

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

125

IMPACTOS PRODUCIDOS POR LAS
PRESAS EN EL AMBIENTE

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
PRESENTA:

NELSON ANTONIO MEDINA ROCHA

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-360



VNIVERSIDAD NACIONAL
AVENOMA

Señor MEDINA ROCHA NELSON ANTONIO,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Ernesto Murguía Vaca, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de Ingeniero CIVIL.

"IMPACTOS PRODUCIDOS POR LAS PRESAS EN EL AMBIENTE"

1. Introducción.
2. Aspectos generales del impacto ambiental.
3. Impactos físicos.
4. Impacto en la calidad de las aguas.
5. Impactos biológicos.
6. Impactos socio-económicos y culturales
7. Algunas medidas preventivas y recomendaciones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, 3 de agosto de 1982
EL DIRECTOR

ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

JJE/OBLH/ser

INDICE

Capítulo	1.- Introducción	1
Capítulo	2.- Aspectos Generales del Impacto Ambiental	6
Capítulo	3.- Impactos Físicos.	13
	Clima	14
	Variación del Flujo	16
	Suelo	20
	Sismicidad Inducida	23
Capítulo	4.- Impacto en la Calidad de las Aguas	32
	Estratificación Térmica	33
	Turbiedad	39
	Eutroficación	41
	Malezas Acuáticas	44
	Salinidad	46
	Oxígeno Disuelto	47
	Contenidos Minerales y Carbonatos	48
Capítulo	5.- Impactos Biológicos.	51
	Flora	52
	Fauna	55
Capítulo	6.- Impactos Socio-Económicos y Culturales.	64
	Salud	65
	Vivienda	70
	Fuentes de Trabajo. Ingresos	72
	Tenencia de la Tierra	74
	Arqueología	75
Capítulo	7.- Algunas Medidas Preventivas y Recomendaciones.	77

Referencias.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

Desde que el Hombre cambió su condición nómada a la de sedentario, el sitio que más le acomodaba era aquel que estaba constituido por un valle para cultivar sus alimentos y una fuente segura de agua, generalmente un río. En aquellos tiempos en que la mente del Hombre comenzaba apenas a salirse de los mandatos de la Madre Naturaleza y a manejar conceptos abstractos, además de ser cada vez más conscientes de sus necesidades, fue tal la importancia que les dieron a los alimentos y al agua, que se creyó que éstos eran dones divinos e inclusive, se les elevó al rango de dioses. En cierta manera, la Naturaleza seguía presente en la mente de los nuevos seres, aunque al mismo tiempo estuviera fuera de ellos.

Obtener alimentos se sabía que en cierta forma estaba en sus manos. Bastaba sembrar y esperar la cosecha. Pero disponer de agua todo el tiempo no resultó tan fácil. "Los dioses" les dotaban del preciado líquido sólo cuando ellos estaban de humor y daba la coincidencia de que los alimentos también dependían fuertemente del a-

gua. Quedaba el recurso animal, pero éstos también morían si no disponían de agua, sobre todo los peces.

La solución de este problema de parte de la Humanidad se resolvió cuando el Hombre por fin dejó de depender tanto de sus dioses naturales y se percató de que él podía aprovechar los elementos y fenómenos naturales de tal forma que le siguieran sirviendo aquellos que le beneficiaban y cambiar mediante técnicas cada vez más elaboradas, aquellas que antes no podían manejar. Una de tales técnicas fue precisamente el almacenamiento de agua en depósitos que le aseguraran su disposición aún en las épocas de sequía y que le sirvieran tanto para usos domésticos como agrícolas.

A partir de la 2da. Guerra Mundial, ya en este siglo, la construcción de presas cobró un auge tremendo, debido a que ésta resultaba una forma económica de obtener y almacenar energía sobre todo para aquellos países que no contaban con petróleo. Además, para aquellos años ya había comenzado el crecimiento logarítmico de la población mundial y era necesario asegurar alimento para todos, así que había que construir más y más grandes presas a medida que se abrían nuevas tierras al cultivo.

Pero también desde la 2da. Guerra Mundial, la Humanidad comprendió que tenía el poder suficiente para auto-destruirse hasta 17 veces si quería y, aunque hasta la actualidad no ha podido deshacerse todavía del espectro de la guerra, se llegó a comprender que no sólo ésta podía acabar con el planeta y sus habitantes. Ya se entendían mejor las relaciones entre los seres vivos, y el paso final - desgraciadamente - fue relacionar las actividades humanas con los demás elementos de la Naturaleza. Fue algo así como - un nuevo despertar a la realidad en el que, si bien estábamos seguros de que ya no dependíamos ciegamente de la Naturaleza, ello no significaba que estuviéramos al margen de ella.

Se comenzaba a entender entonces - aunque por muy pocos - -- que cualquier alteración en el medio significaba un daño a corto, mediano o largo plazo, hacia nosotros mismos. Reconocer esta realidad no es fácil principalmente porque con esta posición se tam-

balea un poco la idea de que el Hombre es el rey de la creación y que todo lo que él haga está bien hecho. Aún nos resulta difícil reconocer que todavía dependamos de la Naturaleza como desde siempre y que para preservar nuestra propia existencia necesitamos -- comprender la vida en el planeta, en conjunto con nuestras actividades.

Tal vez el temor a la auto-destrucción ha sido factor determinante para que en los últimos años la preocupación por la degradación del ambiente esté siendo compartida cada vez por más personas, llegándose inclusive a considerar como alternativas contrarias e incompatibles a la conservación y al desarrollo.

Pero el desarrollo no puede detenerse bruscamente porque las implicaciones que ello traería consigo serían catastróficas, de tal manera que se ha escogido una tercera alternativa que comprende básicamente el análisis de las obras realizadas por el Hombre, su evaluación con respecto a criterios ambientales y, lo que es más importante, las posibles soluciones que pueden tomarse para minimizar, o si es posible, anular todos los efectos previstos sobre el ambiente.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer de una manera general algunos de los efectos producidos por las presas y mencionar algunas de las recomendaciones que se han hecho al respecto, con lo que la posición que se adopta en este trabajo es la alternativa que incluye tanto las obras que necesitan seguirse realizando en bien del Hombre, así como la protección y conservación de la Naturaleza en bien de todos.

El segundo capítulo se refiere a una visión general de lo que es el Impacto Ambiental. Vale la pena aclarar que el término Impacto fue adoptado de la terminología técnica del idioma inglés y que su traducción correcta a nuestro idioma sería la de Efecto; es por ésto que ambas palabras son utilizadas en este trabajo con el mismo significado. En este capítulo se dan a conocer algunas de las metodologías creadas para evaluar cuantitativamente los efectos que provoca cada una de las alternativas de proyecto presentadas y así tener un mejor criterio para escoger la que menos

daño provoque en el ambiente.

En el tercer capítulo se mencionan los efectos de tipo físico que se provocan. Se especifica que hace falta realizar análisis que revisen no solamente la operación de las obras sino también su construcción. En ocasiones, este aspecto es de igual o mayor magnitud que la operación de la obra. Como se podrá notar, -- por la misma naturaleza de los efectos es difícil encontrar las causas que los provocan si no se conoce o si no se toma en cuenta que las obras, junto con el ambiente natural, forman un sistema en el que un efecto en uno de sus elementos, incide en los demás.

En el capítulo que aborda los efectos en la calidad de las aguas se procuró encontrar todos los parámetros que determinan la calidad pero la información a que se tuvo acceso sólo mencionaba los parámetros de temperatura, turbiedad, oxígeno disuelto, salinidad, contenidos minerales y carbonatos, además de ahondar en el fenómeno de la eutroficación.

El siguiente tema es el referente a los efectos biológicos. Aquí se analizan los efectos sobre la fauna mayor y la flora principalmente. Debido a la íntima relación existente entre los hábitats modificados y los organismos que viven en ellos, este tema, en realidad, se menciona en casi todos los demás capítulos.

Luego se trata sobre los aspectos socio-económicos y culturales. Se le da gran importancia al campesino desalojado por considerar justo que se le trate de una manera adecuada siendo que finalmente él es el elemento humano más afectado. Con este tipo de obras puede inclusive mejorarse su nivel de vida, siempre y cuando se respete su opinión, sus costumbres y su derecho a la salud, entendiendo a ésta dentro del amplio marco que consideran las organizaciones internacionales. Igualmente, se hace énfasis en la protección de las obras arqueológicas, que aunque muchos no les dan la importancia que en realidad tienen, son base del desarrollo cultural de cualquier nación, ayuda a fomentar la identidad nacional y ya eso les da la importancia que merecen.

El último capítulo se reservó para aquellas medidas que pueden tomarse como base para minimizar en lo que sea posible los e-

fectos ambientales, pero se subraya el hecho de que antes de aplicar cualquier "medicina" hay que saber diagnosticar el estado del ambiente y su relación con la obra.

Los efectos ambientales, así como sus causas, recogidos dentro de este trabajo están basados en los trabajos que se mencionan en la bibliografía, encontrando abundante información de la Documentación Interna de la Comisión Nacional del Plan Hidráulico de la SARH, así como del Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. También se contó con información valiosa de la biblioteca particular del Ing. Héctor García Gutierrez, profesor de la materia - Obras Hidráulicas de esta facultad, a quien se agradece su colaboración.

Se ha dicho que las presas son el medio más limpio con que se cuenta para producir energía, lo cual resulta cierto en tanto que éstas no emiten contaminantes como lo hacen otras fuentes de energía. Como se podrá constatar en este trabajo, las presas sí afectan el ambiente en gran medida pero tienen la gran ventaja de que los problemas que ocasionan pueden ser resueltos siempre y cuando se tenga conciencia de los problemas y descos de solucionarlos.

CAPITULO 2

ASPECTOS GENERALES DEL IMPACTO AMBIENTAL.

Por IMPACTO AMBIENTAL se entiende aquel "efecto causado por - las acciones del Hombre sobre el ambiente, con la característica - de que este efecto debe ser negativo, no previsto o no deseado y, en ocasiones, desconocido para el proyectista o el que realiza la acción".

Además de las características enunciadas anteriormente, existen otras que son esenciales en la realización del informe de IMPACTO AMBIENTAL, éstas son:

- 1.- El estudio debe estar referido a una obra en particular.
- 2.- Se debe hacer antes de la iniciación de la acción propuesta.
- 3.- Ser realizado por un grupo interdisciplinario.
- 4.- Debe constar de un sistema capaz de analizar y evaluar numéricamente los probables impactos de la acción propuesta.
- 5.- El informe necesita sugerir acciones alternativas.

Dadas tales características resulta obvio que el presente trabajo no se trata de un informe de IMPACTO AMBIENTAL; sin embargo, trata de sintetizar y aprovechar algunos de los estudios que se -- han realizado en México y en otras partes del Mundo, para dar un -- panorama general de posibles impactos al medio, lo cual puede ser de utilidad, tanto al proyecto original y las alternativas de solución que presente el Ingeniero al grupo interdisciplinario, como a una mejor comunicación del Ingeniero con los demás expertos que -- formen el grupo.

Debe tenerse en claro que un estudio de IMPACTO AMBIENTAL tiene como finalidad última el que los efectos que se prevean sean evitados, mediante modificaciones al diseño y las prácticas constructivas. Ahora bien, si se sugieren acciones alternativas éstas deben tomar en cuenta la factibilidad técnica y económica del proyecto porque de otra manera la obra podría llegar a ser totalmente incosteable o puede incluso llegar a resultar en perjuicio de la -- seguridad de la obra.

También es importante disponer de tiempo suficiente para que los estudios necesarios sean lo más completos que se pueda, ya que un mal estudio puede derivar en daños al medio, no previstos, y -- por lo tanto no corregidos a su debido tiempo. Además, es básico -- que exista un presupuesto determinado para la realización de los -- estudios, ya que han sucedido casos en los que ni dinero ni tiempo les han sido concedidos de una manera razonable a quienes componen el grupo multidisciplinario, tal es el caso de los biólogos. (3)

Otro aspecto que merece recalcar es el comportamiento interno del grupo. Algunas veces se desestima el trabajo que realizan -- ciertos investigadores de tal forma que los estudios finalmente no llegan a tomarse en cuenta en el proyecto, o sucede que no se comprenden los estudios dada la complejidad de los términos que cada especialista utiliza para explicar el producto de sus investigaciones. (3)

A continuación se describirán algunos de los sistemas que se utilizan para analizar y evaluar los probables impactos de las acciones propuestas, pero vale la pena aclarar que tales metodolo---

gías están adecuadas a las condiciones ecológicas de zonas extra-tropicales por lo cual su aplicación debe tomarse con las reservas del caso. En México ya se desarrolló una técnica adecuada a las condiciones ecológicas del país, la cual es de aplicación directa y fácil, con la ventaja de que permite la evaluación para diferentes escenarios. Algo de gran importancia en estas metodologías es el considerar el valor que para la sociedad representa la conservación.

Los métodos de evaluación se conocen por el nombre de su autor y algunos de ellos son los siguientes: ⁽⁹⁾

a) MORIZAWA, M. (1969)

Describe las condiciones que prevalecen en el río antes de la construcción de una obra. Analiza sus aspectos físicos, biológicos, estéticos, "de estimulación sensorial, interés intelectual y emocional, incomodidades, obstáculos", e interés histórico y cultural.

Evalúa cuantitativamente los aspectos dando escalas convencionales con valores de 1 a 4 y 1 a 5, emitiendo luego un cómputo final.

Mediante la descripción de los diferentes aspectos y las evaluaciones cuantitativas, da recomendaciones para la toma de decisiones.

b) LEOPOLD, B. (1971)

La evaluación se realiza en una matriz en cuyo eje vertical se citan con todo detalle los elementos y factores ambientales existentes, incluyendo aquellos que son particulares de la zona (hasta 88 renglones). En el eje horizontal se incluyen, también con todo detalle, aquellas acciones que pueden causar impacto sobre el medio, derivadas del proyecto de modificación (hasta 100 columnas).

La matriz hace las veces de un resumen en la que están enlistados todos los factores ambientales y las acciones con sus correspondientes interacciones.

Para la evaluación se utilizan los criterios de magnitud (se

evalúa de acuerdo a los datos reales que se obtuvieron de los estudios previos y da una idea de grado, extensión o escala) e importancia (da una idea de qué tan significativo es el impacto de una acción determinada sobre el caso particular que se analiza) a los que se da valores en una escala convencional desde 1 hasta 10. Esto da como resultado una matriz hasta con 8 800 elementos (100 x 88) y hasta 17 600 valores (8 800 x 2) lo cual hace muy difícil una conclusión global; sin embargo, es un método muy utilizado.

c) DEE, N. y COLABORADORES (1972)

En este método se evalúan los efectos directos considerando principalmente los aspectos no económicos de los proyectos, para lo cual utiliza información recabada en las etapas de factibilidad y diseño de las obras.

Contempla cuatro categorías ambientales:

- 1.- Ecología.
- 2.- Contaminación Ambiental.
- 3.- Estética.
- 4.- Interés humano.

Cada una de ellas involucra componentes ambientales que agrupan parámetros del mismo tipo.

La evaluación se hace con una escala normalizada de calidad ambiental, asignando un valor específico a cada parámetro. Esto permite que se realicen sumas algebraicas por categoría y globales, con y sin el proyecto. Cuando hay sitios que se identifican como peligrosos o no se dispone de información, se usan unas "banderas rojas" mayores o menores.

Como resultado final se obtienen:

- a) datos de calidad global y de cada parámetro.
- b) componente ambiental o categoría ambiental, antes y después de la obra.
- c) necesidades de investigación.
- d) recomendaciones para la planeación y desarrollo de los proyectos.

d) ODUM, H. (1974)

Para evaluar el impacto ambiental, se usan los conceptos de flujos de energía a nivel de ecosistema, separando a éstos en forma de mosaicos.

Indica cómo se modifican las entradas y salidas de energía de cada uno de los sistemas conectados entre sí y enfatiza la importancia que cada sistema tiene en la conservación de los demás.

Además, "plantea las condiciones originales y las posteriores a un desarrollo en relación a las características de salud de los ecosistemas, así como la amortiguación de efectos negativos que en un momento dado van en contra del mismo desarrollo".

e) ORTOLANO, L. (1974)

Este autor analiza los rendimientos económicos del proyecto y usos del suelo, así como aquellos efectos que induce la construcción en: a) los gastos promedio del río; b) los cambios en los ciclos de avenidas y c) la ecología regional y del río.

Luego de discutir estos puntos los integra y da recomendaciones generales de acciones protectoras del ambiente.

Además, introduce criterios de impactos directos e indirectos de corto y largo plazo, reversibles e irreversibles, sinérgicos y acumulativos.

f) HAMILTON (1971)

Este autor trata de plantear esquemas holísticos con aplicación internacional. Se basa en puntos importantes de un sistema, a los cuales habrá que evaluar en caso de acciones concretas y externas. (Ver tabla 2.1)

g) LIZARRAGA, R.J. (1981)

Llamado Método de Indicadores Característicos, esta técnica es de fácil y directa aplicación. (25)

Como su nombre lo indica, el método consiste en la obtención de indicadores numéricos característicos que reflejen los efectos que ocasiona una acción determinada en el ambiente. A estos indicadores se les aplica luego un factor de peso, el cual depende de las estrategias que se planea establecer.

