ocurrencia de lluvias causada por cuerpos grandes de agua se da principalmente en la primavera y en el verano, con el efecto contrario en el otoño y el temprano invierno. Este hecho se explica por la vasta cantidad de energía

absorbida por el cuerpo de agua en primavera y verano y la vasta cantidad liberada en otoño.

Un problema que debe considerarse con respecto de la influencia climática de nuevos embalses es la diferencia entre el régimen de evaporación de un cuerpo abierto de agua y uno de un suelo cubierto con vegetación (como liquen o coníferas). El problema se complica aún más por la interacción de la humedad del suelo, la humedad del ambiente, la presión atmosférica, la temperatura y el viento. Un ejemplo es el de los Embalses de la Bahía de James (EUA), donde una evaporación menor fue prevista para después de la construcción de un embalse. Esto debido a: la cubierta de hielo que se formaría durante un largo tiempo en la primavera, y que disminuiría la absorción de radiación solar; a la mayor evapotranspiración de la vegetación (que antes cubría el área del embalse) que la evaporación del agua del embalse; y a las temperaturas más cálidas y máxima turbulencia de flujos (de aire) en otoño.

Precipitación.

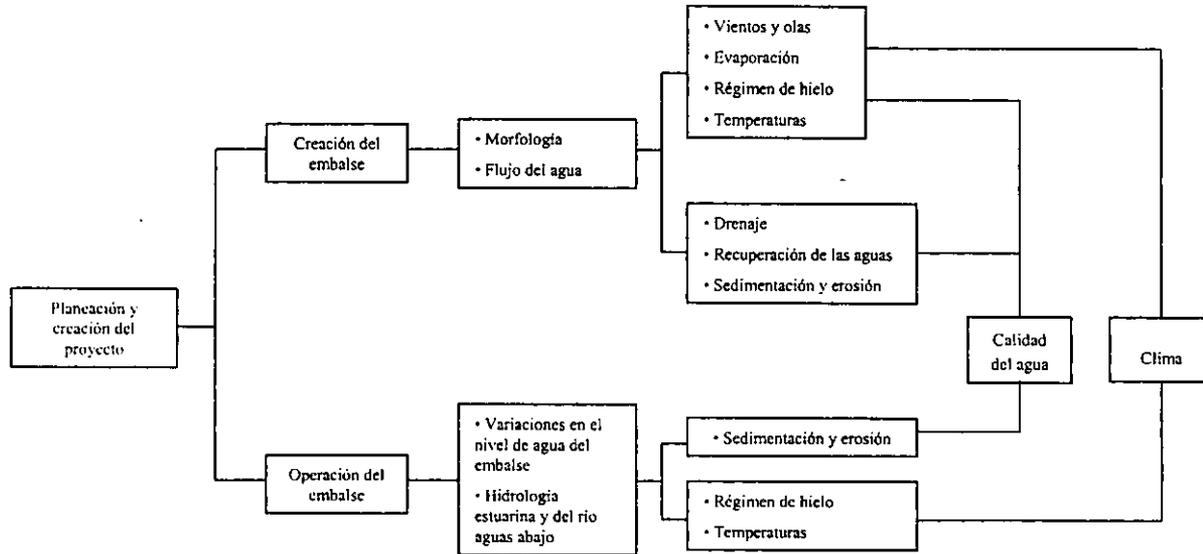
La influencia de los cuerpos de agua en la precipitación es reconocida, y es causa de mucha controversia. Sus efectos son variables. En algunos lugares mayores precipitaciones han aparecido junto con los embalses (como sucedió con la Presa Asuán en Egipto), en otros se ha modificado el régimen estacional de lluvias, cambiando las fechas en las que se presentan las precipitación pico. Y también existen lagos donde la precipitación es menor que en el resto de la región (por ejemplo, en el Lago Michigan, de los Grandes Lagos de EUA).

Neblina.

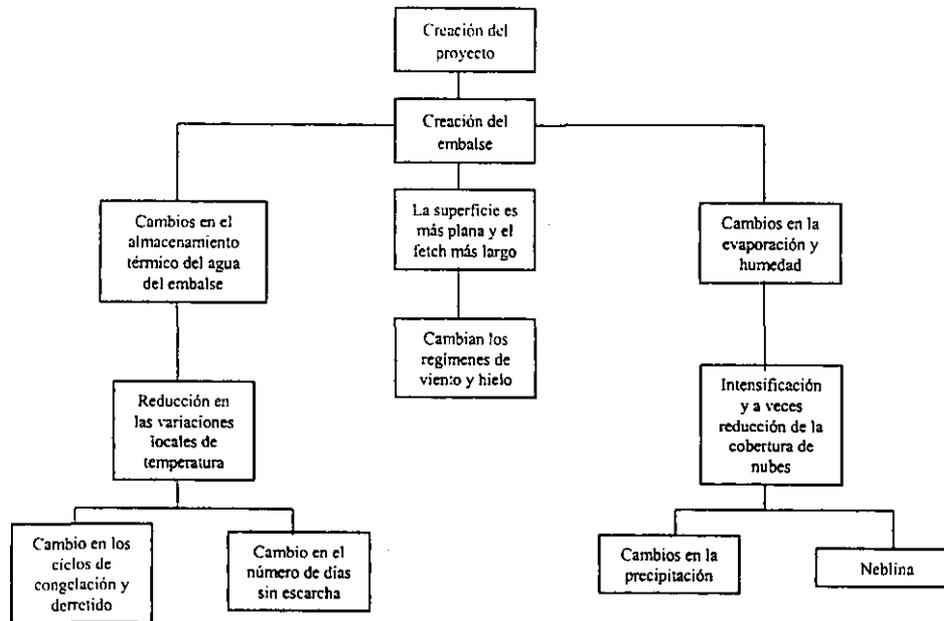
Generalmente más neblina se presenta después de que se forma un embalse. En climas cálidos, el área de un embalse largo y poco profundo puede incrementar la neblina en especial en los días más fríos.

Por el otro lado, en climas fríos y templados, la neblina se forma en las estaciones más frías, así como durante la noche y las primeras horas del día. Así, en la primavera después de que rompe el hielo, la neblina resulta del paso de aire húmedo y caliente a lo largo del lago frío, y después es arrastrada por el aire hacia fuera del embalse. Estos fenómenos son más frecuentes en embalses grandes (más de 1 000 km²).

El problema se vuelve más serio en otoño, cuando la niebla se forma por el paso de aire frío sobre agua caliente. La escarcha y el hielo se depositan en las superficies cercanas; con el viento, esta neblina hielosa se puede extender varios cientos de metros lejos del agua. Temperaturas invernales de -30 °C y vientos ligeros son condiciones ideales para la formación de esta neblina. Así, por ejemplo, en el lago Diefenbaker (Saskatchewan, Canadá), "paredes" de nube se han visto, con depósitos de cristales de hielo de 50 a 75 mm de espesor en las orillas del lago y todo el territorio dentro de 3 km. Este fenómeno inhibe la circulación de vehículos y causa serios daños a estructuras, instalaciones eléctricas y vegetación.



Esquema 1.
Efectos Potenciales de una Presa en el Medio Ambiente Físico.



Esquema 2.

Efectos Potenciales de una Presa Nórdica Templada en el Clima
 (donde los efectos son más tangibles que en las zonas cálidas).

III.10 Salud humana. [17 y 18]

La construcción de las estructuras, la creación del embalse y la reubicación de personas pueden ser fuente de problemas serios de salud que ponen en peligro la rentabilidad del proyecto. La propagación de enfermedades entre los residentes locales y los trabajadores de la obra tiene consecuencias en todos los niveles: reduce la capacidad de trabajo y productividad de quienes laboran en la obra, incrementa los costos de servicios médicos, disminuye la calidad de vida, etc.

Los efectos sobre la salud humana a causa de las presas se pueden dividir en tres categorías:

1. La creación de hábitats que favorecen a vectores de enfermedades parasitarias
2. El efecto de los movimientos de población y trastornos socio económicos.
3. La contaminación del embalse y sus efectos.

Parásitos y enfermedades.

Algunas de las más graves enfermedades que afectan al ser humano son de naturaleza parasitaria y son transmitidas al hombre por agentes como los mosquitos, zancudos y moluscos que se reproducen en ríos, lagos y pantanos. La creación de un embalse puede extender estas zonas de reproducción y aumentar de esta manera la densidad de los agentes transmisores en el ambiente, lo que conlleva riesgos más grandes de infestación de la población local. El paludismo (o malaria), la esquistosomiasis, la filiarisis, la encefalitis viral, son las enfermedades graves de mayor importancia. La incidencia de estas enfermedades, concentradas principalmente en zonas tropicales y subtropicales se pueden ver grandemente incrementadas con la creación de un gran embalse.

Mucho antes de llenar de agua un embalse, es importante tener un perfecto conocimiento de la frecuencia y de la incidencia estacional de estas enfermedades, en las poblaciones vecinas expuestas. Se debe proceder a la identificación precisa de los parásitos existentes y sus vectores o agentes de propagación. La calidad y eficacia de los servicios de salud pública existentes serán evaluadas y mejoradas, en caso necesario. La disponibilidad y la calidad de los productos y servicios biológicos, tales como vacunas y pruebas de enfermedades deben ser evaluados y garantizados. Se preparará y publicará un programa especial de prevención. Este programa se iniciará y pondrá en marcha años antes de llenar el vaso y continuará por lo menos cinco años después. Idealmente este programa tiene por objetivo eliminar la enfermedad de todos los humanos que habiten la zona, tratando a cada uno antes de llenar el vaso.

En ciertas regiones particulares del mundo, se debe prestar gran atención en la limpieza de la zona del embalse, con el fin de eliminar toda vegetación susceptible de favorecer el desarrollo de los zancudos. La pulverización de insecticidas apropiados en las orillas del vaso durante su llenado y varios meses después es recomendable, aunque esto puede traer consecuencias como la presencia de tóxicos en el agua. La fluctuación del nivel de las aguas del embalse tiene un efecto positivo sobre el control de insectos. Pero deberá impedirse la formación de estancamientos de agua a lo largo de las orillas, con un buen drenaje.