El presente método llega a generar una serie de valores que - al ser sumados, dan como resultado un nuevo valor integrado global. Posteriormente, se compara este valor con valores extremos calculados de antemano.

La asignación de valores a los indicadores característicos va de acuerdo a la magnitud e importancia de las siguientes características de los efectos:

- Efectos a corto plazo
- Efectos a largo plazo
- Efectos Directos
- Efectos Indirectos
- Efectos Acumulativos
- Reversibilidad
- Controlabilidad
- Radio de acción
- Implicaciones económicas, socioculturales y políticas.

Las recomendaciones que se hacen en el Impacto Ambiental necesariamente son propias a cada proyecto, sin embargo, al final de este trabajo se darán ciertas recomendaciones generales que puedan funcionar como alternativas factibles al proyecto original.

TABLA 2.1

PARTES MAS IMPORTANTES DE UN SISTEMA.

A. PROCESOS FISICOS	B. PROCESOS BIOLÓGICOS	C. USO DE RECURSOS	D. PROCESOS SOCIO-ECONÓMICOS.
1. Erosión	1. Crecimiento del bosque natural	1. Cultivos	1. Salud pública y seguridad
2. Sedimentación	2. Crecimiento del bosque plantado	2. Ganadería	2. Tenencia de la tierra
3. Eutroficación	3. Tierras silvestres	3. Forestal	3. Áreas públicas
4. Flujo total	4. Pastizal	4. Minería	4. Empleos
	5. Cultivos	5. Transporte	5. Ingreso regional
	6. Plantas acuáticas	6. Uso de agua rodada	6. Actividades ambientales
	7. Pesquerías	7. Control de aguas	7. Catastro y fisco
	8. Caza	8. Uso de agua en pozos	
	9. Vida silvestre terrestre	9. Aguas negras y pluviales	
		10. Basuras	
		11. Humos	
		12. Insecticidas	
		13. Herbicidas	
		14. Fertilizantes	
		15. Urbanización	
		16. Instituciones públicas	
		17. Áreas naturales e históricas	
		18. Pesca (uso)	
		19. Navegación creativa	
		20. Natación	
		21. Parques de playa	
		22. Caza (uso)	
		23. Viajes de cacería	
		24. Acampar	
		25. Turismo y paseos	
		26. Colonias costeras	
		27. Casas aisladas	
		28. Multifamiliares	
		29. Áreas comerciales	
		30. Industria	

CAPITULO 3

IMPACTOS FISICOS

Entre los efectos que ocasiona una presa en su entorno, podemos mencionar los siguientes: alteración de las condiciones climatológicas del lugar, cambios en los gastos de las corrientes, disminución de la superficie de suelo susceptible de cultivo, alteración del nivel freático natural, sismicidad inducida por el embalse e impactos sobre la calidad de las aguas; sin embargo, este último aspecto se tratará con mayor detalle en otro capítulo, dada su importancia.

Puede notarse que estos impactos se refieren a los provocados por la obra ya construída, sin embargo, otros impactos podrían también ser revelados al hacer un exámen de las actividades constructivas. Algunos de los aspectos de la etapa constructiva que necesitan ser evaluados para crear planes de acción realistas que minimicen, en lo que sea posible, los efectos generados son: la compactación del terreno alledaño a la obra por el paso constante de equipo pesado, alteración del paisaje y desechos sólidos no controlados.

CLIMA.

En rigor, los cambios producidos por el embalse en las condiciones climatológicas se limitan a las zonas colindantes y está en función de las condiciones topográficas y meteorológicas del sitio. Se ha mencionado que estos límites abarcan el embalse y el kilómetro inmediato a la playa, bajando luego conforme al logaritmo de la distancia (desde 2 - 4 Km hasta 10 - 15 Km los cambios son complejos y afectan corrientes ascendentes, vientos, etc.)

Estos cambios se deben directamente a la existencia de una gran masa de agua almacenada que antes no estaba allí y que hace que se incrementen tanto la humedad relativa como la evaporación.

En cuanto a la evaporación, ésta puede llegar a ser de 1/36 -- del volumen total, aunque generalmente es de menos del 1% hasta un 20% del ingreso, con promedio de 5%. Estas grandes pérdidas hacen que en zonas áridas se prefieran los embalses profundos para evitar las grandes superficies de agua expuestas, no obstante, esto -- también trae problemas ya que se presenta una estratificación termal de las aguas, lo cual se analizará con mayor profundidad en el capítulo referente al impacto en la calidad de las aguas; baste de decir por ahora que al efectuarse las descargas hipolimnéticas, se -- deja estancada la capa caliente epilimnética por insolación, lo -- que convierte a la presa en una trampa de calor. Al aumentarse la temperatura del agua, incrementando así la velocidad de las moléculas de agua y disminuyendo la tensión superficial, se produce a su vez una mayor evaporación.

Ejemplos de los grandes volúmenes de agua evaporada la constituyen embalses en Siria e Irak, en donde se registran pérdidas por evaporación de 200 a 240 litros por cada m³ de capacidad del embalse y las regiones del noreste del Brasil, con pérdidas del 10% en años húmedos y del 25% en años secos, del total del volumen circulante. (1)

Los efectos en la temperatura consisten en una amortiguación en las oscilaciones de ésta, lo que en una gráfica de temperatura-tiempo, puede observarse como un "aplanamiento" de los picos de -- temperaturas máximas y mínimas. (1) No obstante, esto no ocurre en

cualquier sitio cercano al embalse ya que el cambio en la temperatura local depende en gran medida de la dirección de los vientos. Es decir, que si se ubica al poblado al lado de sotavento, éste efectivamente va a cambiar su temperatura, ocurriendo el "aplana---miento" ya citado, pero, si se ubica al lado de barlovento, lo más probable es que su temperatura siga comportándose de igual forma - que antes de la construcción del embalse.

Esto a su vez provocará un incremento en la humedad relativa puesto que, por la evaporación, se tendrá una mayor cantidad de agua en el aire, por lo tanto, la humedad relativa baja de noche y sube de día. Además la nubosidad aumenta, sobre todo cuando se combina con calentamiento, y aumenta la frecuencia de los días con rocío.

A continuación mencionaremos dos casos de efectos en el clima regional debido a la existencia de un embalse:

Los cambios en el clima ocasionados por el embalse Rybinsk -- son: 1) Descenso de la temperatura en primavera en las playas que reciben viento sur; 2) Aumento de la temperatura en otoño en las - playas que dan al norte, en 2 a 2.5°C; 3) Las heladas tardan en desaparecer 4 - 15 días y terminan 2 - 10 días antes de lo normal; - 4) Aumento de la presión de vapor de agua en 1 - 2 milibares; 5) La - humedad relativa es baja de noche y alta de día, sin exceder de 5% y 6) Aumento de la nubosidad. (21)

En la presa Miguel Alemán las consecuencias inmediatas de estos cambios en el clima fueron: 1) debido al aumento de la humedad ambiental, el sombreado del café llegó a ser excesivo en la zona - de los Masatecos, cercana a la presa, por lo cual hubo que cambiar el sistema y 2) la gente que vivía a la orilla de la presa se en-contró de repente con un clima mucho más húmedo y mucho más extre- moso (en el invierno, por ejemplo), de tal manera que a las casas que estaban adaptadas a la zona necesitaron hacerles una serie de modificaciones. Quienes no disponían de recursos ni tecnología hubieron de aguantar el nuevo clima, observándose casas de gentes que tuvieron que ponerles a sus casas papel periódico para contra- rrestar al frío. (2)

Los efectos del embalse sobre el clima local producen asimismo condiciones físicas que mejoran el hábitat para algunas especies de plantas, insectos, aves y aún mamíferos, aunque también producen condiciones propicias para el desarrollo de ciertos microorganismos que pueden ser perjudiciales al hombre.

VARIACION DEL FLUJO.

Una de las características esenciales del establecimiento de un embalse es el cambio en el régimen hidráulico de la corriente, esto es, en los patrones anuales del gasto y por consecuencia, en la velocidad de la corriente.

Estos cambios se reflejan directamente en las variaciones de nivel sobre todo aguas abajo de la presa, dependiendo de la llegada de la época de avenidas o de la época de sequías.

Definido un ecosistema como aquella comunidad de organismos -- que se mantiene a sí misma, sean plantas y animales, considerada -- junto con su medio inorgánico, es de suponer que cualquier alteración, como lo es la variación artificial del nivel de las aguas, -- provoca problemas en los organismos. Si los ecosistemas no cuentan con organismos que se adapten favorablemente a los cambios y de no contar con flujos energéticos equilibrados que puedan amortiguar -- esos cambios, se presentarán daños a los organismos nativos y al equilibrio natural.

No obstante el impacto negativo proferido por la variación -- del flujo de la corriente sobre los organismos, ha de mencionarse que existen también impactos positivos del cambio sobre el medio.

En el proyecto hidroeléctrico Itzantun II, (4) por ejemplo, -- los impactos de tipo positivo inducidos por la variable son:

- 1.- La regularización del flujo hace que se impidan inundaciones aguas abajo de la presa, ya que en la corriente se -- presentan altas variaciones del gasto durante cerca de 8 meses al año.
- y 2.- Se evitará que los cauces se erosionen debido a las variaciones de los regímenes.

Uno de los efectos producidos por un descenso de nivel aguas

abajo (durante la época de sequías) es el siguiente:

Se reduce la reproducción de especies animales, causando por esta razón una mejora del crecimiento del resto de la población, - menor en los juveniles y mayor en los adultos. Este cambio en la biota depende del nivel de significación de los flujos reguladores. Si es alto (cerca de 1.0) no se dan esos efectos negativos sobre los peces, en cambio, si son relativamente bajos (70% por ejemplo) los cambios sí son significativos.

En la presa Barrows (Maine) (21), cuando el nivel de significación bajó a un 70%, se conocieron los efectos negativos con las siguientes cifras: antes de la regulación había 3775 peces/ha., con peso de 19003 Kg/ha., y después de la regulación se encontraron -- 6795 peces/ha. con peso de 21504 Kg/ha., lo que indicaba una exagerada abundancia de peces jóvenes que no crecen, o de adultos subalimentados. La causa de la reducción de la reproducción parece ser el secamiento de nidos durante la época de sequías.

Si las descargas aguas abajo de la presa son extemporáneas y de intensidad distinta a la normal, se tendrán cambios en la anchura y profundidad del cauce; la velocidad cambia, trayendo consigo erosión en las orillas del cauce, por lo que se ve que la regularización puede provocar este problema, o bien solucionarlo, como sucede en el proyecto hidroeléctrico Itzantún II; habrá cambios también en la cobertura vegetal.

Debido a que las especies están adaptadas a las variaciones naturales del flujo, un cambio en este sentido provoca una alteración en el habitat y en consecuencia, en los habitantes de la comunidad en diferentes formas, principalmente por regulación de las máximas y mínimas, disminución de la diversidad de condiciones, aumento del OD (Oxígeno Disuelto) y de la turbidez, aunque puede aumentar el contenido de Nitrógeno disuelto, lo que provoca que los peces sufran de vesículas gaseosas que pueden resultar letales. Esto sucedió en la presa John Day, en donde el Nitrógeno Disuelto subió hasta por 123 - 143% sobresaturado, ocasionando una mortalidad de salmón. (21)

Las alteraciones masivas y rápidas pueden barrer el alimento

disponible para las especies y una imitación de sequía puede dar - por resultado un aumento de ciertas poblaciones y disminución de - otras.

En un estudio realizado en 1977, anteriormente a la construcción de la presa Cajón de Peña sobre el río Tomatlán, en Jalisco, se preveían otros tipos de efectos en el medio, que eran:

- 1.- La disminución en el gasto provocaría (de hecho, para la fecha en que se hizo el estudio ya se había iniciado), un crecimiento de la vegetación característica de las márgenes de la región en el cauce, lo cual resultaba peligroso puesto que ello podía ocasionar inundaciones en tormentas extraordinarias.
- 2.- La demanda del distrito de riego, causa de la disminución del gasto, podría ocasionar problemas de comunicación entre el estero Majahua y el mar. Si dicha comunicación ya es de por sí deficiente entre marzo y abril, la disminución del gasto acentuaría el problema en otras épocas del año.
- 3.- Se desconocían los efectos que traería consigo la disminución del gasto y la formación de una barrera que impediría la dispersión natural y las migraciones de las especies, básicamente porque se tenía un desconocimiento parcial de dichas especies.

En relación al problema de la comunicación del estero Majahua con el mar, el estudio indicaba que la obra de toma de la presa no se encontraba en la cortina sino en uno de los diques, desde donde se llevaría el agua a los distritos de riego. La obra de desvío se iba a aprovechar para surtir de agua a la unidad de riego Agua Zarca, de 8000 ha., situada en la margen izquierda del río Tomatlán, pero para esas fechas, no se había tomado aún la decisión de ser implementada, por lo cual, el túnel de desvío se encontraba taponado. De tal manera, no podía pensarse en un gasto de garantía a partir de la presa, sino sólo 14 Km. aguas abajo de la cortina, a donde llegarían a dar los canales de la unidad de riego Tomatlán. En esos 14 Km. es en donde se preveía el crecimiento de la vegetación

marginal del río dentro del cauce.

Se hizo un análisis del gasto que aportaban los tributarios - del río Tomatlán aguas abajo de la presa y se llegó a la conclusión de que dicho gasto no garantizaba un mantenimiento de las condiciones hidrológicas originales del estero, lo cual haría que se cerrara la boca marina por la falta de empuje suficiente del agua dulce. Cerrándose la boca y continuando la llegada de agua continental, iría aumentándose el nivel del estero.

Al no disponer de un gasto de garantía, se pone en peligro el mantenimiento de las especies bióticas, ya que están adaptadas a las condiciones cambiantes originales; esto es especialmente dañino si se toma en cuenta que de Junio a Noviembre es la época de -- lluvias y es entonces que las larvas del camarón y otras especies importantes entran a las lagunas (de Octubre a Noviembre).

De Enero a Mayo que es cuando el distrito de riego necesita - del mayor consumo de agua, se proponía que se obtuviera un gasto - de garantía de la diferencia entre el gasto medio anual del río Tomatlán (993 millones de m³) y las demandas anuales previstas para su uso en el distrito de riego (797 millones de m³), lo que daría un gasto constante de 6.2 m³/seg lo cual resolvería el problema.

Un último problema ocasionado por la variación de flujo es el relativo a la población aguas abajo y sus cultivos. Se sabe que antes de la construcción de la presa de Kariba, sobre el río Zambia⁽⁵⁾ la tribu Tonga cultivaba intensamente la tierra entre la crecida y la baja del río. La alteración natural del flujo era estacional y la gente ya estaba adaptada a tales ritmos.

Con la construcción de la presa, la variación del flujo dependió de las necesidades de generación de energía eléctrica sin un ritmo determinado, lo que ocasionaba ausencia de caudal seguida de grandes caudales, grandes cosechas seguidas de falta de cosecha. - En este caso la pérdida de tierra para la producción de alimentos no fue tan grande, pero ésto puede ser realmente peligroso en zonas densamente pobladas.

SUELO.

De los impactos negativos que un embalse produce en la cubierta vegetal de los alrededores, mencionaremos tres de ellos:

En primer lugar, tenemos que desde el llenado del embalse se pueden producir pérdidas de suelos que antes tenían diversos usos y con grandes beneficios para el área circundante. Si estos suelos inundados no son fértiles, las pérdidas en realidad son de mucha consideración, pero si lo son, se estará perdiendo una superficie muy valiosa y sobre todo necesaria en esta época en la que se afirma que buena parte de los mejores suelos ya se cultivan, y otra -- parte desaparece anualmente bajo el avance de la urbanización. El PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) afirma que :

"En los países desarrollados hay anualmente por lo menos 3000 Km² de tierras de cultivo de primera calidad que desaparecen bajo el avance de la urbanización: de 1960 a 1970, el Japón ha sacrificado un 7.3% de sus suelos agrícolas a los edificios y a las carreteras, y los países europeos, entre 1.5% (en Noruega) y 4.3% (en los Países Bajos). Además, la Tierra perderá en los próximos 20 años casi una tercera parte de sus suelos cultivables, si continúa el actual ritmo de desertificación." (37)

La importancia de la pérdida de tierras, depende de la densidad de población y de la disponibilidad de tierras cultivables en otras zonas del país; esa disponibilidad de tierras es lo que determina la posibilidad de reubicar a las poblaciones desplazadas -- en nuevas zonas agrícolas y recuperar entonces la producción agrícola perdida.