Cuando el molusco *Oncomeliana* es el agente transmisor previsto, se debe evitar la creación de lagos poco profundos y utilizar productos destructivos de

moluscos. Esta última medida la propone la ICOLD, que considero puede tener repercusiones negativas en el embalse si los productos son nocivos para otras especies, o si la misma desaparición de estos vectores tiene repercusiones en los ecosistemas existentes del lugar.

Efectos de movimientos de la población y trastornos socio económicos.

La construcción y presencia consecuente de la presa da como resultado el movimiento de mucha gente: primero la llegada de los obreros y sus familias al lugar; después la reubicación de quienes habitan la zona del vaso; y por último llegan al lugar quienes se ven atraídos por el nuevo embalse, como pescadores, turistas, etc. y ven en él algún potencial económico o recreativo.

El contacto entre grupos con distintos términos inmunológicos puede generar epidemias. Aún más, la construcción y urbanización del lugar puede llevar a la aparición de enfermedades transmitidas sexualmente y otras contagiosas como la tuberculosis.

La reinstalación implica dejar una casa y un hábitat y reunirse, mediante un proceso de desplazamiento masivo, en un lugar donde las estructuras sociales son perturbadas y los servicios desorganizados. Las tensiones, la fatiga y una alimentación irregular, convierten a la población reubicada, en susceptible de contraer enfermedades, especialmente en lo que se refiere a los niños y ancianos, quienes se encuentran predispuestos a contraer enfermedades comunes tales como: resfrios, neumonías, úlceras, ataques cardiacos, etc., que da como resultado una alta incidencia de enfermedades endémicas y un incremento de mortandad.

La falta de higiene puede convertirse en un serio problema y producir enfermedades relacionadas con ella, tales como diarreas, infecciones por parásitos, mordeduras de roedores, etc.

Estos problemas son acentuados por las condiciones de subdesarrollo.

Altos niveles de tensión psicológica y socio cultural debidas a la reubicación pueden ser fuente de enfermedades mentales.

Efectos de la contaminación en los embalses (contaminación del agua).

Muchas enfermedades son el resultado directo de la contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua y de la ausencia de control sobre los flujos de uso doméstico, agrícola e industrial. Se debe prestar atención especial a estos factores como parte del plan de reubicación de personas y su desarrollo.

La contaminación biológica es la más conocida y puede ser fácilmente controlada por el tratamiento de las aguas servidas en los puntos críticos tales como concentraciones en áreas residenciales, zonas de reinstalación de poblaciones y hospitales.

Orientación de los estudios y programas de la salud pública.

Los estudios de salud pública deben realizarse tan pronto como la planeación del proyecto comience y deben continuar durante y después de la construcción de la presa.

Durante las etapas preliminares y de borradores del diseño: Un estudio de las condiciones socioeconómicas de quienes serán reubicados, los ribereños y las poblaciones que recibirán a los desplazados permitirá conocer aproximadamente el estado de salud de estas poblaciones. Después se valora la calidad de los servicios de salud del lugar y su infraestructura de suministro de agua potable y drenaje

Medidas preventivas se pueden tomar en esta etapa exterminando vectores como las ratas, y se pueden llevar a cabo programas de vacunación. También realizar trabajos para limitar la creación de hábitats favorables al desarrollo de vectores.

Durante la construcción: Se debe estar al pendiente de cualquier indicio de enfermedades infecciosas y cuidar la higiene entre la población, además de controlar la calidad de las fuentes de agua potable y el drenaje y tratamiento de las aguas negras en el sitio de la construcción de la presa. Expertos en salud pública se encargarán de llevar un control y registro de las enfermedades endémicas y epidémicas que se pudieran presentar entre la población reubicada y receptora. Una atención más cuidadosa se le debe dar a los niños y a los ancianos, que son los grupos más vulnerables durante la reubicación. Una alimentación rica en proteínas en las personas afectadas les ayudará mejorar su sistema inmunológico.

Las personas reubicadas deben estar informadas de todos los peligros latentes en su nuevo ambiente, tales como: fresas venenosas, serpientes, moluscos y huevos de peces tóxicos, peces y moluscos que transmitan enfermedades, corrientes de río peligrosas, lagos contaminados, lugares y formas de almacenamiento de fertilizantes y pesticidas, etc.

Debe existir un programa que comprenda un control continuo de la concentración de sustancias nocivas para las diferentes especies de peces y en especial las de consumo humano. Si es necesario se tratarán de modificar los hábitos alimenticios de la población, en colaboración con las autoridades locales si fuera necesario. En caso de contaminación por mercurio, se evitarán los alimentos susceptibles de ser contaminados, tales como los peces carnívoros, y se buscarán y asegurarán otras alternativas. Se deberán tratar adecuadamente tanto las aguas del embalse como las aguas que fluyen aguas abajo para el uso doméstico, las mismas que deben ser de la calidad apropiada.

Después de la creación del embalse: Un programa de control hará posible saber el desarrollo de los efectos del proyecto en la salud de los hombres y hará posible la aplicación de las medidas correctivas adecuadas.

Costo.

Todas las medidas mencionadas tiene un costo que no deberá ser minimizado, y debe ser incluido en el costo total del proyecto. Las evaluaciones económicas deberán tener en cuenta igualmente las ventajas provenientes de los servicios y condiciones que serán mejoradas, en relación a la situación existente antes de proyecto.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

IV. Ejemplos

IV.1 Ejemplos en el mundo

CHINA:

Proyecto Tres Gargantas (Three Georges). [22]

En la República Popular China se esta construyendo desde 1997 una presa que sin duda es el proyecto más ambicioso de este pueblo desde que se decidió construir la muralla china. Se trata de una presa de más de 2 km de largo y 185 m de altura sobre el río Yang-tzé, o Chang Jiang como lo conocen en China. Esta presa provocará la inundación de tierras a lo largo del río por más de 592 km, donde 13 ciudades y 1400 poblados rurales serán cubiertos por agua.



Pescador en uno de los rápidos del Yang tzé.

El proyecto, que debe su nombre a los tres cañones que inundará (Qutang, Wu y Xiling), ha generado una gran controversia tanto en China como en el ámbito internacional, con respecto a si se debe construir o no. Las consecuencias de esta obra serán de una magnitud enorme.

Quienes argumentan a su favor, y con razón, dicen que los beneficios económicos serán cuantiosos, ya que se espera desarrollar un gran comercio marítimo en toda la región debido a que al elevar los niveles de las aguas, embarcaciones de gran calado podrán penetrar a lo largo de todo el embalse, y por medio de un sistema de esclusas, el embalse se podrá comunicar con el Océano Pacífico; la generación de energía eléctrica satisfará una parte muy importante de las necesidades energéticas del país y la región al tener una capacidad instalada de 18 200 MW; controlará avenidas que antes provocaban inundaciones a lo largo del río (inundaciones que a lo largo de los siglos habian costado numerosas pérdidas económicas y de vidas humanas: en el siglo XX causaron más de 300 000 muertes).

Quienes argumentan en su contra, y también con razón, dicen que los daños al entorno del proyecto serán demasiados. Argumentan lo siguiente:

1. La pérdida de tierras productivas es muy cuantiosa (1000 km² de tierra agrícola productiva).
2. La pérdida de miles de zonas arqueológicas únicas en el mundo muy antiguas, que comprenden periodos desde hace más de 2000 años al presente, y que son raíz de la cultura actual de la región.
3. La desaparición del hábitat de especies en peligro de extinción, como el delfín chino de río.
4. Dada la gran cantidad de sedimentos que el río transporta anualmente durante las grandes avenidas, es probable que embalse se azolve rápidamente, lo que dificultará, e incluso puede llegar a impedir, la generación de energía eléctrica y la navegación de barcos de gran calado.
5. Dado que al río se descargan anualmente casi un billón de litros de aguas negras sin tratar, y que las fábricas abandonadas que serán cubiertas por el embalse cuando la cortina esté lista descargarán sustancias tóxicas al agua, es posible que cualquier especie acuática muera en ese lugar. Y que el vaso se convierta en un drenaje a cielo abierto.
6. El gobierno estima que el costo total del proyecto será de 17 mil millones de dólares estadounidenses, sin embargo, opositores al proyecto estiman que el costo real será de 75 mil millones. Además, piensan que mucho del dinero destinado al proyecto ya ha sido usado por oficiales corruptos para otros fines, y que los rubros del proyecto que sufrirán primero la escasez de dinero serán los de reubicación de personas.

Además, el gobierno reacomodará a los casi dos millones de personas, cuyas casas se encuentran en el territorio que inundará el embalse, donde lo crea conveniente, sin darle mucha opción a las personas de decidir a donde quieren ser reubicados. Muchos vivirán en las nuevas ciudades que se están construyendo a las orillas del río a altitudes mayores que el nivel máximo del embalse, aunque otros deben mudarse a regiones apartadas de sus antiguas tierras. La mayoría de estas personas, gente de campo y granjeros, deberán adaptarse a vivir en ciudades y a trabajar en industrias y comercios. Su cultura ancestral corre el peligro de desaparecer ante estas nuevas circunstancias.

Un campesino transporta sus pertenencias a su nuevo hogar.



Es un hecho que la presa se va a construir bajo la administración del actual gobierno chino, cueste lo que cueste, y que si se obtienen los beneficios esperados del proyecto, mejorará la economía de la población de la región y del país. Sin embargo las pérdidas arqueológicas, de especies animales y vegetales, de la magnificencia de los tres cañones que durante siglos inspiraron a poetas y artistas, y de los medios de vida y costumbres de las personas desplazadas, serán muy costosas.

El balance que se debe hacer entre los beneficios y los daños le corresponde a la nación china. Los países desarrollados ahora se oponen, pero cuando ellos construyeron obras similares, nadie se los objeto y ahora gozan de sus beneficios económicos y sufren de sus consecuencias ambientales. Lo que sí se debe hacer es mostrar al gobierno chino las posibles consecuencias de sus obras, y los países conscientes del impacto ambiental de las presas deben ser ejemplo en la remediación de los daños que han causado al ambiente.