Los mismos problemas se presentan en Centroamérica, por el -- prestigio que aporta a niveles a veces nacionales la construcción de una gran presa. Es así que en El Salvador se han construido y -- en Honduras se están construyendo grandes presas y aunque en esos países las zonas no son muy pobladas comparativamente a lo que se puede esperar en México, para esas zonas sí son bastante pobladas por las densidades de población de tales lugares. El problema allí

reside en que existen pocas tierras para reubicar a las gentes que han sido desplazadas y también para sustituir la producción agrícola que se ha perdido. (2)

En segundo lugar, y como resultado del problema anteriormente mencionado, está la pérdida de suelos en la cuenca del río. En el Valle de Damodar, (5) por ejemplo, a consecuencia de la inundación de tierras agrícolas, se desplazó a los campesinos (que practicaban una agricultura de subsistencia) a las partes más altas de las laderas de los valles. En tales sitios se vieron obligados a continuar las prácticas de la agricultura nómada, de tal suerte que derribaban y quemaban árboles, cultivaban la parcela desmontada uno o dos años, para luego derribar y quemar árboles y así sucesivamente. Este desmonte de los terrenos aceleró la erosión del suelo -- cuando azotaban las lluvias del monzón. Los suelos cada vez más pobres, comenzaron a deslizarse de las escarpadas pendientes, penetrando luego en los embalses de las presas; como los azolves quedaban retenidos en el fondo del embalse en la zona de la cortina, -- disminuyó la vida útil de la presa. De hecho, una de las maneras de medir la rapidez de erosión del suelo, ha llegado a ser la rapidez con que los nuevos embalses de riego y producción de energía se llenan de fango. El gran problema es que, iniciada la erosión inducida, el suelo se hace cada vez más vulnerable al ataque de -- los agentes erosivos, de tal forma que se establece un círculo vicioso de acción acelerada cuyo fin es la extinción total de la tierra cuando el agua escurre libremente sobre los estratos más duros del subsuelo.

En el estudio realizado para el proyecto hidroeléctrico Itzantún II (4), en Chiapas, se preveía:

- 1.- Que en las posibles áreas de reacomodo se podía incrementar o iniciar la erosión. En algunas áreas (20%) ya se -- presentaba la erosión en diversos grados.
- y 2.- La erosión tiene un efecto directo sobre la alteración -- del perfil del suelo, que al crearse la presa cambia en -- ocasiones en el tramo de aguas abajo.

A continuación, daremos algunos ejemplos de cómo la erosión - de la cuenca ha producido problemas en la operación de la presa:

- 1.- La presa de Achicaya, en Colombia, perdió por aterramiento un 25% de su capacidad de almacenamiento en sólo 21 meses después de su inauguración en 1955. En los 10 años siguientes estaba llena de fango en casi sus tres cuartas partes. (29)
- 2.- Se prevé que la presa de Tarbela, en Pakistán, terminada en 1975 con un costo de cerca de 1200 millones de dólares, no tendrá una vida útil de más de 50 años, debido al fango acarreado por las aguas desde el Himalaya, que se encuentra desforestado y erosionado.
- 3.- En España, la vida útil media de los embalses es de 200 años, con un porcentaje de pérdida del volumen útil del 0.5% y unas aportaciones del orden de 3 m³/ha./año. (1)

Debido a que estamos tratando con un sistema al cual se le -- han alterado uno o varios de sus elementos, los cuales guardan íntima relación entre ellos, vamos a tener que otros elementos del - ecosistema resultarán afectados.

Como ya dijimos, la tala de árboles en la cuenca provoca problemas de erosión, no ocurriendo lo mismo si la tala inmoderada no se presenta. Algunos ejemplos relacionados con el problema son los siguientes:

Varios estudiosos del asunto (Gard, 1961; Knudsen, 1962; Warner y Porter, 1960) encontraron que la presencia del arbolado o cobertura vegetal hacen que el sistema se mantenga en equilibrio, pero, al disminuir la cobertura encontraron efectos nocivos en las poblaciones animales del embalse, en la temperatura y en el canal. La tala en campos madereros hizo bajar la población de peces de -- 2226 a 1420/acre, el peso bajó de 38.38 libras a 3.9 libras/acre, al igual que el tamaño de los peces. La temperatura subió de 15.1 a 21.1°C, la erosión aumentó paulatinamente y disminuyó el ancho promedio del canal. (21)

Hall y Lantz, en 1969, encontraron en Oregon que las áreas ra

padas ocasionaron un cambio de temperatura promedio de 16 a 30°C y oscilación de 1.5 a 16°C, que afecta a los peces.

En el arroyo Hubbard se registró asimismo un aumento de 50 veces en cantidad de Nitrógeno después de la tala (Teeltz, 1973).

Otro aspecto que debe cuidarse es el pastoreo a la orilla de una corriente. En un estudio realizado por Gunderson en 1968, comparó un área no pastoreada con una pastoreada y encontró que la -- primera, con un 73% más de cubierta vegetal, producía 53% más biomasa y cosecha de peces, además de una abundancia mayor en ejemplares, hasta 31%, que la segunda, es decir, que el área pastoreada(21).

En tercer y último lugar, se mencionará el problema de la retención de sólidos en la cortina de la presa, consecuencia de los dos problemas anteriores.

Un río en su estado natural arrastra ricos azolves con los -- cuales fertiliza las planicies inundadas, crea tierra fértil o útil en la desembocadura y adiciona nutrientes a las aguas de los estuarios. Al construir la presa de Asuán⁽⁵⁾, en Egipto, el caudal se redujo, con las siguientes consecuencias:

- a) Menos tierra fértil. Ha sido disminuída considerablemente la riqueza agrícola tan fértil del Valle del Nilo.
- b) Deltas crecientes. Al disminuir el caudal de agua, el agua salada en la delta del Nilo ha dañado extensas tierras de granjeros.
- c) Menos pesca en los mares vecinos. Cierta disminución en la pesca de la sardina en el Mediterráneo oriental y el riesgo de una reducción de la fertilidad en el delta del Nilo, se citan como algunas de las consecuencias menos deseables de la construcción de la presa del Asuán.

SISMICIDAD INDUCIDA.

Un efecto más de los embalses en el ambiente físico es su condición de ser agente provocador de sismos en sus alrededores. En estudios realizados a este respecto, monitoreando la zona del embalse, se han detectado desde microsismos hasta sismos con magnitudes mayores de 6.0 grados en la escala de Richter. Debido a que --

los focos se sitúan generalmente entre 5 y 10 Km de profundidad, - los sismos con magnitudes mayores de 5.0 son peligrosos para la vida, las propiedades cercanas y la cortina misma.

No puede saberse, a partir de un volumen mínimo de agua embalsada, si va a producirse o no un sismo. Se han mencionado otros parámetros de relación como lo es la altura de la presa; según Rothé (1973), la actividad sísmica es más común en embalses con cortinas de más de 100 mts., sin embargo, como puede apreciarse en la Tabla 3.1 ésto no se cumple estrictamente puesto que hay presas con una altura menor de 100 metros (Marathon, Grecia: 63 metros) que han provocado sismos con una magnitud de 5.0, y presas con altura mayor a los 100 metros que provocan sismos de magnitud menor (26).

Al hacer un proyecto para la construcción de grandes embalses debe haber una manera de clasificar los embalses de tal forma que se pueda tomar una decisión en lo que respecta a su concepción, a la vigilancia de la posible actividad sísmica y a las mediciones de esfuerzo inicial. Esta clasificación puede ser la de calificar de "gran embalse" (en el sentido de que puede inducir sismos) a aquellos cuyas profundidades excedan los 100 mts. y cuyo volumen sea mayor de 1 Km^3 , aún sabiendo que la mayor parte de las grandes presas son asísmicas y que una mínima parte de las menores son sísmicas. Conociendo la actividad sísmica de "grandes embalses" construídos, se ha determinado que éstos tienen un 17% de probabilidad de provocar sismos de magnitud $m > 2.0$

En la Tabla 3.2 se mencionan aquellas presas mexicanas que -- hasta 1979 quedaban incluídas en tal clasificación (34).

Pero como puede notarse en la Tabla 3.1 no es ni la altura de la cortina ni el volumen de agua embalsada la que determina si se presentarán o no sismos en el lugar, más bien parece ser que tal situación depende del esfuerzo inicial, de origen tectónico, ejercido en la parte superior de la corteza, cerca del embalse, con relación a la resistencia de las fracturas ya existentes. Esto quiere decir que el embalse mismo no es el generador absoluto de la actividad sísmica, sino que, dadas ciertas características del subsuelo, el embalse llega a desencadenar las condiciones que hacen -

TABLA 3.1 SISMICIDAD INDUCIDA POR LOS EMBALSES (según Simpson, 1975a).

Nombre del Embalse	País	Altura m.	Volúmen x 10 ⁶ m ³	Año de Embalse	Año del Sismo Mayor	Magnitud o Intensidad ¹
(A) Grandes sismos inducidos						
Kyona	India	103	2780	1964	1967	6.5
Kremasta	Grecia	165	4750	1965	1966	6.3
Hsinfengkiang	China	105	10500	1959	1961	6.1
Kariba	Rodesia	128	160368	1959	1963	5.8
Hoover	U.S.A.	221	36703	1936	1939	5.0
Marathon	Grecia	63	41	1930	1938	5.07
(B) Pequeños sismos inducidos						
Benmore	NZelanda	118	2100	1965	1966	5.0
Monteynard	Francia	155	240	1962	1963	4.9
Kurobe	Japón	186	199	1960	1961	4.9
Bajina-Basta	Yugoslavia	89	340	1964	1967	4.5-5.0
Nurek	U.R.S.S.	317	10400	1972	1972	4.5
Mangala	Pakistán	116	7250	1967	1970	4.2
Talbingo	Australia	162	921	1971	1972	3.4
Keban	Turquía	207	31000	1973	1974	3.5
Vajont	Italia	261	61	1963		
Pieve de Cadore	Italia	112	68	1949	1951	
Grandval	Francia	88	292	1959		V
Canalles	España	150	678	1960	1962	V
(C) Cambios en la actividad de microtemblores						
Grancarevo	Yugoslavia	123	1280	1967		1 - 2
Hendrik Verwoerd	S. Africa	88	5954	1971	1971	2
Schlegeis	Austria	130	129	1971		0
(D) Cambios transitorios en la sismicidad						
Oued Podda	Argelia	101	228	1932		
Camarilles	España	44	40	1960	1961	3.5
Piasta	Italia	93	13	1965	1966	VI-VII
Vouglans	Francia	130	605	1968	1971	4.5
Contra	Suiza	220	86	1965	1965	

1. La intensidad se indica en números romanos.

Fuente : Referencia 26

TABLA 3.2

NOMBRE DE LA PRESA	CORRIENTE	CAPACIDAD (M ³)	FINALIDAD
Venustiano Carranza (Don Martín)	Río Salado	1.38	R-CA
Internacional La Amistad	Río Bravo	7.07	CA-G-R
Netzahualcóyotl (Mal Paso)	Río Grijalva	12.96	CA-G-R-N
La Angostura	Río Grijalva	18.50	R-CA-G
Chicoasen	Río Grijalva	16.80	G
Lázaro Cárdenas	Río Nazas	3.58	R-CA
Infiernillo	Río Balsas	12.00	G-CA
Presidente Alenán	Río Tonto	8.00	CA-G-R-N
Miguel Hidalgo	Río Fuerte	2.30	R-G-CA
Presidente Adolfo López Mateos	Río Humaya	4.06	R-G-CA
Alvaro Obregón	Río Yaqui	3.20	R-G-CA
Presidente Plutarco Elías Calles	Río Yaqui	3.50	G-CA
Presidente Adolfo Ruiz Cortines	Río Mayo	1.24	R-G-CA
Internacional Falcon	Río Bravo	5.02	R-G-CA
Marte R. Gómez	Río San Juan	1.24	R

R = Riego

CA= Central de Avenidas

G = Generación de Energía Eléctrica

N = Navegación

Fuente: Referencia 24

TABLA 3.3

EMBALSE	LAPSO DE TIEMPO (AÑOS)	MAGNITUD DEL SISMO PRINCIPAL
Hsinfengkiang	~1.8	6.1
Koyna	3	6.5
Kariba	0.1	5.8
Hoover	0.8	5.0
Kremasta	~0.26	6.3

Lapso de tiempo comprendido entre el nivel máximo del agua y la sacudida principal.

Fuente: Referencia 26

propicio el advenimiento de un sismo. (26)

Se ha tratado de relacionar la sismicidad con el volumen de roca en el cual el esfuerzo de cizalla supera un valor preestablecido de examinar el posible efecto del esfuerzo incrementado debido al peso de la masa de agua (efecto de carga). Se debe suponer que, al alcanzarse el nivel máximo del agua del embalse, se produce un crecimiento abrupto del volumen de roca sujeto a esfuerzo, lo que quiere decir que es más importante determinar la diferencia de tiempo entre la primera obtención del máximo nivel de agua y la sacudida principal, que la diferencia de tiempo entre el cierre de la presa y la sacudida mayor.

En la Tabla 3.3 aparecen los lapsos de tiempo entre el primer nivel máximo (26) del agua y la sacudida principal de algunos embalses.

Las diferencias a corto plazo corresponden a un efecto desencadenante motivado por el aumento del esfuerzo de cizalla en la roca.

Las diferencias a largo plazo corresponden a un efecto desencadenante motivado por el aumento de la presión intersticial del agua.

SISMICIDAD INDUCIDA EN LA PRESA HSINFENGIANG, CHINA. (24)

Esta presa, ubicada en el distrito de Hoyuan, provincia de -- Guandong, posee un vaso que almacena $1.15 \times 10^8 \text{ m}^3$. La cortina es de machones con una altura de 105 mts. y el ancho de cresta es de 400 mts., de los cuales 342 mts. corresponden a 19 machones y el resto a macizos laterales. Las pendientes de la cortina eran 1:0.5 tanto aguas arriba como aguas abajo.

La presa se encuentra sobre un terreno compuesto de granito - mesozoico; aguas abajo se encuentran areniscas del Jurásico y formaciones del Terciario.

Terminó de construirse en 1958 y en Julio de 1960 ocurrió la primera sacudida máxima ($m=3.7$), habiéndose antes presentado varios temblores pequeños. Debido a que la cortina no estaba preparada para resistir sismos, en Octubre del mismo año se reforzó de la si--

guiente manera:

"La fortificación consistió en unir con concreto las cabezas de aguas abajo de los machones y unir éstos con concreto cerca de las cabezas de aguas arriba hasta la elevación 100 mts. Se dimensionó el material adicional suponiendo que la aceleración vertical sería nula y que la horizontal variaría linealmente desde cierto valor en la base hasta 2,5 veces este valor en la cresta, de manera que el coeficiente de cortante basal fuese 0.05." (24)

En Marzo de 1962 ocurrió un nuevo sismo, esta vez con una magnitud ($m=6.1$), situándose el epifoco a 1.1 Km de la cortina (ver - fig. 3.1) y con una profundidad local de 5 Km (escala de Mercalli= VIII).

Evidentemente este sismo causó daños a la cortina, de los cuales, los mayores fueron:

- 1.- Grietas en la cortina a la elevación 108 mts., la mayor - de las cuales fue de 82 mts. de largo, visible en ambas - caras de la cortina y cerca de la marca derecha. Cerca de allí se encuentra una falla geológica activa.
- 2.- Grietas menores cerca de la margen izquierda a la misma - elevación.

Como vimos antes, la sismicidad se relaciona con un cierto volumen de roca en el que el esfuerzo de cizalla supera un valor pre establecido y que cuando en el embalse se alcanza el nivel máximo de las aguas, el volumen de roca crece abruptamente. En la presa - Hsinfengkiang se calculó un momento sísmico de 1.5×10^{25} ergs., - que corresponde a un abatimiento de esfuerzo de 8.6 bars; este pequeño abatimiento se relaciona forzosamente a un área sumamente ex tensa de deslizamiento en la falla geológica, por lo que se ha relacionado el pequeño abatimiento de esfuerzos con el efecto del agua del vaso. A partir del análisis espectral se calculó una longitud de deslizamiento de 18.6 Km, siendo la misma longitud, visible, de 9 Km.

Producto de este gran sismo, el que fué una magnitud hasta en tonces la mayor inducida por un embalse en todo el mundo, fue un - nuevo refuerzo a la cortina.

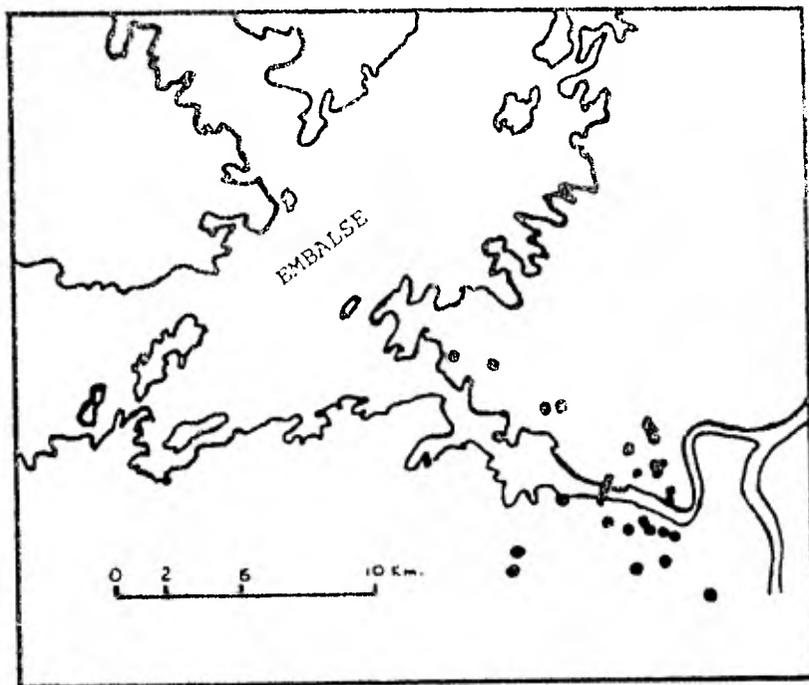


FIGURA 3.1.- Los puntos señalan epifocos de algunos de los temblores ocurridos cerca del embalse.

Se rediseñó con base en análisis estático suponiendo una aceleración vertical uniforme de 0.075 g y aceleraciones horizontales de 0.15 g.

Se relleno el espacio entre los machones hasta la cuarta parte de la altura de la cortina; se bajo la pendiente de aguas abajo a 1:1 y se aumento la seccion del tramo vertedor aguas abajo.

No se sabe si ultimamente se han registrado sismos en el lugar, pero se conoce de la instalacion de siete estaciones sismológicas fijas cerca del vaso, estaciones móviles y doce acelerógrafos en la cortina (ver fig. 3.2).

Dentro de las estaciones sismológicas se encuentra además equipo de ayuda para las predicciones de sismos, pues como es sabido, en este aspecto los chinos están muy desarroolados.

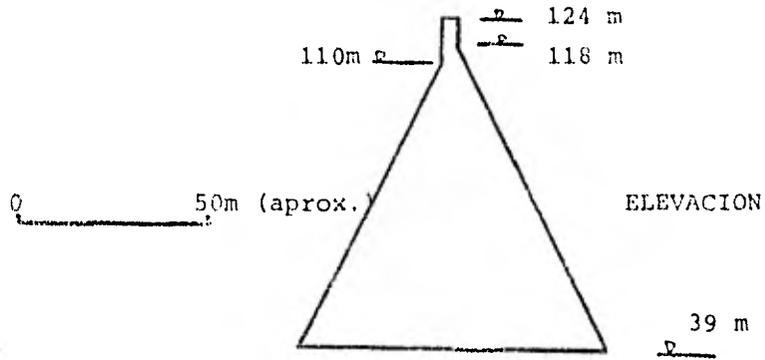
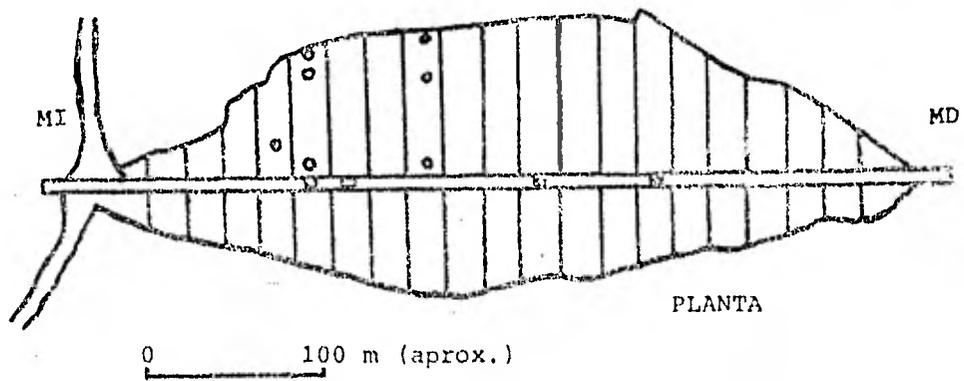


FIGURA 3.2.- Planta y Elevación de la cortina de Hsinfengkiang.
Los puntos señalan ubicación de acelerógrafos.

CAPITULO 4

IMPACTO EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS

Resulta bastante complicado el estudio de las causas que provocan alteraciones en la calidad de las aguas debido a la interdependencia de las variables físicas, químicas y biológicas, las cuales ocurren simultáneamente. Por ejemplo, un incremento en la temperatura provoca un aumento en la evaporación, lo cual influye sobre la salinidad, altera la velocidad de sedimentación de las partículas suspendidas y la precipitación de sustancias en solución, modifica la distribución y concentración de Oxígeno Disuelto en el medio líquido, influyendo en el plancton y así sucesivamente.

Por esta razón en este capítulo se incluirán aquellos fenómenos que ocurren en los embalses así como ciertos factores de importancia fundamental, para tener una idea general del estado en que se encuentran las aguas luego de pasar de un ambiente lótico a uno léntico.

En este capítulo se verán los siguientes aspectos: Estratificación Térmica, Eutroficación, Salinidad, Oxígeno Disuelto y Cont

nidos minerales y Carbonatos.

ESTRATIFICACION TERMICA.

Por Estratificación térmica se entiende una variación de la temperatura del agua a diferentes niveles. Aunque este fenómeno se produce en todos aquellos almacenamientos naturales de agua como los océanos, lagos o lagunas, hay que tener presente que a lo largo de miles de años los organismos vivos se han ido adaptando a cada profundidad hasta que finalmente necesitan de tal ambiente para poder sobrevivir.

La limnología, ciencia que se encarga del estudio de las características de los embalses, ya sean naturales o artificiales, ha definido tres capas con respecto a la profundidad, a saber:

a) EPILIMNIO: que son las aguas superiores (ver fig. 4.1), identificadas por alcanzar aproximadamente los 15 metros de profundidad, con una mayor temperatura en el verano y por ser más ricas en organismos. Normalmente, la calidad de las aguas en esta capa es bastante buena y uniforme, debido a la reaeración y purificación natural que en ella ocurre. (19) Los residuos orgánicos se estabilizan y la concentración de oxígeno disuelto normalmente está próxima a la concentración de saturación. Debido a la acción desinfectante de la luz solar, la depredación de parte de otros organismos y la falta de alimentación apropiada, la concentración de bacterias está reducida a un mínimo. Gran parte del material en suspensión se reduce a un mínimo, es decir, son aguas casi transparentes. El único efecto adverso que puede ocurrir en esta capa es el crecimiento excesivo de algas y protozoarios que causan sabor y olor desagradables.

b) TERMOCLINA: en esta zona ocurre una disminución brusca de temperatura. La termoclina está definida como una zona de agua en la cual ocurre una reducción de temperatura de 1°C por metro de profundidad. La temperatura, en esta capa, puede llegar a decrecer hasta 10°C. Esta capa es bastante estable, aspecto que puede comprobarse cuando en el embalse actúa el viento (ver fig. 4.2); ya que éste amaina, la termoclina vuelve a su posición normal. Esta -

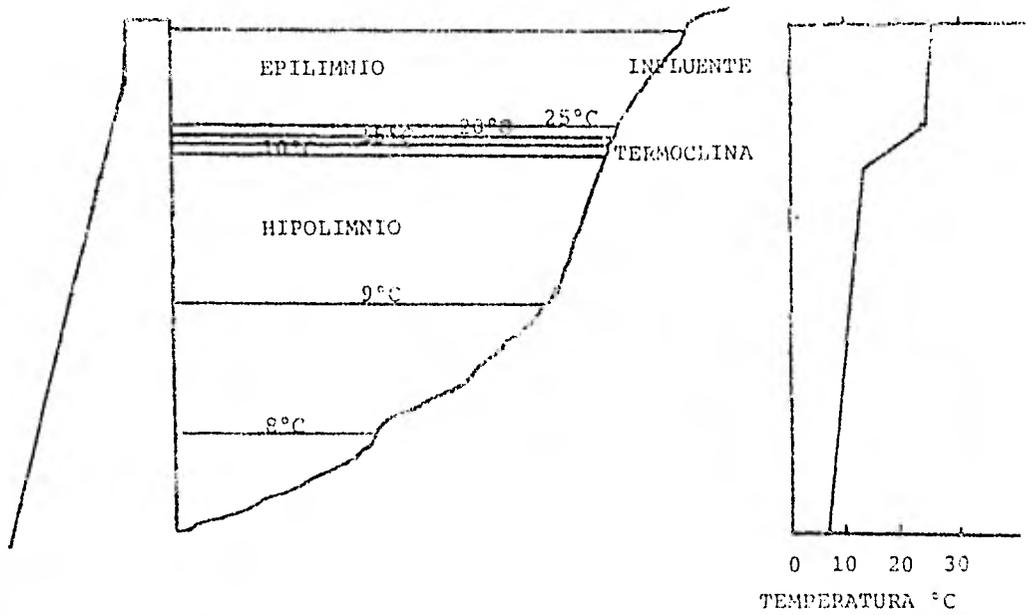


FIGURA 4.1.- Estratificación térmica en un embalse durante el verano.

Fuente: Referencia 32

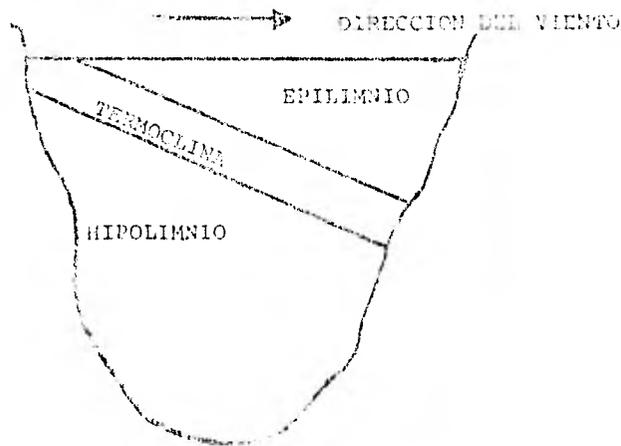


FIGURA 4.2.- Inclinación de la Termoclina debido a la acción del viento.

Fuente: Referencia 32.

capa es una barrera bastante eficiente a la difusión del oxígeno.

c) HIPOLIMNIO: esta es la capa más profunda, generalmente se mantiene estancada y las aguas son más frías. Aquí la variación de la temperatura es muy reducida, generalmente de 2 a 1°C, como máximo. Esta capa no tiene oportunidad de reaeración y la descomposición de la materia orgánica suspendida y del fondo, el plancton muerto y las partículas que se vienen sedimentando de las capas superiores consumen todo el oxígeno disponible. La descomposición anaerobia que se da en esta capa favorece la producción de metano, gas sulfhídrico, color elevado y altas concentraciones de fierro y manganeso.

Las características térmicas de los embalses están en función de su forma (área superficial y profundidad), las condiciones climatológicas y su localización geográfica.

Entre los procesos físicos afectados por la Estratificación Térmica tenemos:

- 1.- Se impide la reaeración convectiva del hipolimnio, el cual debe abastecer la DBO creada por los organismos muertos en descomposición. Este aspecto anaeróbico afecta negativamente la calidad del agua pues la descomposición de la materia orgánica libera así gases como H_2 , H_2S , CH_4 y NH_3 .
- 2.- La Estratificación térmica provoca la existencia de flujos de densidad que afectan la calidad del agua que sale de la cortina como el tiempo de retención del embalse. Esto es, si la obra de toma se ubica en el hipolimnio se está ocasionando un flujo de agua fría aguas abajo lo que ocasiona problemas en los organismos vivos y si tales obras están a la altura del agua recién entrada, en el epilimnio, se establece un "corto circuito" que reduce enormemente el tiempo de retención del embalse. (14)
- 3.- Arriba de 4°C cualquier disminución en la temperatura provoca un aumento en la densidad del agua y un aumento de la viscosidad cinemática de la misma, haciendo que la ve-

locidad de sedimentación de las partículas disminuya considerablemente, como se muestra en la ecuación de Stokes:

$$v = \frac{g (\rho - \rho_0) d^2}{18 \nu}$$

donde:

- v = velocidad terminal de sedimentación
- g = aceleración de la gravedad
- ρ = densidad de la partícula
- ρ_0 = densidad del agua
- ν = viscosidad cinemática de la masa líquida
- d = diámetro de la partícula.

Esta reducción de velocidad ocurre, por lo tanto, más abruptamente en la termoclina en donde el gradiente de temperatura es más acentuado. Consecuentemente, habrá un cúmulo de partículas y de bacterias en esa capa, generando una mayor demanda de oxígeno.

Este aspecto puede verse en las figuras 4.3, 4.4 y 4.5, - en donde se muestra respectivamente:

Fig. 4.3: una brusca reducción de las velocidades de sedimentación en la termoclina y una consecuente reducción -- del oxígeno disuelto.

fig. 4.4: un considerable aumento de bacterias en la termoclina debido a una reducción en la tasa de sedimentación.

fig. 4.5: un aumento de la DBO_{2g} en la termoclina, también en función de la acumulación de materia orgánica en esa zona, provocada por la reducción en la velocidad de sedimentación.

En cuanto a los efectos biológicos que produce la Estratificación térmica aguas abajo cuando la descarga es caliente, se ha encontrado⁽²¹⁾ que aleja aquellas especies que necesitan agua fría y atraen a los que toleran altas temperaturas lo que se traduce en una baja de su diversidad. También se afirma que este tipo de des-

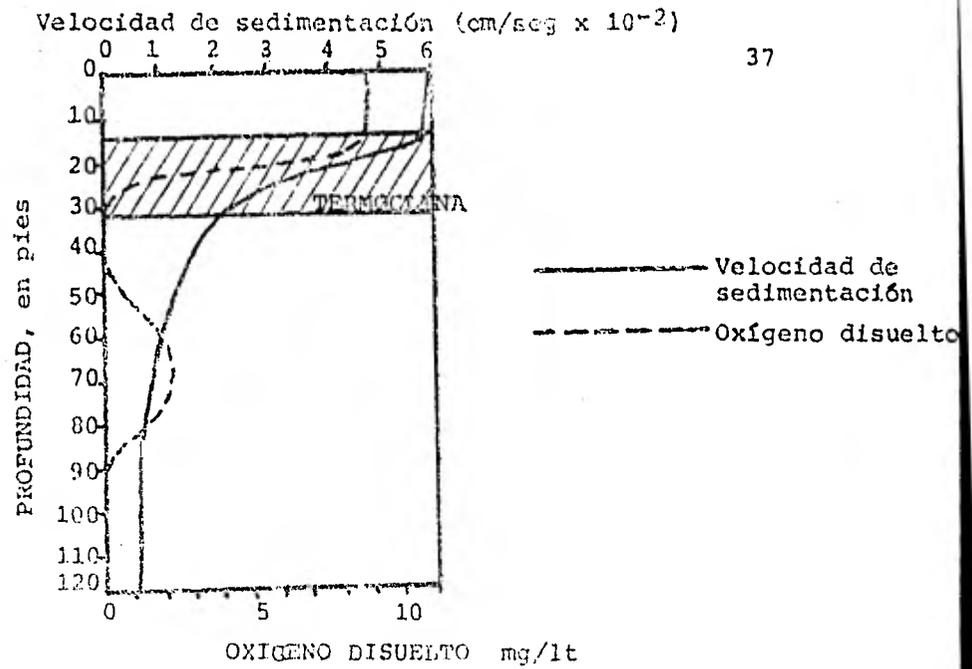


FIGURA 4.3.- Relación entre la velocidad de sedimentación y el OD en el embalse TIMS FORD.

Fuente: Referencia 33

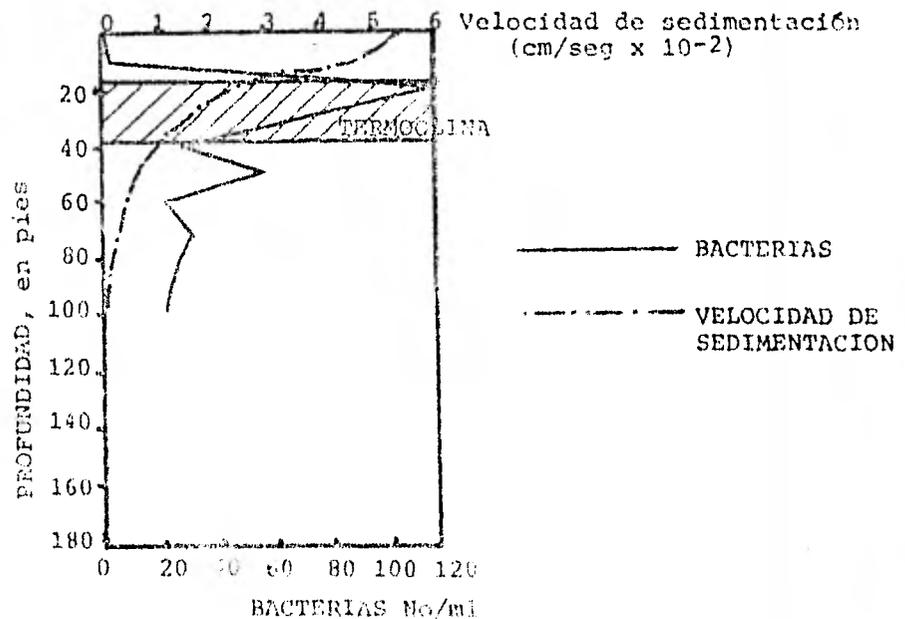


FIGURA 4.4.- Comparación entre la velocidad de sedimentación y las bacterias. Embalse South Helina.