Cultivos de berenjena y pimienta en el delta del Yang-tzé en Shanghai. Como afectará la reducción de flujo de sedimentos al delta se debate.



Contaminantes que llegan al Yang-tzé de una planta de papel en Fuling.

Una posible solución a muchos de los impactos negativos del proyecto de las Tres Gargantas era el construir una serie de presas más pequeñas en los tributarios del Yang-tzé. Esta solución no fue aceptada por el gobierno chino.

China ha sido un país con un desarrollo de presas impresionante, y el impacto de estos proyectos ha sido variado, a continuación presento algunos puntos que describen brevemente la situación del impacto ambiental de presas en China, según información de la WCD.

- * Se han construido alrededor de 80 000 presas.
- * 22 000 son grandes presas de acuerdo con el criterio de la ICOLD.
- * 12 millones de personas han sido desplazadas a causa de la creación de estas presas.
- * La razón principal de la construcción de estas presas ha sido el control de inundaciones. La irrigación y la generación de energía eléctrica han sido otros de sus propósitos.

- * China ha duplicado sus tierras de riego con las presas, y estos proyectos han ayudado a aumentar la precipitación pluvial en sus regiones más áridas y semiáridas del norte y oeste del país.
- * China produce el 80 % de su energía eléctrica con carbón, lo que le ocasiona contaminación en el aire. Con sus presas planea incrementar al doble su producción de energía hidroeléctrica cubriendo con ella el 40 % de la demanda nacional de electricidad.
- * Muchos pozos se han llenado con agua y otros se han secado, debido a los cambios en los niveles freáticos que causa la presa alrededor del embalse y hacia aguas abajo.
- * Las inundaciones han sido controladas. Debido a ello mucha gente ahora habita planicies de inundación que las coloca ante un riesgo latente.
- * Se gasta mucha agua en China, pero ahora comienzan a administrarla mejor.
- * Existen leyes muy estrictas con respecto a las políticas de reubicación de personas necesarias para la realización de proyectos de grandes presas, dada la mala práctica del pasado. Hoy en día estas leyes quedan a la interpretación de las autoridades, que ante los ojos de los occidentales son corruptas.

Como se ve, los resultados de estas presas no se pueden calificar como malos, aunque existen aspectos que se pueden mejorar.

AUSTRALIA. [21]

Australia es un continente que fue colonizado por los europeos hace apenas un par de siglos, y en ese poco tiempo han acabado con muchos de los recursos que les ofrecía el continente por ignorar cómo funciona aquel extraño hábitat. Muchas personas tuvieron que dejar sus tierras debido a que ya no eran productivas. Bancos locales quebraron debido a que quienes les habían pedido prestamos para el desarrollo agrícola o ganadero en la región no lograron un desarrollo sustentable y nunca pudieron pagar sus deudas.

Dirranbandi, un pueblo en la provincia de Queensland, es un ejemplo de ello. Ahora comienza a ser productivo una vez que cuentan con agua de riego para cultivar algodón. Cuenta con una serie de embalses que los agricultores han construido y que provocan que la cuenca Murray-Darling, una de las más grandes del mundo, tenga un efluente muy pequeño, que en ocasiones se detiene por completo. Algunos de los problemas que esto causa constantemente son:

1. La intrusión salina.
2. El florecimiento de algas tóxicas en el río.
3. El que la corriente se quede sin agua.

EJEMPLO DE COMPATIBILIDAD DE LAS OBRAS HIDRÁULICAS Y SU ENTORNO. Llanuras de inundación de los ríos Paraná – Paraguay - Uruguay, en el norte de Argentina. [7]

Grandes pérdidas humanas y económicas debidas a fuertes inundaciones (la más reciente en 1992) fueron evaluadas contra la necesidad de inundaciones periódicas que sustentan sistemas ecológicos de pantanos y bosques, además de que permiten muchas actividades agrícolas. La solución propuesta es un ejemplo de localizar óptimamente la infraestructura necesaria, de tal manera que proteja

a las comunidades habitadas de los valles de inundación contra inundaciones, permitiendo al mismo tiempo inundaciones periódicas controladas.

En este caso se evaluaron los efectos acumulativos de 51 miniproyectos y las medidas de mitigación formuladas para minimizar los impactos globales negativos. La consulta pública fue un componente importante en la selección y proceso de refinamiento del proyecto.

GRANDES FLUJOS REGULADOS (LFE). El Río Colorado. [45]

El Río Colorado es uno de los más regulados en el mundo (hay grandes presas a lo largo de él), y abastece de agua a 7 estados de los EUA. En su estado natural, el Río Colorado era un río que variaba estacionalmente su flujo, de poco más de unas gotas en los meses secos y calientes del verano a enormes avenidas de agua en la primavera.

La Presa Glen Canyon fue construida en 1963 en el cauce principal del Colorado. El embalse que se forma, el Lago Powel, tiene una capacidad de más de 32 km³, más de 3000 km de costas, y es uno de los lagos más escénicos del mundo.

La hidroeléctrica de la presa operaba para proveer de energía durante periodos de demanda altas (demanda pico). Como resultado, el volumen de la liberación de aguas de la presa fluctuaba diaria y horariamente respondiendo a las demandas de energía.

Cambios fundamentales han ocurrido en las dinámicas naturales del río a partir de la construcción de la presa. Las tremendas avenidas fuera de control, violentas, que lavaban el Gran Cañón y el Cañón Glen en la primavera arrastrando sedimentos no se volvieron a presentar. Aguas abajo de la presa, las aguas se volvieron frías y cristalinas, y un nuevo ecosistema surgió cuando especies de vida silvestre y vegetación aparecieron en el Gran Cañón. El hábitat ribereño realzado dio como resultado un incremento significativo de la población del halcón peregrino y de la trucha de franja azul. El incremento de trucha permitió el desarrollo de la población del águila de cabeza blanca. Y estos cambios atrajeron pescadores y se estableció una industria de pesca. Además la región se convirtió en un atractivo turístico.

Sin embargo, también se dieron impactos ambientales negativos aguas abajo como resultado de la fluctuación del flujo de aguas liberadas de la presa. El principal, la erosión de barras de arena a lo largo del río que son esenciales para que se establezca la vegetación nativa, que incrementa la población de insectos y que a su vez es una fuerte base alimenticia para especies de peces y aves.

En 1989 se tomó la decisión de elaborar una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) para tomar medidas, con base en ella, que lograran mitigar los daños causados por la operación de la presa en el río. En 1991 se aplicó el criterio de la Alternativa de Baja Fluctuación del Flujo del río (ABFF). Esta es un programa de operación de la presa que considera gastos mínimos para el día y la noche, además de gastos máximos y fluctuaciones diarias y horarias máximas.

La alternativa preferida de las propuestas de la MIA (que se concluyó hasta 1995) es una modificación de la ABFF que incluye la construcción de playas y hábitats mediante flujos de mantenimiento que serían un elemento integral del programa de operación de la presa. El objeto de las grandes liberaciones de agua de poca duración propuestas es el reconstruir barras de arena más altas, el que se depositen nutrientes, el restaurar canales de remansos para especies en peligro de extinción, y el proveer de algunas de las dinámicas de un sistema natural. Esta medida para reconstruir barras de arena y restaurar hábitats se probó cuando se llevó a cabo el primer flujo de construcción de playas y hábitats, llamado flujo de Aspíke en la Presa del Cañón Glen en marzo de 1996.

Después del flujo constante de 230 m³ por segundo a lo largo de cuatro días, el flujo se incremento a 1275 m³ por segundo, del 26 de marzo al 2 de abril de 1999. Estos volúmenes de agua liberados se lograron operando la hidroeléctrica de la presa a su máxima capacidad y dejando fluir agua por los cuatro tubos alternativos con válvulas de chorro.

Los científicos que llevaron a cabo el experimento esperaban que los altos flujos depositaran sedimentos del lecho del río en las márgenes, arriba de los niveles de fluctuación del río con el flujo de unos 570 m³ por segundo (flujo que se mantenía desde 1991 cuando se implemento la primera ABFF).

Al concluir este experimento, los científicos continuaron recogiendo y analizando información por meses. En su conjunto el experimento fue un éxito en incrementar el número y volumen de las barras de arena a lo largo del río, creando algunos hábitats de remanso y ampliando algunos rápidos que habían sido obstruidos. No se observaban impactos negativos en peces, aves en peligro de extinción o el caracol ámbar kanab, y ningún lugar o artefacto de la cultura nativa americana fue dañado. La erosión de las barras de arena se sigue dando, por lo que es probable que medidas como el experimento descrito se repitan para restaurar las pérdidas de barras de arena por erosión.



Descarga de agua de la Presa "Glen Canyon"

LA EXTINCIÓN DEL SALMÓN. El Río Columbia. [15]

De todos los ríos de salmón en la Tierra, el Columbia sin presas era el más productivo. Entre 10 y 15 millones de salmones adultos nadaban aguas arriba

del océano a lo largo del río para desovar, esto en un año ordinario. Pero una presa, Grand Coulee, de 170 m de altura, cerró para siempre la cuenca aguas arriba de ella, que representaba alrededor del 40 % del lugar de desove ancestral del salmón.

Los salmones cuyos ancestros corrían hacia arriba de los tributarios (entre ellos el Río Snake) que ramifican del Columbia aguas abajo de la presa, pueden subir por escaleras para peces y así vencer pequeñas presas que se han construido en los tributarios; pero tarde o temprano se encuentran ante una presa demasiado grande para pasarla.

Las escaleras de peces funcionales más altas son de 30 m, y algunos tributarios son interrumpidos por presas de alturas de cientos de metros.

La tala de bosques, el pastoreo y diversiones del río para irrigación han destruido mucho del hábitat del desove del salmón, sin embargo las presas son la causa principal de la reducción de su población. Los salmones, además, al nadar en las aguas tranquilas y cálidas de los embalses que forman las presas, son presa fácil de sus depredadores naturales. Las turbinas de las presa, que pueden lastimar y matar al salmón en su viaje de regreso al mar, son un obstáculo más para el desarrollo del salmón silvestre.