Fuente: Referencia 33

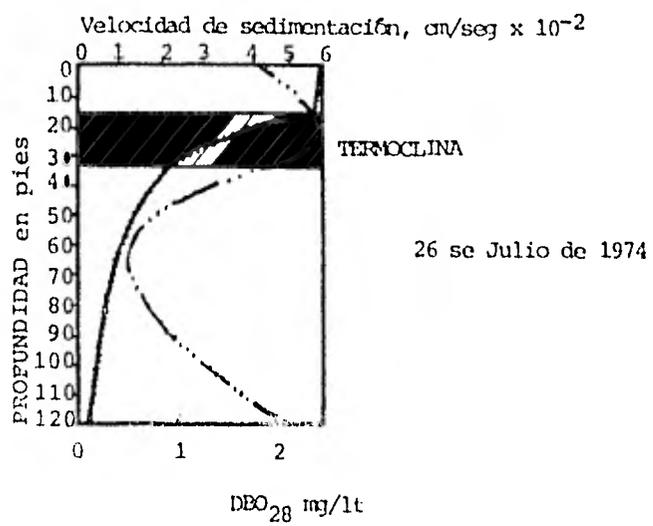
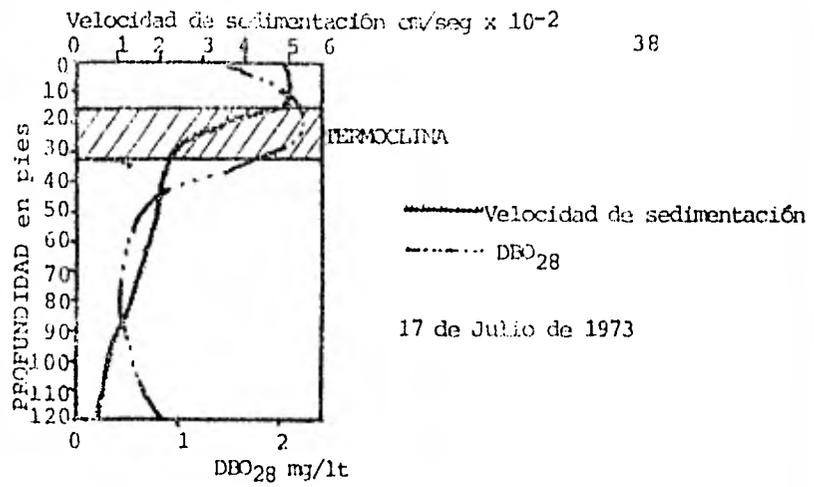


FIGURA 4.5.- Relación entre la velocidad de sedimentación y la DBO₂₈ en el embalse TIMS FORD.

Fuente: Referencia 33

cargas detiene la reproducción de las especies y provoca un aumento exagerado de las anomalías y malformaciones. Sin embargo, de -- existir muertes en las especies, ello puede deberse a sinergismo -- con otros factores, además, los efectos que se producen en las especies no son uniformes sino que depende de la especie, de la edad, la talla, etc.

Acerca de los efectos aguas abajo de las descargas hipolimnéticas, se ha encontrado, como ya se dijo, una pérdida de diversidad de especies aunque ésta se va luego recuperando en función de la distancia río abajo. Otto y O'Hara Rice, en 1974⁽²¹⁾ encontraron que la velocidad de natación de la perca amarilla no sufrió -- cambio con el aumento súbito de 10°C, pero requirió de 24 horas para reponerse de la baja súbita de 10°C.

En general, las alteraciones en la temperatura producen en -- los organismos: Shock, desorientación, inmovilidad, metabolismo alterado, cambios en la condición reproductora, desarrollo deficiente, comportamiento inestable⁽²¹⁾, problemas de sincronización de -- la migración, apetito de los peces, etc.⁽¹⁴⁾

Otro aspecto importante a mencionar es la relación que existe entre la vegetación del fondo y la temperatura. Si el vaso no se -- desmontó antes del llenado puede ocurrir que la descomposición de la materia orgánica tienda a ser más fuerte ya que ésta es proporcional a la temperatura⁽²⁷⁾ y por lo tanto, se tendrían gases en -- mayor escala. Esto provocaría que la vida de los organismos en la comunidad ecológica se viera afectada, por lo que se recomienda -- que siempre se desmonte antes de la inundación.

TURBIEDAD

La turbiedad de las aguas se explica como la presencia de suficientes materiales en suspensión, que dificultan el paso de la luz por las aguas.

Por la quietud de las aguas en un embalse, puede pensarse que los sólidos suspendidos tienen el ambiente necesario para lograr -- sedimentarse y de esta manera dejar las aguas claras. Esto sería -- cierto, si el volumen de sólidos en suspensión no fuera significa-

tivo y si las partículas, en su recorrido hasta el fondo, pasarán por aguas de iguales características. Como se dijo en el tema anterior, la disminución en la temperatura produce un aumento en la densidad del agua y en su viscosidad cinemática lo cual hace que disminuya la velocidad de sedimentación de las partículas. En la figura 4.4 podemos notar que aproximadamente a los 30 metros de profundidad, la velocidad de sedimentación se reduce a un punto en que prácticamente puede considerarse nula, aunque en realidad este fenómeno comienza a presentarse de manera definitiva desde que las partículas se encuentran y salen de la termoclina. Como resultado de todo esto, tendríamos una claridad aceptable en la capa epilimnética y una turbiedad bastante pronunciada sobre todo en la zona del hipolimnio. Más adelante, sin embargo, se explicará que ni siquiera las capas superiores se libran de la turbiedad.

La razón por la cual el volumen de sólidos suspendidos es excesiva se deriva del hecho ya mencionado de la erosión que se presenta en la cuenca y su consecuente impacto en las aguas del embalse. Pero también se presenta en ocasiones otro fenómeno relacionado con la erosión cuando el nivel del embalse sufre fuertes y frecuentes oscilaciones y la colonización vegetal costera se vuelve imposible. Al actuar las lluvias y las olas en la costa, se produce un efecto erosivo de magnitud en ella, lo que incrementa la turbiedad de las aguas. (14) También se incluye dentro de las materias en suspensión que provocan turbiedad, a las bacterias sedimentables y al plancton, que no es sedimentable. Además de amoníaco, la materia orgánica en descomposición del fondo, favorece la presencia de algas en la superficie únicamente, pues éstas requieren la luz solar para su desarrollo. Ahora bien, como tales microorganismos constituyen el principal alimento de los peces, éstos también permanecerán en la parte superior de la capa epilimnética. En un estudio realizado por Pearse en 1926 (27) encontró que en los lagos turbios la mayor variedad y cantidad de peces se mantienen en el estrato comprendido entre 0 y 5 metros.

Aparte de los factores arriba citados, se mencionará también la influencia del amoníaco en la transparencia de las aguas. El --

amoníaco resulta de la descomposición de la materia orgánica en el fondo del embalse cuando éste no fue desmontado previamente. Se -- considera que el rango de concentraciones aceptables de amoníaco - en los lagos es de 0.038 a 0.008 ppm y debido a que este rango se rebasa con facilidad en embalses no desmontados, se asegura "...que será un factor determinante en la transparencia del agua". (27)

EUTROFICACION

La eutroficación puede definirse como una fertilidad excesiva de las aguas, producto del vertido en ellas de nutrientes tales como el Nitrógeno y el Fósforo en forma de sales y de otros micronu-trientes esenciales para las plantas tales como el hierro, mangane-so, cobre, zinc, boro, sodio, molibdeno, cloro, vanadio y cobalto.

Tales nutrientes proceden principalmente de las aguas residua-les domésticas y de la utilización de fertilizantes en las zonas - de cultivo de las cuencas, aunque también provienen de los bosques y de precipitaciones pluviométricas, como puede verse en la Tabla 4.1.

En cuanto al vertido de las aguas residuales al embalse, se - debe advertir que éste se presenta cuando la población reubicada - se establece cerca del embalse y no se dispone de un sistema de -- tratamiento de esas aguas antes de su vertido. De presentarse este caso, la población reubicada que antes vertía sus desechos líqui-dos en el río, ahora lo harán en el embalse y como se sabe, este - tipo de desechos son ricos en nutrientes.

Luego tenemos los terrenos de sembradío que a veces constitu-yen gran parte de la cuenca hidrográfica. Como ya es costumbre, pa-ra fertilizar la tierra se utilizan fertilizantes en cantidades a-bundantes, con la idea de que a mayor uso - abuso-de esos produc-tos artificiales, mayor será la productividad por hectárea cultiva-da. Esto, sin embargo, es falso. Aunque el aprovechamiento de es-tos nutrientes depende de las características de retención del sue-lo, gran parte de los abonos nitrogenados y fosfatados no son uti-lizados por las plantas y terminan en los ríos, embalses y océanos (29).

TABLA 4.1 CANTIDADES ESTIMADAS DE N Y P CONFORME VARIAS FUENTES DE CONTRIBUCION.

FUENTES		N Total	P Total
Precipitaciones pluviométricas (mg/lt)		0.14 a 1.71	0.081 a 0.09.
Agua subterránea (mg/lt)		-	0.3
Areas boscosas (Kg/ha/año)		1.3 a 5.0	0.18 a 0.86
Areas agrícolas (Kg/ha/año)		6 a 40	2 a 11
Areas urbanas (Kg/ha/año)		8.8	1.1
Drenajes (mg/lt)		15 a 35	2 a 12

Fuente: Referencia 19

TABLA 4.2 TAMAÑO DEL PEZ BLANCO EN EL LAGO LOKKA COMPARADO CON PECES DE LA MISMA ESPECIE EN OTROS CUERPOS DE AGUA.

EDAD	LOKKA		OTROS LAGOS	
	LONGITUD (cm)	PESO (gr)	LONGITUD (cm)	PESO (gr)
2 años	29	258	22	85
3 años	38	687	29	190

Fuente: Referencia 13

TABLA 4.3 CONTENIDO DE OXIGENO DISUELTO DEL EMBALSE LOKKA CON RESPECTO A LA PROFUNDIDAD, EN LOS INVIERNOS DE 1968 a 1972.

PROFUNDIDAD (mts)	1968	1969	1970	1971	1972
	Mayo 3	Abril 10.	Abril 15	Abril 22	Marzo 13
1	2.8	2.8	5.1	6.2	9.7
2		2.8			
3	3.8			4.9	9.6
4				2.2	
5	0.2	2.2	0.0	1.2	2.0
6		0.0		1.4	
7	0.7				1.1
8					
9	0.0	0.0			0.0
10		0.0		0.0	

Fuente: Referencia 13

Como consecuencia de la eutroficación, se presentan los siguientes problemas en los embalses:

- 1) Se impide la utilización recreativa de los embalses debido al exceso de turbidez, color y olor.
- 2) Se dificulta la supervivencia de peces valiosos, permitiendo que otros peces con poco valor comercial se desenvuelvan en los embalses.
- 3) Propicia el desenvolvimiento de vegetales acuáticos superiores y larvas de insectos, perjudicando el embalse desde un punto de vista estético y creando condiciones desfavorables a las poblaciones situadas en las regiones circunvecinas.
- 4) Se produce una excesiva proliferación de algas que transfieren sabores y olores indeseables a las aguas utilizadas para abastecimiento, además de causar problemas de tratamiento tales como dificultades en la floculación, demanda excesiva de cloro y taponamiento de los filtros.

El incremento de la capacidad nutricional de un embalse repercute en la actividad de la pesca. Se ha visto que aumentan no solamente la cantidad de peces sino también su tamaño y peso, como puede apreciarse en la Tabla 4.2. Tal estudio se realizó en el Lago - Lokka, en Finlandia, tomando como referencia al Pez Blanco y comparando su desarrollo con el desarrollo de peces de la misma especie en otros lagos. Para fundamentar y explicar esto, se realizaron investigaciones en el contenido de nutrientes del agua, en promedio, encontrándose lo siguiente:

Nitrógeno total	= 1.05 ppm
Fósforo total	= 0.09 ppm
Potasio	= 1.0 ppm
Calcio	= 2.1 ppm
pH	= 6.3

Valores que eran cerca de 3 veces mayores que el promedio de los lagos finlandeses. (13)

MALEZAS ACUATICAS

Un aspecto muy importante derivado del fenómeno de eutroficación es la aparición en el embalse de diversas especies de malezas acuáticas.

Su presencia en los embalses constituye un problema técnico - en la operación de las presas y a su vez, provoca cambios en la ecología del lugar. Obstaculizan el flujo de canales y turbinas, hacen difícil la navegación, aumentan la evaporación y los azolves, reducen o eliminan la productividad fitoplanctónica, causan cambios en las características físico-químicas del agua e impiden el paso de los rayos solares hacia las zonas profundas del embalse. - Se trata de plantas vasculares que flotan libremente sobre el agua

Entre las malezas acuáticas más importantes se encuentran el lirio acuático (*Eichornia crassipes*), la lechuga acuática (*Pistia stratiotes*), el helecho acuático (*Salvinia*) y el tipo de malezas acuáticas sumergidas, como es el caso de la *Potamogeton*, la *Zanichellia* y la *Hydrilla*.

El lirio acuático se encuentra presente en la mayoría de los embalses que mantienen una capacidad nutricional alta y se le menciona como la maleza que causa más problemas. En México, los problemas con esta maleza empezaron desde la última década del siglo pasado en la Presa "El Salto", Jalisco, en donde se produjeron frecuentes interrupciones en el funcionamiento de la toma del canal alimentador de las turbinas. (9) Después, se han detectado problemas en el distrito de riego El Mante, Tamaulipas (1930); en la presa - Corona, sobre el río Santiago (1947) en donde hubieron de instalarse compuertas radiales para facilitar su salida; en el Lago Chapala (1960-1962), y en la actualidad, en la presa Solís, sobre el río Lerma, en las presas Endhó en Hidalgo y Avila Camacho en Puebla.

Este problema no se presenta solamente en zonas tropicales. - En España, por ejemplo, de 201 embalses observados, el 50% de ellos se clasificaban en la categoría de degradados, es decir, como mesotróficos o de más alto grado de eutroficación. (28) Con relación a

otras zonas tropicales, mencionaremos al lago de Brokopongo, en -- Surinam, en el que un año después del llenado estaba cubierto un 23% de la superficie y un año más tarde, llegó a 53% del total (14).

La lechuga acuática y el helecho acuático se han reportado en la Presa de la Angostura, en Chiapas, en donde inclusive eran más abundantes que el mismo lirio acuático.

En cuanto a las malezas sumergidas, la *Potamogeton* fue localizada en los lagos de Pátzcuaro, Chapala y Cuitzeo, en donde han -- causado graves daños a la navegación y la pesca.

La *Hydrilla* está considerada en Norteamérica como un tipo de maleza peligrosa, más aún que el lirio acuático. Esta especie tiene una reproducción asexual y es de rápido desarrollo. Fue detectada por vez primera en la presa Rodrigo Gómez, Nuevo León, en 1971 (30). Para 1976 se convirtió en plaga y en 1979 llegó a cubrir el 46% de la superficie del embalse, afectando los usos del agua como fuente de abastecimiento de Monterrey y como área recreativa para los habitantes de dicha ciudad.

Para combatir la *Hydrilla* se recurrió al uso del pez Amur, conocido también como carpa, amiura blanca o amiura, de la familia - *Cyprinidae*. Su principal característica es la de poseer dientes faríngeos. Acepta grandes variaciones de temperatura (de 6 a 36°C) y es originaria de China y Japón.

En general, se han ideado muchos métodos para eliminar este - problema, los cuales mencionamos en la Tabla 6.2 en el capítulo de Medidas Preventivas y Recomendaciones; pero no sólo debe pensarse en su eliminación sino, si es posible, en su utilización. En Asia, por ejemplo, se le ha utilizado como alimento para peces, ganado, cochinos, búfalos y pollos (14). También se le usa para la extracción mecánica de proteína vegetal para alimento humano y como una fuente de fertilizantes. A últimas fechas, y siguiendo en la búsqueda de aprovechar al máximo el lirio acuático, el doctor Tomas - Stawinski del IPN y el M. en C. Oscar Monroy de la UAM-Iztapalapa, verificaron que esta maleza puede utilizarse como detector de contaminación y de filtro biológico para metales pesados (35).

En estudios realizados por técnicos e investigadores del Depto.

de Malezas Acuáticas de la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica de la SARH, se encontró que el lirio acuático, además de ser un excelente forraje, ayudaba en gran medida a la reestructuración de suelos degradados lo que ayudaría a incrementar la producción de granos básicos. Según los experimentos realizados se arrojaron los siguientes resultados: la propiedad de retención de fertilizantes fue mayor en la parcela tratada con lirio y fertilizantes que en la que se puso fertilizante únicamente, pese a haberse aplicado el mismo grado de fertilización en ambos casos. En estos estudios podemos notar cómo el conocimiento abierto de los fenómenos que ocasiona una presa y una buena disposición para resolver los problemas puede lograr excelentes resultados.

SALINIDAD

Como consecuencia de la actividad del viento y la radiación solar, la evaporación provoca una pérdida de agua bastante significativa, como ya se vió en el capítulo tercero, relativo a los Impactos Físicos.

Debido a la evaporación y dependiendo del área superficial y del balance hidrológico del embalse (gastos de entrada y salida, precipitación pluviométrica, evaporación, percolación e infiltración) puede ocurrir un aumento de salinidad en las aguas bastante significativo.