De una camada de 1000 huevos silvestres fertilizados, un solo pez, en promedio, ahora sobrevive a la edad adulta en el mar. Casi 4 000 millones de dólares se han gastado en el Río Columbia en programas de restauración de la población del salmón en las últimas dos décadas, pero la mayoría de las pesquerías de salmón de la costa oeste de Norteamérica, al sur de Canadá, se dirigen hacia la extinción, de acuerdo con la opinión de biólogos prominentes.

MEDIDAS QUE MITIGAN LOS IMPACTOS DE UNA PRESA EN LA FLORA Y FAUNA.

Embalse Los Vaqueros. [43]

En los EUA, las presas han tenido efectos que deterioran el medio ambiente. Hoy, debido a esto y a las estrictas leyes que protegen al medio ambiente natural de este país, la construcción de presas grandes es una "especie en extinción". El proyecto y embalse Los Vaqueros fue el primero de su especie en California en la década de los 1990.

Entre los beneficios que este embalse ofrece está el abastecimiento de agua dulce a la industria y población del municipio de Contra Costa. El embalse ha aumentado la capacidad de almacenamiento de agua, lo que permite detener el bombeo de agua del Río Viejo durante 30 días para ofrecer mejores condiciones al salmón chinook en su migración del mar a las zonas de desove y gestación a lo largo del Río Viejo.

El proyecto realizó acciones que mitigaron los impactos del embalse en los ecosistemas, compensando muchos de los daños causados en la zona del embalse.

Antes de la construcción de la presa, se reubicaron águilas doradas y dentro de lo posible. Mallas especiales se usaron para guiar a la salamandra tigre californiana a túneles que se dirigen a pozas de reproducción al otro lado de la carretera. Para el zorro San Joaquín, se bardó la carretera evitando que así fuera atropellado. "Hoteles para ranas" de madera se construyeron para proteger a las ranas de patas rojas hasta que sauces crezcan alrededor de los nuevos pantanos. Otra de las especies afectadas es el águila de cabeza blanca, que aunque actualmente no habita la región, se puede ver atraída por el incremento en la cantidad de aguas tranquilas.

En las tomas de agua de las bombas que impulsan el agua hacia el embalse, se han clorado rejas que impiden el paso de peses y su consecuente muerte en las bombas.

Debido a la dificultad de reemplazar algunos de los suelos alcalinos únicos de los pantanos, se cercaron 16.2 hectáreas de pantanos existentes para mantener al ganado lejos, y se crearon 7.6 hectáreas adicionales de pantano (que es el doble del área requerida por la ley).

El embalse desplazó 976 robles de 70.4 hectáreas de hábitat del árbol, así que se establecieron nuevos bosques en áreas adyacentes con un plan para tenerlas completamente restauradas dentro de 75 años.

OBRA DE TOMA MULTINIVELES.

- East Reservoir - o Embalse del Este. [42]

Tres presas construidas en el municipio Riverside, de California, EUA, para el proyecto del Embalse del Este, retienen 987 millones de m³ de agua. Las presas, terminadas en diciembre de 1999, necesitaron 84 millones de m³ de material, una cantidad impresionante.

En este embalse se decidió colocar una obra de toma y salida de agua del embalse que permitiera tomar y descargar agua a diferentes profundidades del embalse. Esta obra es una torre de 79 m de altura con nueve portales separados ocho metros uno del otro. Así, los operadores del embalse pueden liberar agua en el embalse a la elevación en la cual el agua que llega y la del embalse son iguales. Esto previene desórdenes en la estratificación térmica del embalse. De la misma forma, el agua extraída del embalse se puede tomar del estrato que ofrezca la mejor calidad de agua.

Obra de toma multiniveles en el Embalse del Este o East Reservoir.



LA COMPLEJIDAD DE REMOVER UNA PRESA.

El Río Snake . [44]

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EUA evalúa la posibilidad de remover cuatro presas del Río Snake para mejorar las condiciones migratorias del salmón y así evitar su extinción en ese río. Dadas las grandes modificaciones en infraestructura necesarias, y el gran cambio hidráulico e hidrológico que se genera mientras el embalse desaparece y las condiciones originales del río se establecen, el remover a las presas puede ser tan complicado como el construirlas.

El Río Snake recorre más de 1 600 km del Lago Jackson en Wyoming, antes de unirse al Río Columbia en Washington. Entre 1956 y 1975 el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EUA construyó cuatro presas grandes en el Río Serpiente cerca de su unión con el Columbia. Estas fueron: Ice Harbor, Lower Monumental, Little Gose y Lower Granite. Estas presas tienen una capacidad para generar energía eléctrica de 3 000 MW, y proveen 225 km de navegación continental que permiten el embarcamiento de más de 3.6 millones de toneladas de carga anual, y permiten el riego de más de 16 200 hectáreas de huertos, viñedos y granjas.

Una gran cantidad de obras de riego y de extracción de agua, incluyendo pozos, se construyeron bajo las condiciones que proporcionan las presas. Si sus embalses desaparecen, estas infraestructuras perderán su utilidad, muchos pozos se secarán y serán necesarias muchas otras obras hidráulicas, complicadas y costosas, que reemplacen a las afectadas por la remoción de las presas.

Un problema muy serio de la remoción de estas presas es que se debe permitir el paso al salmón hacia aguas arriba, en su camino a zonas de reproducción, y hacia aguas abajo, en su regreso al mar, y el tiempo que se requiere para quitar a las presas es mucho mayor que del que se dispone entre migración y migración del salmón. La solución a este problema puede ser el atrapar a los peces y transportarlos en camiones hacia aguas arriba de la presa y ahí liberarlos. La obra cuyo objeto es poner a salvo la existencia de ciertas especies de salmón paradójicamente las pone en peligro.

El vaciado de los embalses será complejo. Esta operación no se puede realizar muy rápido, ya que puede causar inestabilidad en la cortina y paredes del vaso.

La erosión que pueden sufrir las cimentaciones de puentes, carreteras, vías de tren, tuberías, etc., es un problema que se puede presentar cuando baje el nivel de los embalses, pues estas estructuras quedarían muy expuestas a las acciones erosivas del agua y del viento

La cantidad de roca y recubrimiento necesaria para proteger de la erosión a todas las taludes que antes cubría el embalse, son cientos de miles de metros cúbicos. Este recubrimiento es necesario mientras se desarrolla la vegetación que protege a los suelos contra la erosión.

Cabe señalar que muchos centros turísticos y recreativos serán abandonados; solo 3 de los 33 centros recreativos del río permanecerían como hasta ahora si se retiran las presas.

Los mencionados son sólo algunos de los efectos e implicaciones de remover cuatro presas del Río Snake. El restablecer el flujo natural del río para salvar al salmón chinook y al del ojo morado producirá costos sociales y económicos muy elevados, pero también lo serán los beneficios económicos si las especies de salmón y sus poblaciones se recuperan al punto tal que ya no se consideren en peligro de extinción.

Las actividades que se deben realizar para remover las cuatro presas serán monumentales, al igual que la controversia política, social y económica que genera el decidir si se salva al salmón de la extinción o se dejan las cosas tal como están.

Quienes aún no construimos tantas presas, debemos considerar las consecuencias que han tenido las grandes presas de países desarrollados a la hora de hacer un análisis de las ventajas y desventajas de las presas, para decidir si el construir una presa vale la pena o no.

PENETRANDO EN EL VIAJE DEL SALMÓN.

Laboratorio del Departamento de Energía Pacífico Noroeste de los EUA. [41]

En este laboratorio se contribuye a mejorar las condiciones para la migración del salmón. Se desea mejorar el diseño de las turbinas de las hidroeléctricas a tal grado que los salmones puedan pasar por ellas y llegar sanos al océano, en su primer viaje de regreso al mar.

Han desarrollado un pez sensor para conocer lo que experimentan los salmones en los 8 segundos que dura su recorrido por una turbina.

Cubiertos de hule, los sensores miden aceleración (a partir de la cual la velocidad del pez y la intensidad del golpe de un aspa de la turbina en él puede inferirse) y presión (que determina el flujo del agua y puede dar la posición del pez).

Cada pez de hule cuesta 5 000 dólares, así que los recuperan aguas abajo. Un pequeño globo que tienen amarrado se infla y el pez "robot" flota en la superficie del agua.



"Pez robot"

Las modificaciones hechas a turbinas consisten en la reducción de los espacios entre aspas para reducir la turbulencia. Se sabe que los peces quedan desorientados al salir de las turbinas debido a la turbulencia a la que son sometidos, y que por ello son presa fácil de los depredadores al salir de las turbinas. Una medida que puede reducir la mortandad del salmón es el hacer más largos los tubos de aspiración del agua de las turbinas, para que los peces restablezcan su sentido de orientación y no sean presas fáciles.

4.2 Ejemplos en México

GRANDES BENEFICIOS PARA LA AGRICULTURA Y DESARROLLO ECONÓMICO DEL NOROESTE DEL PAÍS, SIN EMBARGO CONTAMINA Y ALTERA EN MEDIDA IMPORTANTE LA ZONA.

Huites. [2]

Esta es una presa que contribuye al desarrollo agrícola del noroeste del México. En esta zona se encuentra aproximadamente poco más de la cuarta parte de la superficie de terreno de riego en toda la república, y dada su alta productividad, genera una gran cantidad de granos básicos y oleaginosas. En general, la agricultura de riego de la zona representa cerca del 30% de la producción agrícola total de la Nación.

El desarrollo agrícola del noroeste del país se debe a la gran cantidad de presas y obras de riego, ya que sin estas obras la agricultura no sería posible. Junto con el desarrollo agrícola, un desarrollo social y económico se ha dado en la zona, y se han satisfecho muchas necesidades alimenticias en todo el país.