Un aumento de sales en solución puede volver el agua inapropiada para consumo humano y para la irrigación de plantas y hortalizas, aunque existen técnicas de riego que la minimizan. Dependiendo de las características del embalse, un aumento de salinidad debido a la evaporación puede ser compensado por la precipitación química de las sales en solución, de manera que la concentración final pueda reducirse bastante. En otros casos (19), ocurre un gran aumento en la salinidad inmediatamente después del llenado del embalse, debido a la solubilización de las rocas existentes.

Debe recalcarse este fenómeno en relación con la agricultura. La salinidad se ha evaluado parcialmente y se ha observado que -- tiende a aumentar, particularmente en zonas semi-desiertas (21). Esto es debido a que los retornos de agua desde las áreas de cultivo

son más salados, exagerándose esta condición en ríos disminuídos - de caudal por las presas, llegando a ser 170% mayor que la natural. Se sabe que grandes áreas del Medio Oriente y del Sudeste de Asia se han vuelto salinas o alcalinas y se han perdido para la agricultura.

Otra práctica agrícola que ayuda a incrementar la salinidad de las aguas es la inundación de zonas de cultivo. Esto significa un desequilibrio en el ciclo natural del agua pues tal inundación perturba considerablemente la distribución natural de la sal en el suelo, la llevan a la superficie y por último es acarreada al embalse, o aguas abajo de la presa.

OXIGENO DISUELTO

Entre las causas que afectan la solubilidad del oxígeno en el agua tenemos: la turbulencia en la superficie, la temperatura, la presión atmosférica, el porcentaje de oxígeno en la atmósfera, la deficiencia de oxígeno en el agua, el área de la superficie expuesta⁽³¹⁾ y la fotosíntesis de plantas acuáticas, incluyendo las algas microscópicas que constituyen el fitoplancton.

De una u otra manera, los factores físicos antes mencionados dependerán de las condiciones climatológicas del sitio y de las características morfológicas del embalse, pero la presencia de plantas acuáticas y la distribución de algas en el lago son características particulares del establecimiento de un embalse.

Con respecto a las algas, se ha mencionado que las algas azules producen carbohidratos utilizando energía solar, a través de CO_2 y H_2O , asimilando en seguida esos carbohidratos con el amoníaco liberado y otros elementos esenciales para la producción de más algas. Cuantitativamente, un Kg. de algas sintetizadas está acompañada de la producción de 1.6 Kg. de oxígeno molecular⁽¹⁹⁾. Estudios realizados durante un año en el lago Erie, en EUA mostraron máximos de 12 Kg de O_2 por día por hectárea de área superficial en invierno y de 95 Kg en verano.

Sin embargo, por cada gramo de oxígeno liberado, se produce un gramo de DBO (Demanda bioquímica de oxígeno) por la síntesis de

la materia orgánica, de tal forma que no ocurre ninguna ganancia - final de oxígeno. Tal DBO, no obstante, no se ejercerá a corto plazo puesto que el carbono puede permanecer fijado por períodos relativamente grandes.

Como sucedió con la temperatura del agua, en este caso también se presenta una estratificación (ver Tabla 4.3). En el epilimnio puede incluso suceder que esté sobresaturado de oxígeno y en el hipolimnio, en cambio, la desoxigenación puede producir una -- substancial reducción en la capacidad del río represado de asimilar los desechos (14). En la Figura 4.3 puede notarse también que -- en la termoclina la reducción de Oxígeno Disuelto es drástica, llegando a variar hasta en 9 mg/lt en solamente 4 ó 5 metros.

Esta estratificación del Oxígeno Disuelto (ver Figuras 4.6 y 4.7) también es importante en las descargas aguas abajo. Si las -- descargas se efectúan en el hipolimnio, se tendrán bajas concentraciones de OD y por lo tanto, habrá que esperar a que el agua realice un recorrido considerable para recobrar su oxígeno disuelto original. En el seguimiento del proyecto hidroeléctrico Itzantun II -- (4) se esperaba que para obtener los 8 mg/lt que tenía el río en la sección de la cortina, habría de requerirse un recorrido del agua de 30 Km aproximadamente.

CONTENIDOS MINERALES Y CARBONATOS

Debido al carácter anaeróbico del hipolimnio, se produce la -- reducción del hierro y el manganeso que llegan al embalse y de los nitratos y sulfatos que quedan reducidos a amoníaco y sulfuros (14) ambos perjudiciales para el consumo humano.

Con respecto a los carbonatos, los cambios en las concentraciones relativas de CO_3 y HCO_3 al formarse el embalse parecen responder a los siguientes factores:

- a) las reacciones de precipitación-disolución en la interfase sedimento-agua.
- b) cambios en el contenido de CO_2 debido a la actividad fotosintética de las plantas acuáticas.
- c) la eventual descomposición de materia orgánica en las plantas muertas.

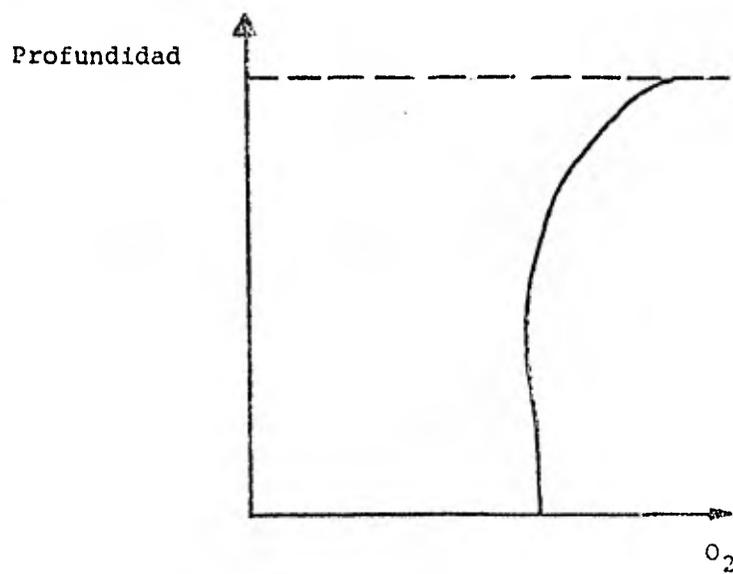


FIGURA 4.6.- Distribución del Oxígeno Disuelto con respecto a la profundidad en un río

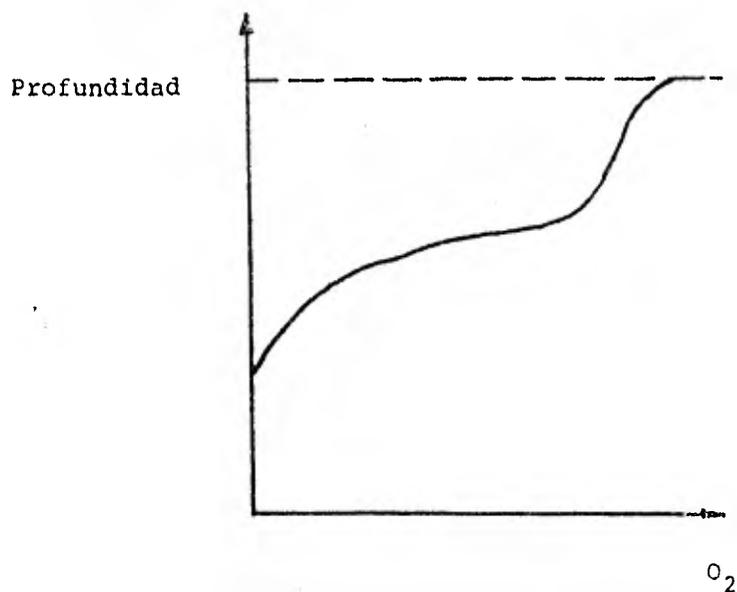


FIGURA 4.7.- Distribución del Oxígeno Disuelto con respecto a la profundidad en el río represado.

Los cambios de estado de los carbonatos tienen un importante efecto en el pH, alcalinidad y dureza de las aguas del embalse.

Como se dijo desde el principio de este capítulo, es bastante difícil clasificar los fenómenos que se presentan en las aguas de un embalse, dado que las características que causan esos fenómenos están íntimamente relacionadas. Prueba de ello es un estudio realizado por Hutchinson en el lago de Linsley (19), en el que muestran que la cantidad de ion bicarbonato (HCO_3) por unidad de volumen en solución, procedente de los carbonatos existentes en el sedimento, aumenta a medida que la pendiente del fondo del embalse es menor, y viceversa. Esto se debe a que una pendiente menor proporciona un área mayor de sedimentos por unidad de volumen, permitiendo una mayor superficie para la solubilización de cualquier ion posible de ser solubilizado.

CAPITULO 5

IMPACTOS BIOLOGICOS.

Para conocer los cambios biológicos producidos por la construcción y la operación de una presa, se hará una descripción global de lo que incluye la realización de la acción.

En primer lugar tenemos la desviación del río en cuestión, necesario para la construcción de la cortina. En esta primera etapa se incluyen la construcción de caminos de acceso, el establecimiento de un nuevo poblado y el aprovechamiento de bancos de material. Al mismo tiempo puede estarse ejecutando el desmonte de lo que será el fondo del embalse, si es que esta acción está dentro de los planes.

Al cerrar la presa, se va inundando el vaso paulatinamente, - con lo que se acaba con la vegetación y se aleja a los animales superiores del lugar. Si no se desmonta el vaso previamente, se liberan nutrientes (ver capítulo 4) con lo cual se favorece la proliferación de bacterias, flora y fauna; las poblaciones de peces se expanden rápidamente con gran supervivencia y crecimiento iniciales,

se frena hacia los 2-3 años cuando los nutrientes libres se terminan y los peces son más abundantes. Esto dura de 25 a 30 años en las zonas templadas y de 6 a 10 años en las zonas tropicales (21), para luego alcanzar un equilibrio si se tiene control sobre el recurso (ver capítulo 6).

Aunque un estudio completo sobre los efectos biológicos que produce la construcción de una presa debería incluir todos y cada uno de los elementos afectados así como las causas precisas que los ocasionan (con base en la definición de Ecosistema) un análisis de esta naturaleza resultaría demasiado complejo, tardado y en consecuencia, costoso.

Esto hace que el análisis de los aspectos biológicos afectados haga referencia solamente a algunos aspectos importantes como el bosque, la vida silvestre terrestre y la ictiofauna. Ahora bien, aunque todo impacto ambiental se detecta y evalúa en función del interés humano, también deben tomarse en cuenta las respuestas ecológicas no económicas, ya que de una u otra manera, siempre afectará la vida y los intereses humanos.

Los efectos que una presa puede producir en los ecosistemas está en función de las alteraciones de los patrones estructurales y funcionales, de la intensidad de los cambios y de la capacidad de amortiguarlos.

En el presente capítulo se analizarán únicamente los aspectos relacionados con la fauna mayor y la flora; en capítulos previos han sido mencionados algunos efectos en organismos vivos, principalmente los peces y las malezas acuáticas, debido a la íntima relación existente entre el hábitat modificado y los seres vivos. De la misma forma, en el siguiente capítulo se llega a mencionar la relación entre la proliferación de ciertos vectores con la salud de la población que habita cerca del embalse.

FLORA

Evidentemente, las áreas inundadas por los embalses, contienen cada una diferentes tipos de vegetación, dependiendo de su localización geográfica, su altitud y el clima principalmente. En --

términos generales, podemos encontrar que en tales áreas la vegetación puede ser escasa, abundante y variada o que se trate de un -- bosque.

El primer caso, de las tierras con vegetación escasa, sería propio de zonas áridas o semi-áridas y resulta el caso más favorable. La transformación del producto vegetal terrestre al acuático, no es tan drástico si tomamos como base la cantidad.

El caso siguiente puede referirse tanto a la vegetación silvestre como a tierras de cultivo. Ambos casos representan pérdidas considerables tanto para el ecosistema en sí como para el propio interés humano. Si el sitio a inundar posee tierras aptas para el cultivo o tierras que ya se estaban cultivando, habrá que determinar si la producción de alimentos no se verá afectada con la inundación. Este aspecto es determinante principalmente en países subdesarrollados en los que la disponibilidad de alimentos es precaria y se prefiere beneficiar la economía del país en lugar del nivel de vida de sus habitantes.

El último caso es el más importante y es el del bosque tanto inundado como el talado y que dará lugar al embalse o a zonas de cultivo tecnificado. Es posiblemente el ecosistema que corre más peligro, se hace poco para explotarlo racionalmente y a veces es considerado como un estorbo para la agricultura y la ganadería, lo que provoca que se le destruya sin prever consecuencias.

El bosque actúa sobre el suelo de dos modos, como formador y como protector. Las hojas y las ramas al caer y al descomponerse forman el humus. El bosque puede considerarse un poderoso productor de la materia viva indispensable para la fotosíntesis, mientras que en el plano de la productividad biológica, las extensiones desnudas ofrecen pocas esperanzas.

Ante todo, el bosque protege el suelo contra la erosión por el viento y por el agua, actuando además como un depósito de agua que limita la dirección. Tanto los grandes árboles con un sistema radicular potente, como las plantas herbáceas cuyas raíces forman una fina red, contribuyen a formar un armazón dentro del suelo. Además, la densidad del sistema de hojas amortiguan considerablemen

te el golpe de cada gota de lluvia en el suelo. En un bosque el exceso de agua es raro y la dirección excepcional. El bosque tiene, por consiguiente, un papel regulador fundamentalmente dentro del sistema hidráulico y en particular de los ríos. Se teme mucho a las avenidas de los ríos que causan inundaciones, siendo que a veces ésto es provocado por la desforestación sistemática aguas arriba. Al talar el bosque el suelo se oxida por la acción del sol y desaparece.

Dondequiera que hayan desaparecido los árboles, el suelo se ha empobrecido y el desierto ha ocupado finalmente el lugar de las tierras fértiles.

Pero, aunque siempre es lamentable la pérdida de una riqueza forestal, es sumamente necesario que se efectúe la tala y el desmonte de la zona para prevenir problemas mayores, tanto en la calidad de las aguas como en la productividad piscícola del lago. Tal riqueza forestal debe ser evaluada debidamente, como fue el caso de la flora que se encontraba en el lugar que hoy ocupa la presa de Malpaso, en Chiapas, y que era la siguiente: árboles que producían maderas finas como la caoba roja, caracolillo, palo de rosa o macuilí, rosa morada, primavera y cedro; maderas medio finas, como el barí, tinco, amarillo, amargoso, palo sangre, zapote, etc. y duras, como el guanacaste, chacté, limoncillo, etc. Se tenían también árboles de corteza blanda, como eran: la ceiba, mulato, amate, pochote, etc.; además de palmas como el corozo, palma real y de bejucos, como el mondongo y el barbazco⁽²⁷⁾.

Ha de tenerse principal cuidado con el barbazco, un bejuco extremadamente venenoso para los peces y que puede tener funestas consecuencias para la explotación piscícola⁽²⁷⁾.

Un efecto inducido por el establecimiento de un embalse es la repoblación forestal de la cuenca como medida correctora de la erosión.

Además, el efecto sobre las comunidades vegetales no sólo se siente en la zona inundada. En el proyecto hidroeléctrico de los ríos Kama-Vycheгда-Pechora, en la Unión Soviética, grandes áreas constituidas por rocas y arenas permeables estaban sólo ligeramen-

te por encima del nivel del embalse, produciéndose "una elevación del nivel de la mesa del agua con el consecuente deterioro de la vegetación" (14). Hay que tomar en cuenta, además, que los cambios que afectan la vegetación circundante al embalse tiene a su vez un gran efecto sobre la fauna silvestre, particularmente en los frágiles sistemas tropicales.

En cuanto al fitoplancton, ya se mencionó en el capítulo 4 su crecimiento excesivo debido al vertido de nutrientes al embalse y su establecimiento exclusivo en las capas superiores debido a la turbiedad de las aguas.

Las malezas acuáticas, que encuadrarían dentro de este tema, ya fueron analizadas ampliamente en el capítulo concerniente a la calidad de las aguas.

FAUNA

Los animales representan una pequeña proporción dentro de la biomasa total del ecosistema y consumen una pequeña parte de la -- producción neta viva disponible del sistema. Esto podría indicar -- que su papel dentro del flujo energético y en el ciclo de los minerales es mínimo, sin embargo, su papel es primordial en una variedad de funciones como el control de los procesos de polinización, fructificación y floración, descomposición de hojarasca, consumo -- de plantas verdes, y también otros más importantes como el ciclaje mineral y la productividad.

Para un análisis ordenado de los efectos que produce una presa en la fauna, hay que distinguir el sitio y el momento del efecto, su importancia y lo que ello significa en las poblaciones te--restres, acuáticas y aéreas.