La presa Huites, además de almacenar agua y controlar avenidas que anteriormente causaban daños a poblaciones y cultivos, tiene capacidad para generar una gran cantidad de energía eléctrica, tiene una capacidad instalada de 400 MW. Su capacidad total de almacenamiento y control de avenidas es de 4 568 millones de metros cúbicos, y su infraestructura para el riego es de 70 000 hectáreas en los estados de Sinaloa y Sonora.



Construcción de la presa "Huites".

Otro beneficio de esta obra fue el empleo de obreros durante su construcción, calculado en 10 millones de días/hombre, aunque una vez terminada la obra, estos empleos terminaron.

Esta obra ha cambiado drásticamente los regímenes de escurrimiento de ese tramo del Río Fuerte, que anteriormente presentaba avenidas con gastos máximos instantáneos en el verano e invierno (7 000 a 15 000 metros cúbicos por segundo), y estiaje en la primavera (20 metros cúbicos por segundo). Ahora escurre por él un gasto controlado. El embalse inundó una gran extensión de terreno, con profundidades de hasta 140 m y una extensión de 9 457 hectáreas. El movimiento de las personas que habitaban la zona a nuevas poblaciones no fue sencillo, ya que hubo que indemnizar a los afectados, reubicarlos y proporcionarles los servicios de índole social, de salud, educación, culto religioso y actividades deportivas con que contaban en sus antiguas comunidades o les eran necesarias. Durante la planeación de la Presa, se llevaron a cabo actividades de divulgación y promoción para concertación y aceptación entre los pobladores afectados para que se aceptaran obras realizadas por el Gobierno Federal.

La planeación de la presa habría sido mejor si se le hubiese dado una mayor importancia a la preservación de la cultura de las comunidades afectadas y a la participación de los gobiernos locales, sus pobladores, y a las demás organizaciones y personas involucradas en el proyecto.

Cabe señalar que en ese entonces (1992) no habían sido divulgadas las recomendaciones de la ICOLD.

En el proyecto se planteó otorgarles las mismas o mejores condiciones de vivienda, comunicación y servicios a las personas afectadas, y se realizaron asambleas formales en las que los pobladores y las autoridades federales buscaban las mejores alternativas para su reubicación en otras zonas.

Los impactos en el medio ambiente natural contemplados por el proyecto como negativos son:

- los concernientes a la dispersión de sólidos
- erosión local
- sustancias tóxicas
- contaminación orgánica y salinización de suelos

Dentro de los positivos se vislumbran:

- periodos de lluvia mejores
- un mejor balance hídrico, la existencia de cuerpos de agua
- posibilidades de extracciones de aguas subterráneas y recarga de acuíferos
- mayores recursos naturales en la población
- y al mismo tiempo una mejoría en el nivel de vida de la población

Como medidas de mitigación previstas durante la planeación de la obra se consideraron las siguientes alternativas:

- Reforestar la zona para disminuir la erosión, retener la dispersión de agroquímicos y proporcionar corredores biológicos.

- Fomentar la acuacultura y silvicultura que proporcionen nuevas fuentes económicas para la población local.

LA IMPORTANCIA DE LAS PRESAS Y SU IMPACTO SOCIAL.

La Presa Temascal (Miguel Alemán). [6]

La Presa Miguel Alemán nació como parte de un proyecto cuya intención fue controlar las aguas del río Papaloapan y sus tributarios. En 1941 una inundación muy destructiva en la parte baja del Papaloapan hizo que los productores de caña de Veracruz hicieran una petición al Gobierno Federal para solucionar este problema.

Las inundaciones de esta magnitud se presentaban en la zona desde tiempos prehispánicos 3 o 4 veces cada cien años, pero en el transcurso del siglo XX estas se hicieron cada vez más frecuentes (probablemente debido a alteraciones humanas en su cuenca).

En ese año (1941) se propuso realizar un proyecto con obras a gran escala para controlar las inundaciones, así como un programa de reforestación, pero no se llevó a cabo debido al costo del proyecto.

Pero en 1944 hubo otra inundación que causó grandes daños, entre ellos casi borró a la ciudad de Tuxtepec y otras comunidades ribereñas. Era evidente que se debía solucionar el problema, y el presidente Ávila Camacho inició los planes preliminares para el control de inundaciones, del que surgió el Proyecto del Papaloapan, que incluía la construcción de la futura presa Temascal.

En 1947 el presidente Miguel Alemán declaró a la Comisión descentralizada del Papaloapan responsable de la realización y el control de todas las obras para el desarrollo integral y armónico de todos los recursos naturales de la Cuenca del Papaloapan: hombre, el agua, el suelo, la flora, la fauna, etc. Los objetivos inmediatos fueron: 1) Obras de drenaje en la cuenca, 2) control de las inundaciones, 3) desarrollo del sistema de transporte y comunicación, 5) generación de energía eléctrica, y 6) promoción de la industria.

Los habitantes de Oaxaca calificaban la nueva presa como perjudicial dado que inundó tierras oaxaqueñas en beneficio de los veracruzanos y poblanos, en tanto que ellos se beneficiaban poco de la electricidad, dado que esta se destinaba en su mayor parte a los estados de Veracruz y Puebla.

Los logros principales del proyecto del Papaloapan fueron la construcción de la Presa Miguel Alemán, la canalización del Río Papaloapan y la erección de bordos a sus orillas; la construcción de carreteras en las zonas más densamente pobladas de la parte baja de la Cuenca, y la edificación de escuelas y de sistemas de agua potable en muchas de las comunidades de la Cuenca.

Son muchos los beneficios aportados por el proyecto Papaloapán a toda la región y a mucha gente.

Es posible advertir que la reforestación y la construcción de una serie de vasos pequeños en vez de la inmensa presa Miguel Alemán habrían sido una solución más acogida por los estándares actuales. Es interesante también que en ese entonces se vislumbraba la necesidad del desarrollo armónico de nuestros recursos naturales.

Entre 1948 y 1949 se iniciaron los preparativos para la construcción de la presa. Se inició el traslado de los habitantes de Ixcatlán, una de las comunidades que se vería sumergida en las aguas del nuevo embalse, pero hubo muchos que no creyeron que sus tierras serían cubiertas por las aguas, y a pesar de las advertencias se negaron a abandonar sus tierras hasta que la subida efectiva de las aguas los forzó a hacerlo. Semejante situación seguramente causó severos daños sociales, económicos y culturales a estas personas. Una buena campaña informativa, y la participación de las comunidades afectadas en la planeación del proyecto, y un plan de desarrollo para las comunidades reubicadas, habrían disminuido drásticamente esta desconfianza. Y además habrían permitido el desarrollo social y económico de las comunidades afectadas.

La pérdida de tierras fue un impacto trascendental. El agua cubrió casi la mitad del área de lo que era el pueblo y una porción todavía más grande del municipio; área en donde se encontraban las mejores tierras agrícolas y de pastaje. Este cambio en el medio físico, también cambió las formas de transporte. Ixcatlán se incluyó en la red de carreteras pavimentadas. Cabe mencionar que el proyecto favoreció a la integración de los mazatecos a la vida nacional, a través de la salubridad y la educación. Se instaló una escuela, servicios médicos y un sistema de agua potable. La población en el pueblo disminuyó porque una gran parte fue reubicada, esto además originó un cambio en las proporciones relativas de la gente con diferentes características raciales y culturales. En la estructura ocupacional disminuyeron los habitantes que se dedicaban a la agricultura todo el tiempo y aumentó el porcentaje de comerciantes y obreros.

En 1955 las aguas del Río Tonto, en el norte de Oaxaca, fueron retenidas por la recién terminada presa Miguel Alemán; esto motivó el desplazamiento de 22 000 mazatecos. La mayor parte de ellos fueron reubicados, otros se instalaron a orillas de la presa, emigraron a las montañas o a las ciudades. La presa no fue construida para esta gente, pero la vida en sus comunidades cambió en forma drástica a partir de la construcción de la presa.

ASPECTOS NATURALES, SOCIALES Y ECONÓMICOS.

La Presa Cerro de Oro. [6]

Dado que las inundaciones del Río Papaloapan continuaban presentándose pese a la existencia del embalse de la Miguel Alemán, fue necesario el control del Río Santo Domingo con la presa Cerro de Oro, que formaría un vaso común con el Temazcal de la Presa Miguel Alemán. El proyecto Cerro de Oro es usos múltiples, los cuales incluyen:

- control de avenidas (el principal)
- generación de energía eléctrica
- desarrollo agrícola,
- retención de azolves,
- navegación en el Río Papaloapan y
- aprovechamiento piscícola y turístico.

La presa es de materiales graduados con núcleo de arcilla, con una altura en su sección máxima de 75 m y 1800 m de longitud. La superficie del vaso es de 19 000 hectáreas.

Antes del inicio de las obras el área de construcción de la cortina y del vaso presentaba profunda alteración como consecuencia de acciones humanas. Sin

embargo, en el área todavía se encontraban representantes de ecosistemas muy importantes desde los puntos de vista ecológico, económico y cultural.

Las actividades de instalación y operación de campamentos, explotación de bancos de material, trazo y uso de caminos, transporte continuo de materiales y maquinaria; la construcción de la cortina del vertedor, y la apertura del canal de desvío, generaron deforestación, erosión, desaparición de hábitats y nichos, contribuyendo de manera significativa a alterar la estabilidad del ecosistema. La distribución actual de la vegetación obedece a procesos ecológicos sucesionales.

El principal impacto directo identificado fue la inundación secuencial de aproximadamente 19 000 hectáreas del ecosistema que aunque deteriorado, tiene diversidad y abundancia excepcionales, considerándose todavía como uno de los más ricos del mundo.

Especial atención merecen las especies consideradas como vulnerables o en peligro de extinción. Tal es el caso del maíz silvestre y las palmas pancrónicas, camedor y dion. Esta última presumiblemente la planta viva más antigua del mundo, las cuales se reportan para la zona del embalse con una decadente abundancia.