La inundación de áreas extensas pueden provocar migraciones, mortalidad y posiblemente crecimientos aumentados en los vertebra-dos terrestres, pero, si bien es cierto que en la inundación perecen muchos animales, cantidades apreciables logran sobrevivir por meduos propios o ayudados por acciones humanas. Si tales animales son llevados a ambientes similares a los anteriores, entonces lo--gran sobrevivir y así, las molestias ocasionadas por la presa son

temporales. El problema estriba en que no siempre las operaciones de reubicación amortiguan el efecto de la inundación. Esto es debido a que la fauna depende en gran medida de los vegetales en que se desarrollan, además de los procesos de competencia interespecífica intensos dados entre los elementos faunísticos. Por ésto, las operaciones de reubicación van a depender de: (14)

- 1.- La extensión del área inundada. A mayor extensión, menor oportunidad de encontrar el hábitat idóneo.
- 2.- El tipo de comunidades vegetales inundadas.
- 3.- El tipo y la densidad poblacional de las especies silvestres. Existen poblaciones en los ecosistemas con baja densidad, otras que son comunes a muy pocos ecosistemas o localidades, e incluso, reducidos a uno sólo.
- 4.- La proporción de l área de un cierto tipo de vegetación que es inundada en relación a la extensión de ese mismo tipo en áreas circundantes.
- 5.- La abundancia de la fauna silvestre en la región circundante, lo que será básico para determinar los procesos de competencia entre las especies locales y las inmigrantes.

A continuación daremos algunos ejemplos del efecto de las presas sobre los vertebrados terrestres y de la reubicación de las especies.

En el embalse Kariba, en Rodesia-Zambia, perdieron terreno -- los hipopótamos y los gamos; consiguieron usar algunas áreas los elefantes, impalas, búfalos y otros; las aves de bosque fueron sustituidas por las de campos abiertos debido al clareo agrícola, por lo menos parte del año y se afectó a 6000 mamíferos mayores que tuvieron que ser recolocados (21).

En Malpaso y Angostura se reportó una mortalidad masiva de -- fauna atrapada en islas temporales durante el embalsamiento así como desplazamientos erráticos de la fauna de vertebrados terrestres (21).

Al formarse el embalse de Brokopondo en Surinam, fueron movi-
lizados 10 000 mamíferos y reptiles, así como 18 000 durante el --
llenado del embalse de Guay en el Estado de Bolívar, en Venezuela
(14).

Aún durante la etapa de construcción de las presas, puede inducirse un efecto negativo en la fauna mayor debido a la cacería - incontrolada de la nueva población del área, es así como en el sureste de la República Mexicana se han visto reducidas las poblaciones de grisón o rey de las ardillas, del mono aullador, el mono araña, el demonte (especie que es muy escasa actualmente y que se encuentra en peligro de extinción), el jaguar, el ocelote y el tigrillo. Estas mismas especies sufrieron además el efecto de un desplazamiento errático que las llevó a caer en los dominios de depredadores (9).

Hay que subrayar la íntima relación entre la fauna mayor y su biotipo. En el mismo sureste de México, la existencia de estas especies está condicionada a la continuidad del mismo ambiente. Es así que se mencionan como causas principales del efecto en ellos, a los múltiples cambios del ambiente dados por el desarrollo paralelo de las actividades económicas que demandan constantemente mayores espacios. Especies como el tapir, el jabalí de labios blancos y el temazate o venadito rojo han sido dañadas por el desarrollo de actividades económicas (9).

Finalmente, algunos autores consideran que uno de los efectos más importantes producidos en la fauna mayor es la creación de una barrera en el camino de circulación entre ambos márgenes, lo cual es de gran importancia para las especies que emigran o que tienen su hábitat distribuido a un lado u otro del cauce.

En cuanto al efecto producido en la ictiofauna, ya se hizo --mención en el capítulo referente a la calidad de las aguas aunque es necesario abordar otras causas y efectos para tener una visión un poco más amplia del fenómeno.

Un efecto importante es la discontinuidad que introduce una presa en el río y que resulta como un serio obstáculo para los peces migratorios. Según estudios realizados por Schoeneman, Pressey y Junge, en 1961, encontraron que la mortalidad de peces migratorios al pasar por el vertedor era de 21 (de 0 a 46) y la de los -- que pasan por las turbinas, de un 11%. También encontraron pérdidas de stocks (cantidades en existencia o provisiones) mayores en

el día que en la noche, por ejemplo, en salmones, de 98.9 a 94.4% contra 5.6 a 6.1%, amocetos de lampreas, de 51.1 a 75.8% contra 24.2 a 48.9% etc. (21). También se afectan las migraciones laterales de los peces.

Por otro lado, las alteraciones del Oxígeno Disuelto alteran o pueden alterar el nado, la supervivencia, el crecimiento y el consumo de alimentos de los organismos acuáticos. Es importante señalar que al tomar en cuenta este parámetro no debe usarse el promedio de Oxígeno Disuelto sino los valores máximos y mínimos, pues estos son factores limitantes.

Otro aspecto de interés es la variación del nivel de las aguas del embalse ya que deja al descubierto zonas de desove y nidación de numerosas especies (1).

En México, el estudio de los efectos en la fauna acuática no se ha realizado de una manera muy clara. Al detectar cambios en la ictiofauna se le relaciona muy tímidamente con la construcción de presas y además, en los estudios realizados no se sabe si los criterios usados durante la captura fueron para cuantificaciones comparativas o como resultado de simples colectas. Tampoco se conoce el tipo de técnicas de captura lo que hace que las interpretaciones carezcan de una base sólida (9).

Se menciona por ejemplo, que se han detectado cambios en la población de peces de los ríos Sauz y Conchos, en Chihuahua, registrándose desaparición de especies "...supuestamente como efecto de las presas..." (9).

Con la construcción de la presa Rodrigo Gómez, en Nuevo León, se modificaron las características originales de las poblaciones de peces a causa del embalsamiento e introducción de especies exóticas y también, debido a las descargas de aguas negras (ver Tabla 5.1).

El sistema de presas (10 en México, 3 internacionales y un número no determinado en Estados Unidos) de la cuenca del río Bravo, ha ocasionado la desaparición de la anguila río arriba de las presas. "Además, el caudal reducido y la salinización debida a los numerosos sistemas de riego y poblados se manifiesta por el cambio -

TABLA 5.1 ALTERACIONES EN LA DISTRIBUCION DE LOS PECES, CAUSADAS POR LA PRESA RODRIGO GOMEZ, N.L.

ESPECIE	Antes de la construcción (1935-1955)					Después de la construcción (1958-1975)		
	Aguas arriba	En el sitio del embalse	Aguas abajo	Aguas arriba	En el sitio del embalse	Aguas abajo		
						Sin aguas negras	Con descarga de aguas N.	Suspendida la descarga de A.N.
<i>Notropis rutilus</i>	X	X	X					
<i>Notropis stramineus</i>	X	X	X	X		X		
<i>Camptostoma anomalum</i>	X	X	X	X				
<i>Moxostoma congestum albidum</i> (matalote)	X	X	X	X				
<i>Etheostoma grahami</i>	X	X	?	X				
<i>Doina espiscopa</i>	X	X	X	X		X		
<i>Astyanax mexicanus</i> (sardinita)	X	X	X	X	R			X
<i>Ictalurus punctatus</i> (bagre)	X	X	X	X	R			
<i>Micropterus salmoides</i> (lobina)	X	X	X	X	X			
<i>Leponis macrochirus</i> (mojarra de agallas azules)	?	X	X	X	H			
<i>Leponis megalotis</i> (mojarra)	X	X	X	X	H			
<i>Ciciliasoma cyanoguttatus</i> (mojarra)	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Poecilia mexicana</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
TOTALES	13	13	13	12	7	4	2	3
Exóticas								
<i>Gambusia affinis speciosa</i>					X			
<i>Chirostoma</i> sp (charal)					F			
<i>Chirostoma</i> sp (pescado blanco)					F			

Símbolos: X: presente; ?: presencia probable; R: rara; H: se cruzan interespecíficamente; F: introducción fallida.

Fuente: Referencia 21

en la ictiofauna en la parte más baja del río, abajo de la presa - Falcón, donde, en la boca del río, en época de lluvias y con la ma rea apenas subiendo, se nota una fuerte disminución de especies -- primarias, un cambio de especies en las secundarias y otros cam--- bios en el número de especies periféricas" (9) Ver Tabla 5.2

En relación al efecto que las presas producen en la Avifauna, se ha mencionado que éstos son en algunos casos positivos, y en otras ocasiones negativas.

Dentro de los efectos negativos, se hace a las obras hidráulicas causantes de la eliminación del espacio de las aves y desplazamientos durante el embalsamiento, lo que provoca una sobrepoblación temporal inmediatamente después del llenado y, por lo tanto, una mayor exposición a la depredación y fuerte competencia por alimento. Se han reportado mortalidad de aves en las presas durante - el embalsamiento, sobre todo aquellas de vuelo corto que van que-- dando atrapadas en islas temporales.

Relacionando la avifauna con la vegetación, se considera que en los sistemas tropicales, la fauna aérea de los bosques presenta las siguientes características:

- 1.- Es poco prolífica, es decir, no se multiplica rápidamente.
- 2.- Es muy dependiente de la fisonomía estructural de la vegetación.
- 3.- Se adapta menos que las especies de los ríos y sabanas a la colonización de una sucesión secundaria.
- 4.- Es de muy baja capacidad de dispersión.

Es por esto que la avifauna del bosque tropical sufre grandes reducciones de especies con ligeras alteraciones de su hábitat vegetal.

Con respecto a los efectos positivos se encuentra el considerar a los embalses como creadores de nuevas zonas húmedas, y en -- cierta forma, como un mecanismo compensatorio de las degradaciones provocadas por las desecaciones o la contaminación de los hábitats acuáticos naturales.

En España, varias organizaciones conservacionistas han logra-

TABLA 5.2 CAMBIOS EN LA COMPOSICION DE LA ICTIOFAUNA EN LA BOCA DEL RIO BRAVO, TAMPS., EN EPOCA DE LLUVIAS Y CON MAREA ASCENDENTE.

	1853-59	1953	1975
PRIMARIAS (De aguas dulces)			
<i>Ictalurus furcatus</i>	X		
No. de especies	1		
SECUNDARIAS (De aguas salobres)			
<i>Poecilia latipinna</i>	X		
<i>Cyprinodon variegatus</i>	=	X	X
<i>Fundulus grandis</i>	=	=	X
No. de especies	3	1-2	2
PERIFERICAS (marinas que en ocasiones penetran a los ríos)			
<i>Elops saurus</i>		X	
<i>Dorosoma cepedianum</i>		X	
<i>Micropogon undulatus</i>		X	
<i>Gobionellus boleosoma</i>		X	
<i>Polydactylus octonemus</i>		X	
<i>Anchoa mitchilli</i>		X	X
<i>Arius felis</i>		X	X
<i>Mujil cephalus</i>		X	X
<i>Menidia beryllina</i>			X
<i>Membras vagrans</i>			X
<i>Eucinos toms argenteus</i>			X
<i>Evorthodus lyricus</i>			X
<i>Citharichthys spilopterus</i>			X
<i>Trinectes lineatus</i>			X
<i>Anguilla rostrata</i>			X
No. de especies	?	8	10

X - Presente

= - Presencia asumida

Fuente: Referencia 21

do aprovechar los embalses del país para la creación de estaciones ornitológicas, censos de aves e investigación científica. Es de interés mencionar que este país ocupa una posición geográfica muy importante dentro de las rutas que siguen los patos de la región paleártica y la creación de embalses ha significado la presencia de un gran número de aves en la península cuando emigran del norte -- por el invierno⁽²⁸⁾.

En realidad, si se tiene conciencia de lo que ésto puede significar, podrían salvarse muchas especies mediante el rescate oportuno de ellas, como bien pudo haberse hecho con las aves de vuelo corto atrapadas en las islas. Los españoles, inclusive han aprovechado los islotes y las penínsulas que suelen formarse en las corrientes afluentes para crear "santuarios" y así crear sus estaciones ornitológicas. Tales lugares son aislados mediante cercado o mediante la excavación de un canal en el istmo para evitar tanto la acción del hombre como la presencia de predadores animales como -- los zorros, los turones, topillos, culebras, etc., que hagan peligrar la vida de las aves.

Al parecer, de los elementos faunísticos que logran un beneficio, aparte de las aves, son los reptiles, cuyo hábitat es el acuático. En la zona sureste de la República Mexicana, se mencionan -- dentro de los reptiles beneficiados al cocodrilo de río, el cocodrilo de pantano, la tortuga blanca, tortuga jicateca y la *Staurotypus triporoneatus*. Algunas de estas especies poseen importancia comercial, como es el caso de los cocodrilos por su piel y el de la tortuga blanca por su carne⁽⁹⁾.

En relación con los aspectos faunísticos, se hicieron ciertas recomendaciones para la presa Cajón de Peña, en Jalisco⁽³⁶⁾, entre las que se cuentan:

- 1.- Se necesita conocer bien las especies acuáticas del río -- para predecir los efectos provocados por la disminución -- del gasto y por la barrera que impide la dispersión natural y las migraciones,
- 2.- Estudiar los efectos que puede traer la obra sobre el lan

gostino o camarón de río, recurso de gran importancia.

- 3.- Posibilidad de cultivo de cocodrilo en la zona de marismas.
- 4.- No introducir especies exóticas para fomentar las especies comerciales de la zona, como la lisa.
- 5.- Verificar y proteger la presencia de tortugas de agua dulce.
- 6.- Establecer un control de caza y programas de protección de la flora y la fauna.
- 7.- Prácticas de rescate de los animales atrapados en la isla formada en el embalse.

Hasta ahora sólo se han mencionado los efectos en la flora y la fauna del embalse, pero también hay que tomar muy en cuenta aquellos efectos que se producen aguas abajo. De hecho, se piensa que la mayor parte de los efectos ecológicos y los principales impactos se dan aguas abajo y es precisamente allí donde menos se han realizado estudios sobre los efectos de las presas.

Como se indicó en el capítulo 4, las descargas que presentan temperaturas extremas ocasionan alteraciones importantes en la fauna, aunque una descarga relativamente estable favorece el crecimiento de las plantas. Se han encontrado, por ejemplo, densos crecimientos de algas filamentosas debido quizás a que están menos sujetas al arrastre y destrucción del río no regulado.

Otro efecto de importancia es la supersaturación por nitrógeno, que puede provocar daño en los peces del tramo inmediatamente inferior al embalse. De hecho, ya se considera seriamente este fenómeno y se predice que llega a afectar las poblaciones de salmones jóvenes y adultos en distancias apreciables del río.

Además de los efectos antes citados, tenemos aquellos que se derivan de la variación del flujo hidrológico y que son una reducción en el aporte de acarreos y nutrientes a los ambientes aguas abajo y cambios en la dinámica del río. Ambos efectos tienen a su vez un impacto importante en las actividades biológicas de los ríos, pantanos, deltas y otros ambientes acuáticos.

CAPITULO 6

IMPACTOS SOCIO-ECONOMICOS Y CULTURALES

En términos generales, puede suponerse que la construcción y operación de las presas traen consigo una elevación del nivel de vida para aquellos que viven en sus alrededores. Se construyen centros de salud, escuelas, servicios públicos tales como correo, teléfono, etc., de tal manera que se introducen en el nuevo poblado todas aquellas comodidades técnicas que se gozan en las grandes ciudades. Sin embargo, todo el beneficio que se pretende brindar a la población del lugar puede quedarse en buenas intenciones e inclusive puede convertirse en perjuicio para los habitantes, si antes de la construcción de la presa no se realizan los estudios necesarios, o si la planeación de tales aspectos se realiza a la ligera o de manera incompleta.

Para comprender mejor los fenómenos de tipo social y económico que suceden antes y después de la construcción de una presa, habrá que mencionar de manera general el movimiento de la población como respuesta de la realización de la obra.

En primer lugar, tenemos el caso de si el área a inundarse alberga poblados con gentes dedicadas en su mayoría a actividades agrícolas o ganaderas (ver figura 6.1).

Por medio de la expropiación e indemnización de las tierras, estas personas se salen del área del futuro embalse y se les trasladada a un sitio en donde se les dará servicios públicos que antes no disfrutaban.

Atraídos por las oportunidades de trabajo que ofrece una obra de gran magnitud, campesinos de poblados cercanos se trasladan al sitio de la obra. A ellos habrá que ofrecerles vivienda y los mismos servicios que a los demás.

El remanente de población que no logra obtener trabajo y que no dispone de tierras propias para trabajar puede llegar a formar sitios de miseria en las cercanías del poblado, o bien se trasladan a un lugar cercano a practicar el tradicional sistema de agricultura nómada.

Habrà que mencionar también, aunque en realidad llegan a ser pocos, al equipo de técnicos, ingenieros y profesionistas que se ocupan de todo el proceso de construcción y operación de la obra.

Entre los aspectos más interesantes que se pueden mencionar como impactos socio-económicos y culturales, tenemos : salud, fuentes de trabajo, tenencia de la tierra, vivienda y arqueología.

SALUD

En las zonas rurales de los países en vías de desarrollo el aspecto salud es bastante deficiente debido principalmente a la -- desnutrición que padecen el campesino y su familia, a la falta o -- desconocimiento de la higiene personal y a las pobres condiciones sanitarias que prevalecen en tales lugares, como son la falta de a gua potable y de sistemas de eliminación de desechos líquidos y só lidos.