Entre las especies animales se reportan: hocofaisán, loros, guacamayas, tapir, nutria y jaguar; aunque se encuentren en número suficiente para sobrevivir, sus poblaciones han sido de tal manera reducidas que se consideran depauperadas y en peligro de extinción. Como medida de mitigación del impacto en la fauna, se mantienen dos islotes de 225 y 540 hectáreas, así como una superficie de 335 hectáreas que funcionarán como granjas de reproducción inducida, mediante la creación de un banco de germoplasma.

En sitios deforestados durante la construcción, se ha procurado revertir el impacto negativo, primero mediante barreras de contención de sólidos y posteriormente con la resiembra de especies protectoras de suelo, como pastos y frutales de valor económico. Esta medida repetida en las partes altas evita la erosión, el acarreo de sólidos y, por consiguiente, el azolvamiento de los cuerpos de agua. Una segunda opción de uso de estos sitios, aprovechando los servicios instalados, es su adecuación para pequeños desarrollos turísticos pesqueros.

Los cambios hidrológicos derivados de la construcción de una presa afectan en ocasiones a los habitantes de la zona de influencia directa, y a los de aguas abajo de la cortina. Como medida de mitigación se tiene un escurrimiento mínimo de 60 m³/s, con lo que se asegura el mantenimiento de las condiciones ecológicas actuales en el Río Papaloapan y en la Laguna de Alvarado.

Dada la importancia de una buena calidad del agua para la actividad piscícola, se debe tener especial cuidado en mantener sustancias tóxicas fuera del vaso, como lo son grandes cantidades de biomasa o sustancias derivadas de la degradación de troncos de árboles. En la presa Miguel Alemán pasaron siete años de autodepuración de las aguas antes de que pudiera sostener la pesca, y es por eso que el problema de la calidad del agua se debe solucionar antes de llenar el vaso. Los troncos sumergidos pueden además causar problemas a la navegación. Para

mitigar estos efectos, se extrajo la vegetación superior antes de inundar el vaso, realizando el desmonte a matarrasa y la quema de los residuos, ajustándose a un programa secuencial a corto plazo, en el que se promovió la extracción selectiva partiendo de las cotas más bajas hacia las más altas. También se instaló un programa de monitoreo de la calidad del agua para conocer el proceso de eutroficación temporal, detectar su dinámica y prevenir la contaminación de las aguas.

Algunos de los beneficios socioeconómicos que se esperaba obtener del proyecto de Cerro de Oro son la mejora de las técnicas de producción y de uso de los recursos naturales. Esto se logró proporcionando, además de los recursos materiales, la asistencia técnica a las comunidades en cuanto a labores agropecuarias, forestales y acuícolas a desarrollarse en los hábitats de nueva creación, por parte del gobierno federal.

El turismo es una industria que se puede desarrollar en el lugar, ya que ofrece una diversidad muy buena de plantas y animales, además de que se puede transportar a las personas fácilmente de un lugar a otro a través del embalse.

IV.3 Presas de Jales (del náhuatl Xalli, que significa arena).

Las presas de jales son obras que se crean a partir de los desechos de industrias, generalmente de minas. Los jales son material fino producto de la trituración de roca necesaria en los procesos de obtención de minerales, procesos en los que además se agregan sustancias muchas veces tóxicas.

Las presas de jales se construyen con el fin de contener todos estos desechos, que muchas veces son líquidos debido a las características de los procesos industriales. Las presas van creciendo conforme transcurre el tiempo y la mina o industria genera más desechos.

Este tipo de presas representa un grave problema de contaminación debido a la gran cantidad de desechos que produce, y que en ocasiones son muy tóxicos para el medio ambiente e incluso para el hombre.

La posibilidad de que fallen estas presas es también un serio problema, el material no es muy estable, y muchas veces aguas abajo de su cauce existen asentamientos humanos.

Es importante hacer notar que día con día las normas que regulan la calidad ambiental y la seguridad de obras de esta magnitud serán cada vez más estrictas, y que es muchísimo más económico hacer bien una presa de este tipo desde el principio que repararla una vez iniciada o terminada.

Los siguientes son los posibles daños contemplados en "A GUIDE TO TAILINGS DAMS AND IMPOUNDMENTS Design, construction, use and rehabilitation" [1] que puede causar una presa, además del latente peligro de que esta falle y cobre vidas humanas:

- El embalse puede dañar o destruir hábitats locales y ecosistemas.
- Las descargas del embalse, planeadas o no planeadas, pueden contaminar aguas superficiales.
- Donde se genera y libera drenaje minero ácido, los efectos de contaminación del agua pueden durar mucho tiempo.
- Las filtraciones del efluente a través de la base de la estructura pueden contaminar aguas subterráneas con cianuro, o componentes radioactivos.
- Las filtraciones pueden provocar incrementos en los niveles freáticos, y dichos incrementos pueden provocar problemas de salinidad y tierras agrícolas o en ecosistemas locales.
- Los jales secos pueden ser arrastrados por el viento como polvo hacia poblados o ecosistemas próximos. Y el polvo, además de ser una molestia, puede contener sustancias tóxicas.
- El afluente de jales de minas de oro puede producir gases tóxicos que envenenan a aves que son atraídas por el agua en zonas desérticas.
- Estructuras auxiliares pobremente diseñadas y sin protección para la vida silvestre, como pozos de monitoreo o canales, pueden atrapar y ahogar a la vida silvestre.
- Cambios en el paisaje producto de grandes embalses de jales pueden ser inaceptables en áreas de interés escénico o científico.

Los daños ambientales que causarían estos desechos en caso de que no existiera la presa de jales serían mucho más severos aún.

V. Recomendaciones y Conclusiones.

V.1 Recomendaciones

Las siguientes son recomendaciones a seguir cuando se planea construir nuevas presas, que se obtienen de todo lo dicho.

Para obtener la aceptación pública de la construcción de nuevas presas y embalses se requiere que estas obras de ingeniería se adecuen a las ideas y valores contemporáneos de la sociedad. La factibilidad técnica y económica pasan a un segundo plano en comparación con las condiciones sociales, políticas y ambientales.

Dado el crecimiento demográfico, muchos lugares ideales técnicamente para el desarrollo de presas son habitados, y se cuenta con pocos lugares a donde desplazarlos. Es por esto que los proyectos en lugares sin asentamientos humanos o poco desarrollados y donde los impactos ambientales y sociales sean los menos, son los que tienen mayor probabilidad de llevarse a cabo.

Cuando se propone la creación de una presa grande, el primer paso debe ser integrar las preocupaciones ambientales y sociales en un contexto nacional, evaluando todas las alternativas de nuevas fuentes de agua, comida y energía que sean social y ambientalmente aceptadas con el fin de determinar la alternativa más conveniente para la nación.

Se debe crear un fondo especial a partir de las ganancias obtenida por el uso de las presas (como la generación de energía eléctrica) para la protección del medio ambiente, la mejora de los sistemas de administración del medio ambiente e intensificar la educación para la protección ambiental al mismo tiempo que se eleva la conciencia de todos al respecto.

En el análisis de alternativas se debe incluir aquella de que no se construya el proyecto, considerando todas sus implicaciones sociales, económicas, políticas y ambientales. De esta forma, los que impulsan la construcción del proyecto podrán evaluar los beneficios y daños de éste, al igual que la sociedad y los grupos que se puedan oponer a la construcción de la presa o embalse.

Debe hacerse rutinaria una manifestación de impacto ambiental, y mucho tiempo antes de que se conciba el diseño final y comience la construcción. La profundidad de esta investigación, los métodos a seguir y las conclusiones que se deben obtener se deben basar en la experiencia internacional adquirida en ese momento. Se debe poner mucho énfasis en cualquier impacto adverso en la biodiversidad y/o el hábitat de especies raras o en peligro de extinción.

El objetivo de construir nuevas presas en balance con sus entornos naturales y sociales es posible por el creciente entendimiento de la interacción de organismos y su medio natural así como con una mayor conciencia de la sociedad humana de los efectos de las acciones humanas en la biosfera. Por eso, para desarrollar un proyecto adecuado de nuevas fuentes de agua se requiere un equipo multidisciplinario de especialistas.

El decidir sobre la construcción de una presa no debe involucrar sólo ingenieros, gobiernos, propietarios, economistas y banqueros, sino también sociólogos, ambientalistas, ONG's (organizaciones no gubernamentales) y a la sociedad. Un balance del desarrollo económico y la protección ambiental debe de realizarse con la participación de toda la gente afectada porque el impacto del desarrollo de proyectos de fuentes de agua en los lugareños puede ser muy considerable durante su construcción y operación. Los propietarios deben estar involucrados en el proyecto desde su primera conceptualización.

En cuanto a los ingenieros, debemos tomar cuatro aspectos muy en cuenta durante el diseño de una presa:

1. La optimización del proyecto y de la presa durante la planeación como parte integral del desarrollo de toda la cuenca.
2. Optimizar el tamaño del embalse para regular el flujo del río, almacenar inundaciones y su operación durante sequías.
3. Maximizar la vida útil de la presa mediante medidas en el diseño y operación de la presa.
4. Controlar la contaminación del agua y su calidad en los embalses, así como los efectos de las aguas desalojadas hacia aguas abajo del embalse y las aguas subterráneas locales.

Los ingenieros debemos presentar en nuestras propuestas posibles alternativas para lograr un proyecto más conveniente, así como detallar y dejar ver claramente nuestras ideas para el proyecto.

Lineamientos de la ICOLD (1997) para la construcción de nuevas presas [7].

Esta guía hace énfasis en la necesidad de evitar daños irreparables al medio ambiente, mitigar los impactos adversos, involucrar a las partes afectadas en la planeación y en el proceso de toma de decisiones, así como dirigir la evaluación del impacto ambiental en el momento en que se prepara el diseño del proyecto. Todos estos factores deben ser identificados por el responsable de cada proyecto.

El resumen de los 10 lineamientos de la ICOLD es el que a continuación se presenta:

1. Considerar que el ambiente natural y social debe ser una parte integral en las etapas de planeación, diseño, construcción y operación. En el caso de presas, deben considerarse soluciones no estructurales alternativas para el suministro de agua.
2. Se requiere un equipo multidisciplinario de ingenieros y especialistas en el medio ambiente para tener acceso a toda la experiencia relevante para el desarrollo del proyecto de abastecimiento de agua.
3. Los grandes proyectos exigen una planeación integral de toda la cuenca del río, debiendo incluir estudios multidisciplinarios y completos.
4. Las manifestaciones de impacto ambiental deben ser ya una práctica común. Los proyectos deben cumplir con las tecnologías que contengan el estado del arte y con los estándares relacionados al cuidado del medio ambiente. Los

impactos adversos se deben evitar a través de soluciones alternativas, modificaciones al proyecto o medidas de mitigación.

5. Los análisis económicos del proyecto deben ser realistas y deben tomar en cuenta todos los impactos en los medios natural y social. Se deben considerar además los beneficios secundarios del proyecto que no generan ganancias para financiar la obra. La vida útil de la presa se debe basar en suposiciones reales acerca de la velocidad de sedimentación del embalse.
6. La reubicación de las personas debe ser manejada con un cuidado especial, inteligentemente y con un buen sentido político basado en una amplia investigación social. Los costos asociados a la reubicación de gente deben ser incluidos en los análisis económicos, pero siempre deben administrarse por separado de los recursos para la construcción. Deben lograrse además mejoras en los estándares de vida de las personas afectadas.
7. Debe alcanzarse un consenso social, y la participación de las organizaciones civiles relevantes. Información completa y objetiva del proyecto debe proporcionarse al gobierno, los medios de comunicación, comités locales, a las ONG's, a las comunidades afectadas y a sus representantes.
8. Una auditoría de todo el proyecto se debe llevar a cabo después de la construcción para determinar hasta que punto los objetivos ambientales y medidas de mitigación se lograron. Los resultados se deben publicar como una contribución a nuestro conocimiento en estos aspectos y poderlo aplicar en proyectos futuros.
9. Tan pronto como un proyecto comienza a operar, su impacto en el medio ambiente debe evaluarse en periodos regulares observando parámetros críticos. El objetivo es obtener un mejor entendimiento de la interacción entre este tipo de proyectos y su entorno.
10. Existe la necesidad de una mayor investigación ecológica en presas y embalses existentes. La experiencia a largo plazo de su funcionamiento debe ser recabada, procesada, evaluada y publicada. Semejante investigación proveería las bases para una colaboración intensa con científicos ambientalistas.

V.2 Conclusiones.

Finalmente, he obtenido las siguientes conclusiones:

Extensión de los impactos de presas y frutos de la experiencia ingenieril en presas.

A lo largo de este trabajo fui descubriendo efectos que han tenido algunas presas sobre su entorno.

La mayoría de estos efectos los conocemos sólo gracias a la experiencia muchos ingenieros en proyectos de presas alrededor del mundo. Estos efectos se extienden a todos los ámbitos naturales y del hombre en la región, la mayoría se deben a los cambios físicos que representan las obras civiles del proyecto.

La experiencia acumulada gracias a los congresos internacionales de la ICOLD, y otras asociaciones de ingenieros como la ASCE, nos permiten hoy entender mejor los problemas que generan las presas en su entorno. Y una vez comprendidos estos problemas podemos solucionarlos.

Entender los impactos de las presas en su entorno es útil para comprender el estado futuro de la cuenca afectada y así, planear e implementar obras y actividades acordes con el nuevo estado de la cuenca, de tal manera que se aprovechen las oportunidades que se presentan bajo las condiciones que se generan con la presa.

Es muy importante señalar que si se tiene una visión clara de los efectos de un proyecto de presa antes de iniciar su diseño, y se evalúan sus impactos ambientales y su factibilidad técnica y financiera, además de las posibles alternativas de proyecto, se obtendrá un proyecto que rinda más beneficios, y menos problemas. La planeación es esencial para obtener un muy buen proyecto. El plan del proyecto debe abarcar hasta la etapa de remoción de la presa.

El estudio del impacto ambiental de presas es muy extenso y solo un equipo interdisciplinario lo puede abordar con éxito. Además este tema se encuentra en constante evolución. Cada caso es diferente y muy particular. Por ello seguramente esta tesis, que es una referencia de partida, omite algunos detalles.

La mayoría de las nuevas presas se construirán en países en vías de desarrollo

Las razones son las siguientes:

1. resulta muy caro y difícil el cumplir con las normas ambientales de los países industrializados
2. en los países industrializados se han agotado prácticamente todos los sitios económica y técnicamente factibles para construir las
3. los países en vías de desarrollo las necesitan para satisfacer sus crecientes necesidades de agua, energía, irrigación y control de avenidas.
4. en países en vías de desarrollo las normas ambientales son menos estrictas, o los mecanismos para implementarlas poco eficaces.

Dado que nuestro país se encuentra en vías de desarrollo, es probable que tengamos la oportunidad de enfrentarnos al reto de construir nuevas presas. Si así es, deseo que logremos cumplir con ese reto integrando armoniosamente estas obras al medio ambiente.

Otras alternativas.

Algunas alternativas a los proyectos de presas son las siguientes; cabe destacar que sólo se pueden aplicar en algunos casos:

a) Fuentes de agua: Se pueden crear pequeños vasos que recarguen los acuíferos, almacenar agua en los acuíferos y aprovechar las corrientes subterráneas.

La disponibilidad de este recurso será mayor en la medida en que; evitemos la contaminación de las fuentes de agua; mejoremos nuestras redes de conducción y distribución de agua; no desperdiciemos el agua; y tratemos y reusemos nuestras aguas residuales.

En la agricultura se pueden hacer grandes ahorros de agua con nuevas técnicas de riego, y el uso de las que mejor administren el uso del agua para cada cultivo. Es esta la actividad humana que mayores cantidades de agua dulce requiere.

b) Control de inundaciones: La razón por la que se quieren evitar las inundaciones es el evitar los daños que provocan, y no en sí a las inundaciones. Soluciones alternas a las presas son la revegetación de las cuencas, evitar asentamientos humanos en los lechos de ríos, proteger a los centros urbanos y agrícolas con bordos y utilizar lagunas de inundación. Cabe destacar que las presas han probado ser una solución muy efectiva.

c) Producción de electricidad: Existen fuentes alternas a las grandes hidroeléctricas como lo son las turbinas de gas de ciclo combinado, fuentes de energía renovable como la solar, biomasa, eólica, de marea, etc., y también las pequeñas hidroeléctricas. Hoy las turbinas de gas generan la mayor cantidad de electricidad, y contaminan mucho. Desafortunadamente las fuentes de la llamada energía "limpia" no producen electricidad en grandes cantidades. La energía hidroeléctrica, en algunos casos y bien administrada, es una opción de generación de energía a gran escala sustentable.

Información.

Los informes de la WCD y la información publicada por la ICOLD.

El informe de la WCD es demasiado general y su estructura es de poca ayuda a los ingenieros. Su estructura parece estar diseñada para dar ideas generales y no puntos a seguir para lograr proyectos de presas. Tampoco propone diferentes alternativas. Sin embargo presenta muchos ejemplos (*a grandes rasgos*) de diferentes casos de presas en el mundo y *de medidas aplicadas con el fin de mitigar o evitar daños al ambiente*. Estos ejemplos son muy valiosos para los ingenieros que estén involucrados en algún proyecto de grandes presas.

La información de los congresos de la ICOLD es muy útil para los ingenieros involucrados en proyectos de grandes presas. En ella se encuentran múltiples ejemplos *detallados* de casos de presas en todo el mundo. En los boletines de la ICOLD se establecen guías claras para obtener diseños de presas que satisfagan

las necesidades humanas de agua, energía, pesca, etc., y que al mismo tiempo cumplan con los valores actuales de sustentabilidad del desarrollo de la civilización humana actual.

Sedimentación.

La sedimentación de embalses es un grave problema en muchas presas y que puede hacer que pierdan su capacidad de almacenamiento en pocos años. Este problema muchas veces se acentúa por el desarrollo de actividades humanas alrededor del proyecto que incrementan la erosión de las tierras.

Costo local de las grandes presas.

Me ha quedado claro que muchas de las presas del mundo resultan muy costosas para las comunidades que habitan la región donde se construye el embalse, y que en la mayoría de los países en vías de desarrollo, los beneficiarios del proyecto no compensan estos costos. Se que estas comunidades, en vez de verse perjudicadas, pueden verse beneficiadas, si los responsables del proyecto elaboran y llevan a cabo un buen programa socio-económico y cultural.

Todos los procesos en la naturaleza son cíclicos e interactivos, incluyendo aquellos donde interviene el hombre.

En la tesis aprendí de muchos de los impactos de nuestras obras en el medio ambiente. La descripción que hago en el subcapítulo III.2, "Medio Ambiente Natural (Flora y Fauna)"; de la interacción entre las tres clases de impactos en el ecosistemas, me permitió apreciar de manera más clara la cadena de efectos que producen nuestras acciones en nuestro entorno natural. Si los efectos de nuestras acciones no son lineales, sino cíclicos, los efectos de nuestras obras en el ambiente generaran cambios en él que afecten a nuestras obras, y estos nuevos cambios en nuestras obras afectarán al ambiente de nueva cuenta, indefinidamente hasta que se logre un equilibrio.

Calidad del agua.

La calidad del agua de un embalse es de suma importancia, pues de ella no sólo depende el medio ambiente natural; de ella también dependen todas las actividades humanas para las cuales fue creada la presa.

Las presas y las civilizaciones humanas.

Es muy cierto que muchas civilizaciones florecieron alrededor de su capacidad de control sobre el agua, con la construcción de diques, presas, acueductos y canales. Es importante señalar que muchas de ellas lo hicieron sin presas y que algunas sucumbieron por efectos nocivos de las presas sobre su entorno.

El futuro de las presas.

Me queda claro que se pueden construir presas que no dañen a su medio ambiente; esto no es posible en todos los proyectos de presa, y solo se deben llevar a cabo donde sí sea posible.

Hay ocasiones en las cuales los beneficios al ambiente son más que los perjuicios, o que el no realizar el proyecto es pero que el realizarlo. Se deben evaluar las alternativas y sus efectos para llegar a la mejor.

“Para llegar a una solución, es necesario proceder sistemáticamente. Se recomienda un análisis de políticas. El principio de este método es el que ninguna decisión se tome durante el análisis. Únicamente argumentos en pro y en contra para diferentes soluciones son tomados y pesados apropiadamente unos contra los otros. La elección final es el resultado de una estimación balanceada.” [40]

Creo que los siguientes puntos se deben considerar cuando se evalúa cualquier proyecto que tenga efectos sobre el medio ambiente natural, no solo proyectos de presas:

“...debemos encontrar un balance entre los esfuerzos de “civilizar” y los límites que nuestro entorno pueden aceptar. Las consecuencias de dicho balance pueden variar dentro de un espectro grande; desde el retiro total de cualquier alteración al ecosistema hasta su uso limitado.

Y el conflicto referente al impacto de las presas en su entorno, y el como se deben construir (si es que se deben construir), carecerá de solución solo cuando la única base de comparación sean las cuestiones tecnológicas y económicas, sin el aporte interdisciplinario de todas las áreas involucradas (sociales, biológicas, meteorológicas, etc.)”. [38]

Los ingenieros debemos afrontar el desarrollo sustentable como un reto y un amplio abanico de nuevas oportunidades para el desarrollo de nuestra profesión.

Las críticas a las grandes presas disminuirían proporcionalmente con la disminución de los daños que ellas han causado. Por esto, el enmendar errores del pasado, y no cometerlos en el futuro, es beneficioso para todos aquellos que impulsan la construcción de presas.

En este trabajo se presentan ejemplos que muestran exitosos proyectos en materia ambiental, así como algunas de las costosas consecuencias de ignorar este aspecto. Espero que sean de utilidad.

Conclusión Final.

Hoy, como ingenieros civiles, debemos darnos cuenta de que los proyectos hidráulicos pueden ser mejores que los del pasado, debemos enmendar nuestros desatinos. E impulsar la creación y desarrollo de proyectos hidráulicos que aprovechen las oportunidades que presenta el medio ambiente natural, siempre sin deteriorarlo, preservándolo para nuestros sucesores.

VI. Bibliografía.

1. A GUIDE TO TAILINGS DAMS AND IMPOUNDMENTS Design, construction, use and rehabilitation. ICOLD.
2. PRESA HUITES, CNA. México, D.F., marzo de 1993.
3. World Commission on Dams, 2001. <http://www.dams.org>
4. Comisión Internacional de Grandes Presas, 2001. <http://www.icold-cigb.org>
5. Organización de las Naciones Unidas, 2001. <http://www.un.org>
6. Vázquez González, Alba, Enrique César Valdez. IMPACTO AMBIENTAL, Facultad de Ingeniería, UNAM y el IMTA, México, 1994.
7. Veltrop, Jan A. Environmental impacts of dams and reservoirs. Presas de Almacenamiento, Conferencia Internacional. "Medio Ambiente, Geotecnia, Construcción y Seguridad". SMMS, 1998.
8. Vega Roldán, Oscar. Apuntes de presas de almacenamiento y derivación, DEPFI.
9. Feldelman, Fabio. Dams, sustainability and public consultation mechanisms, WCD, Brazil, 1999.
10. Cappato, Jorge. Dams and climate change: new hidroelectric projects in the La Plata watershed. A debate within the framework of the united natioes convention on climate change. WCD, Argentina, 1999.
11. Fearnside, Philip M. Brazil's Tucuruí Dam: lesson from its planning and impacts, WCD, Brazil, 1999.
12. Canese, Ricardo. Project to prepare an integrated plan for the Parana River Basin. WCD, Paraguay, 1999.
13. Urquidi, Víctor L. Development -Sustainable or unsustainable?, Memorias del Tercer Simposium Internacional de Bioprocesos más Limpios y Desarrollo Sustentable. Colegio de México.
14. Roberts, Donald V. Sustainable Development: Dthreat or Opportunity?. Geo-Strata, october 2000.
15. Reisner, Marc. Unleash the Rivers. TIME Spetial Edition. April-May 2000.
16. Serrill Michael S. Wells Running dry. TIME Special Issue. November 1997.
17. Hébert, Jean. Social impacts and mitigation measures for hydroelectric generation. Canada. Presas de Almacenamiento, Conferencia Internacional. "Medio Ambiente, Geotecnia, Construcción y Seguridad". SMMS, 1998.

18. Comité del Medio Ambiente de la ICOLD (1985-1991), Las presas y el medio ambiente. Boletín 86, ICOLD, 1995.
19. Acosta Rodríguez, Julio S. Criterios ambientales en proyectos hidroeléctricos de la Comisión Federal de Electricidad. México. Presas de Almacenamiento, Conferencia Internacional. "Medio Ambiente, Geotecnia, Construcción y Seguridad". SMMS, 1998.
20. Nahmad, Salomón. The impact of hydro-eletric dams on indigenous people, chinantecos, otomies and huicholes: a case study from Mexico, WCD, México, 2000.
21. Parfit, Micalé. A Harsh Awakenig AUSTRALIA. National Geographic Magazine. July 2000.
22. Zich, Arthur. China's Three Georges Before the Flood. Nartional Geographic Magazine. September 1997.
23. Papeles: El Agua, Fuente de la Vida. Papeles No.16. SARH. Impresora y Editora Cocoyoc, S.A: México, 1986.
24. Organización de las Naciones Unidas. Agenda 21, Capítulos 10 y 18. United Nations Conference on Environment & Developement, United Nations Division for Sustainable Developement, 1992.
25. Represas y Desarrollo: Un Nuevo Marco para la Toma de Decisiones. Informe de la Comisión Mundial de Represas. Una Sintesis - Noviembre 16 2000. WCD. Reino Unido, 2000.
26. Millan, Jaime. The Future Of Large Dams In Latin America and the Caribbean: IDB's Energy Strategy for the Region. WCD,EUA, 2000.
27. Sanchez, Teodoro. Small Hydro as an energy option for rural areas. WCD, Perú, 2000.
28. Høeg, Kaare. Dams, Essential infrastructure for Future Water Management. ICOLD. World Water Forum and Ministerial Conference, 2000.
29. Brakel, J., H.N.C. Breusers, G.J. Kalaassen, F.C. van Roode. Environmental impact and control of reservoir sedimentation. Catorce Congreso de Grandes Presas de la ICOLD, Rio de Janeiro, 1982. (Question 54, Report 23)
30. Sunarno, Ir., Ir Sutadji. Reservoir Sedimentation-Technical and Environmental Effects. Catorce Congreso de Grandes Presas de la ICOLD, Rio de Janeiro, 1982. (Question 54, Report 31)
31. Rocha, J. S., Luis B. Da Cunha, Rui G. Henriques, Dirección General de Recursos y Aprovechamientos Hidráulicos de Lisbon, Portugal. Distribution of

- Sediment Along Reservoirs. Catorce Congreso de Grandes Presas de la ICOLD, Río de Janeiro, 1982. (Question 54, Report 17)
32. Quian, Ning. Reservoir Sedimentation and Slope Stability Technical and Environmental Effects. Catorce Congreso de Grandes Presas de la ICOLD, Río de Janeiro, 1982. (Question 54, General Report)
33. Ortiz Aguilar, J.L. IMPACTO DE LAS OBRAS CARRETERAS EN EL MEDIO AMBIENTE. XVII REUNIÓN NACIONAL DE MECÁNICA DE SUELOS La geotecnia y su relación con el medio ambiente. Vol. I. SMMS, Xalapa, 1994.
34. Amstornng, Ellis L. DAM CONSTRUCTION AND THE ENVIRONMENT. Onceavo Congreso de Grandes Presas de la ICOLD, Madrid, 1973. (Question 40, Report 16)
35. Comité del Medio Ambiente de la ICOLD (1985-1991), DAMS AND ENVIRONMENT, Geophysical Impacts, Boletín 90, ICOLD, 1993.
36. Comité del Medio Ambiente de la ICOLD (1985-1991), DAMS AND ENVIRONMENT, Water Quality and climate, Boletín 96, ICOLD, 1994.
37. Represas y Desarrollo: Un Nuevo Marco para la Toma de Decisiones. Informe de la Comisión Mundial de Represas. Noviembre 16 2000. WCD. Reino Unido, 2000.
38. Janauer, George. HYDOELECTRIC POWER STATIONS VS ECOLOGY CONTRADICTION OR POSSIBLE SYMBIOSIS. Diez y sieteavo Congreso de Grandes Presas de la ICOLD, Viena, 1991. (Question 64, Report 67)
39. De Silva, S.H.C. INFLUENCE OF RESERVOIRS ON THE ENVIRONMENT. Diez y sieteavo Congreso de Grandes Presas de la ICOLD, Viena, 1991. (Question 64, Report 11)
40. Hary, N. THE ALTENWÖRTH RESERVOIR ECOSYSTEM STUDY KEY RESULTS AND CONCLUSIONS FOR FUTURE PROJECTS. Diez y sieteavo Congreso de Grandes Presas de la ICOLD, Viena, 1991. (Question 64, Report 65)
41. Sensor Fish Provides Insight into Salmon's Journey, Civil Engineering, ASCE, January 2001.
42. Dillon, Clifford, et al. Water In, Water Out. Civil Engineering, ASCE, February 2000.
43. Hunt, Craig S. PUTTING NATURE FIRST. Civil Engineering, ASCE, July 1999.
44. Tatro, Stephen B. DAM BREACHING The Rest of the Story. Civil Engineering, ASCE, April 1999.

45. Moore, Bruce & Lam, Lisa. The challenge of western water management: balancing changing values and needs. Presas de Almacenamiento, Conferencia Internacional. "Medio Ambiente, Geotecnia, Construcción y Seguridad". SMMS, 1998.
46. El Agua y sus senderos. Ríos, lagos y cascadas. CNA, 1994.
47. Flores Berrones, J. Raúl. Manual de Bordos y Presas, Capítulo 3. CNA, en elaboración.