De esta forma, vemos que un nuevo centro de población que -- cuente con servicios sanitarios y una obra que brinde mayores in-- gresos, conduce a una mejoría de la población en el aspecto salud. Además, es común que en tales poblados exista al menos una clínica,

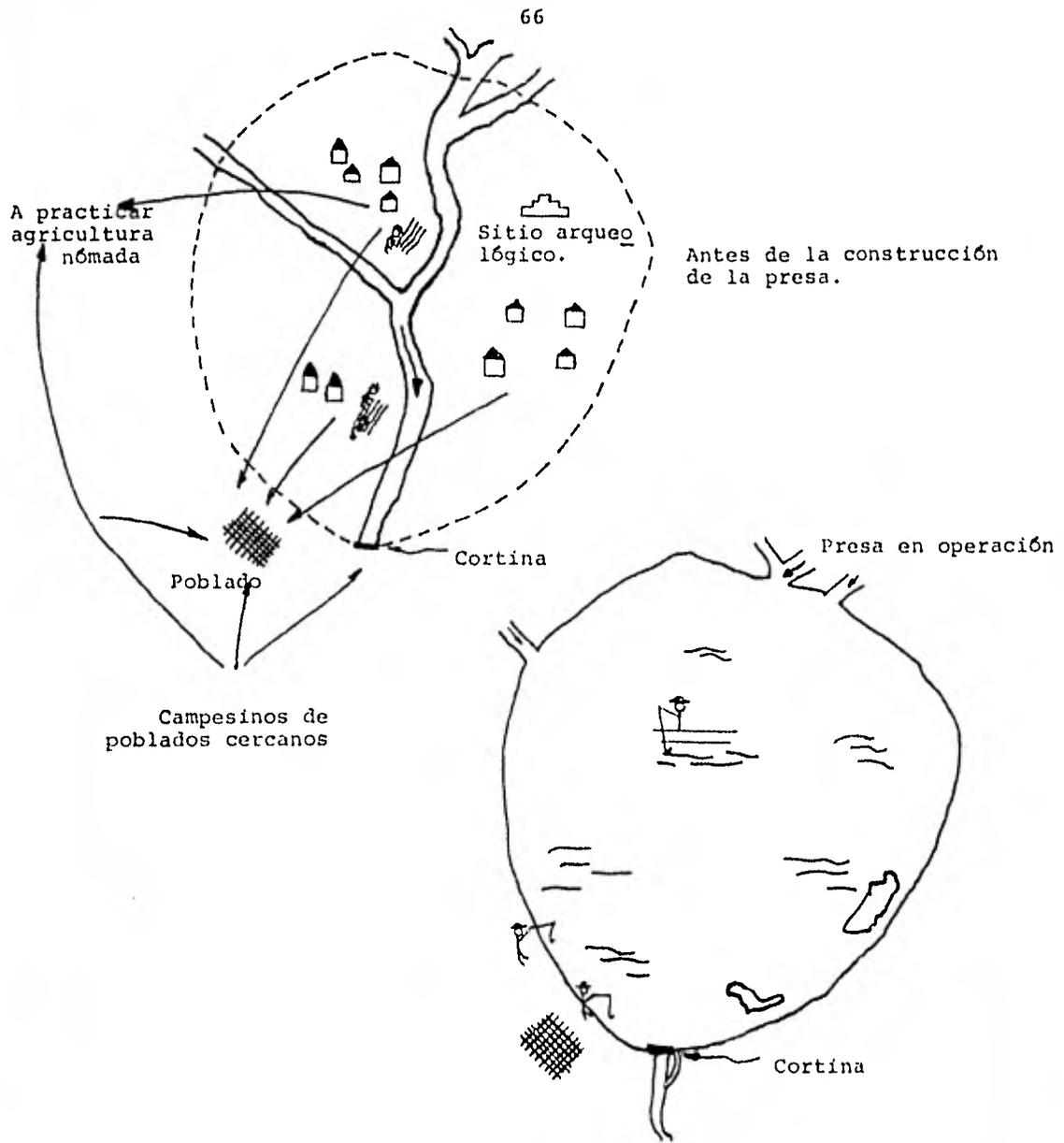


Fig. 6.1.- MOVIMIENTOS MIGRATORIOS Y EFECTO EN LAS FUENTES DE TRABAJO.

lo cual, resulta aún mejor para quienes habitan el nuevo poblado.⁽⁴⁾

Sin embargo, habrá de tomar en cuenta otros aspectos que pueden acarrear nuevas enfermedades y que están ligados a la construcción de presas. Esto no quiere decir que las causas que provocan enfermedades sean imposibles de vencer, antes bien, puede afirmarse que la mayoría de ellas son evitables, siempre y cuando sean -- consideradas desde la etapa de planeación.

Los problemas pueden comenzar desde los inicios de la construcción de la presa, cuando emigra una fuerza de trabajo de los poblados vecinos al lugar de la obra. Estos trabajadores generalmente son jóvenes y del sexo masculino y estarán expuestos a ciertas enfermedades de no ser que se les brinde una serie de condiciones sanitarias, al menos las básicas. Por otra parte, tenemos que estos trabajadores son posibles portadores de nuevas enfermedades que traen de las zonas de donde ellos vienen y que no existían antes en el lugar (ver figura 6.1) por lo que necesita haber un control médico para aquellos que llegan a la obra con el fin de evitar epidemias.

Como lo mencionamos anteriormente, no toda la población inmigrante logra conseguir trabajo, por lo cual, llega a formar cinturones de miseria alrededor de los campamentos en donde se albergan los trabajadores. En tales cinturones no existen condiciones sanitarias adecuadas y además, a medida que pasa el tiempo llevan a -- sus familias a tales sitios y para poder subsistir se dedican al -- comercio, prestan servicios y en algunos lugares se quedan, atraídos por las posibilidades de pesca que promete el embalse. Esta comunidad marginada -- que no llega a constituir finalmente un problema de ninguna persona o sector -- viviendo en condiciones de salud deficientes, por el hecho de prestar servicios y de dedicarse al -- comercio, hace que se vea en contacto con los trabajadores y el -- personal que supuestamente sí fue atendido en el proceso de planificación, por lo que resulta obvio que las enfermedades de la gente marginada puedan propagarse a los trabajadores sanos.

Durante el proceso de planeación, en algunos casos se les exige a los contratistas que construyan un mínimo de condiciones sani

tarias para la fuerza de trabajo, lo cual realizan, pero, a los -- marginados nadie los atiende ya que se les considera siempre como fuera de su círculo de influencia⁽²⁾.

Los impactos en la salud generados por la construcción de presas, dependen del estado de salud de la población antes de iniciar se las obras. Como sabemos, en muchas regiones de México existen - comunidades indígenas cuyas condiciones de salud son deficientes - por lo que, al ocurrir el reacomodo en un sólo sitio, luego de vivir en forma dispersa, hace que se aumente la probabilidad de transmisión de enfermedades o aumenta también la multiplicación de vectores.

Lo anterior, que constituyen aspectos de la salud que pueden prevenirse, han de tomarse en cuenta al elegir el número de médicos y de clínicas que se proyectan construir en el campamento y en los poblados nuevos. Resultan pues de importancia primordial todas aquellas acciones que un grupo de médicos o enfermeros rurales lo gre antes de que empiecen a surgir en forma descontrolada las en--fermedades de tipo contagioso que al fin de cuentas puede llegar a afectar el proceso de construcción de la obra misma.

El paso de aguas de corriente rápida a aguas casi estancadas o de movimientos lentos, favorece la proliferación de una cierta - cantidad de vectores. Posiblemente esto no traería graves conse---cuencias si se cumplieran las exigencias sanitarias de la pobla---ción que vive a la orilla de la presa. Pero a veces sucede que cuando no se crea un sistema - ni siquiera elemental - de agua potable, la gente que antes tomaba agua del río llega a tomarla del embalse. Y si no hay sistema de agua potable, menos habrá servicio de drenaje y tratamiento de las aguas residuales por lo que el destino de tales desechos, que igualmente antes eran al río, ahora lo es al - embalse, el cual no tiene la misma capacidad que el río para asimilar y depurar naturalmente los desechos, razón por la cual éstos - se van acumulando, con todas las consecuencias que ésto trae consigo⁽²⁾.

Si a ésto agregamos que se trate de una presa construída con el propósito de dotar agua para irrigación y si se recuerda el uso

exagerado que se hace de los plaguicidas, obtendremos como resultado que el embalse puede llegar a ser el destinatario de los nutrientes que traen los plaguicidas.

Otro aspecto que hay que cuidar, si se pretende construir sistemas elementales de aguas residuales, como es el caso de la construcción de fosas sépticas, es que el nivel de éstas no esté muy cerca del nivel de agua en la época de lluvias porque de esta forma la presa se volvería un medio muy eficiente para la transmisión de una gran cantidad de vectores.

Aparte de las enfermedades de tipo gastrointestinal ligadas a la falta de agua potable, la falta de drenaje y manejo de excretas, hay también otro tipo de enfermedades asociadas a la existencia de presas, como es el caso de la Esquistosomiasis. Esta enfermedad es producida por gusanos tremátodes del género *Schistosoma*. De las tres variedades existentes (vesical, intestinal y arteriovenosa), la intestinal - producida por el *Schistosoma mansoni* - es la que llega a ocurrir en América, aunque también en Asia y Africa. El parásito radica en las venas del intestino y ocasiona fiebre, diarreas o constipación, dolor en el abdomen, esplenomegalia, etc. La enfermedad es de tal importancia que en algunas presas africanas ha llegado a un 80% de la población local. El tremátode vive en caracoles que se convierten así en huéspedes intermediarios. Los caracoles se extienden por aquellos canales que están próximos a las presas y si la gente toma agua de tales canales para satisfacer sus necesidades de bebida y aseo, el parásito pasa a las personas continuando en ellas su ciclo.

Este problema tiene varias soluciones, como es la de utilizar a la población para eliminar a los caracoles, (esto fue logrado con gran éxito en China (2)); el uso de la quimioterapia como medida de lucha, control químico, control ecológico y control biológico.

Otra enfermedad relacionada con las presas es el paludismo ya que cuando baja el nivel de las aguas del embalse quedan charcas - en donde se reproduce el mosquito que es el vector del paludismo - (2).

Finalmente tenemos la Oncocercosis, que puede ser favorecida por ciertas condiciones ecológicas que aportan las modificaciones que acompañan las presas.

Los gusanos del género Onchocerca, que transmiten la enfermedad son disminuidos si las aguas son lentas, porque viven en aguas que son de corrientes rápidas, pero llegan a localizarse en aquellos conductos que salen del embalse a través de la cortina (o a un lado de ella) y en los que el agua sale a velocidades considerables. También pueden localizarse en las Obras de Excedencias.

Muchas de esas enfermedades se hacen evidentes años o décadas después de la construcción de la presa. En algunos casos los cambios sí son inmediatos sobre todo durante los primeros momentos de reubicación, cuando la gente tiene mayores problemas en cuanto a la alimentación, problemas de tipo sociológico y debido a que entonces las condiciones sanitarias generalmente no son óptimas por lo que hacen de esa época un lapso de tiempo en el que los daños potenciales son mucho mayores y por lo tanto habrá que estar al tanto de todo lo que esté ocurriendo en materia de salud.

VIVIENDA

Como es sabido, los habitantes del medio rural en los países subdesarrollados llegan a constituir a veces la mayoría de toda la población nacional. Característico de estos grupos es la falta de los servicios sanitarios más indispensables y su permanencia en habitaciones "que son verdaderos tugurios en peligrosas y nocivas aglomeraciones de personas y animales" (11), lo cual provoca en ocasiones la promiscuidad dado el poco número de cuartos que componen una vivienda y por lo numeroso de sus familias (10).

Los materiales de que están constituidas las viviendas rurales generalmente son:

Paredes: adobe, vara y lodo con piedra.

Techos : teja, tierra, zacate, láminas de cartón y palma.

Pisos : tierra y cemento.

Por esta razón, se supone que la construcción de viviendas -- con paredes y techos de concreto y la ampliación de las nuevas casas

ya constituye una mejoría. Sin embargo, hay que tomar en cuenta, - en la etapa de planeación, la forma de vida de las comunidades^(11, 12) para que toda obra que pretenda realizarse en favor de ellos, sea funcional y no choque con las costumbres y estilo de vida de la población. Este aspecto es de suma importancia porque precisamente son estos estudios los que en ocasiones no se realizan o si se hacen no resultan útiles y es por ésto que se ha notado que en las zonas de reubicación lo que se hace es contar el número de gentes a poblar y arbitrariamente se les van asignando las casas a cada familia lo cual provoca que se destruya completamente la organización de los poblados. En ocasiones, las mismas familias quedan separadas porque los planificadores de este renglón piensan en una casa para la familia nuclear, es decir: padre, madre e hijos, y se olvidan completamente que existen otros tipos de organización familiar en el espacio rural⁽²⁾.

Lo que ha sucedido en la construcción de viviendas para los reacomodados en las cercanías de una presa es que se ha tomado un sólo tipo de casa, aspecto que puede verificarse si se observan -- las casas construidas desde México hasta la Argentina⁽²⁾. El espacio que los campesinos tenían alrededor de sus jacales, destinados al cuidado de animales domésticos, en las nuevas casas no existe.

El mismo tipo de construcción se utiliza en lugares cálidos -- así como en lugares fríos y además, no se prevé el cambio que se tendrá en el clima por causa del embalse de la presa. En la presa Cerro de Oro (Oaxaca), por ejemplo, las casas no pudieron hacerse de madera por que la gente no sabía manejar la madera, por lo que las casas se hicieron de tabique, con techo de lámina, en un lugar donde el calor es agobiante⁽²⁾; si aquellos que no lograron conseguir trabajo adolecen de falta de condiciones sanitarias, comprensible es que tampoco dispondrán de una vivienda digna y serán éstos los que más sufrirán por el cambio en el clima, como ya se vió en el capítulo relativo a LOS Impactos físicos⁽⁴⁾.

Se vuelve a insistir en que todos estos problemas pueden evitarse o al menos minimizarse si se conoce ellos y se trabaja desde la etapa de planeación.

FUENTES DE TRABAJO. INGRESOS

Generalmente, las actividades a las que se dedica cualquier habitante del espacio rural es la agricultura y la ganadería. Si las condiciones de algún río cercano se lo permiten, también se dedica a la pesca y en algunos sitios aún se practica la caza como actividad primordial.

La práctica de la agricultura se realiza en muchas zonas mediante el sistema nómada (rosa-tumba-quema-siembra) el cual es útil para prevenir el rápido crecimiento de malezas y ataque de plagas pero que degrada rápidamente los suelos, y además, provoca la erosión.

En México, como en otros países, el monocultivo del maíz es el que reviste la mayor importancia durante el temporal y hay sitios en donde en tiempo de secas se cultivan frutas⁽¹⁰⁾.

Sus técnicas de cultivo y las semillas que utilizan hacen que la actividad de la agricultura apenas les sirva para satisfacer sus necesidades de alimentación, y lo que les llega a sobrar lo venden, logrando así algún ingreso económico que definitivamente nunca logra sacarlos de la pobreza, en ocasiones extremas. En Nayarit, en el sitio en donde se pretende realizar el P.H. Aguamilpa, el ingreso, en 1981, era muy bajo, "pues en su mayoría es menor a quinientos pesos mensuales" ⁽¹⁰⁾.

Como ya se indicó anteriormente, la construcción de la presa necesita de fuerza trabajadora y ello constituye un empleo para los habitantes de la zona que no depende de las bondades de la naturaleza y que sobre todo, llega a ser superior al que obtenían como agricultores; no obstante, hay que recordar que este tipo de trabajo es temporal, por lo que al terminarse la obra el campesino habrá que dedicarse a otras labores⁽⁴⁾.

Relacionado directamente con esto, está el que disminuirá la superficie dedicada a la agricultura, lo cual traerá como consecuencia una disminución en la existencia de alimentos, los que, para conseguirlos, habrá que comprarlos en otros sitios⁽⁴⁾.

Pasada la construcción de la presa, la gente puede dedicarse

de lleno a la actividad de la pesca, o bien puede trabajar en empacadoras de pescado, como sucedió en la presa La Angostura, en Chiapas. Pero decir "se van a dedicar a la pesca" es muy fácil. Hay -- que pensar que se trata de personas que fueron campesinos, y el arte de la pesca no es sencillo, además, al cambiarse las condiciones ecológicas del vaso la producción pesquera puede verse afectada como ya se vió en el capítulo relacionado con el Impacto en la Calidad de las Aguas.

Esto ha ocasionado en ciertos sitios, que las gentes del lugar no puedan dedicarse a la pesca y en cambio, los que sí se dedican a este oficio son personas que vienen de otros lugares en donde ya había un desarrollo pesquero. El problema puede resolverse si se capacita a las gentes al arte de la pesca. Así sucedió, por ejemplo en la presa Miguel Alemán⁽²⁾ en donde se trajeron pescadores de Puebla y se logró que transmitieran sus conocimientos a los lugareños. Desgraciadamente algún tiempo después se estableció una competencia entre el grupo de los expertos y el grupo de aprendices, por lo que los de Puebla hubieron de retirarse.

En el embalse de la misma presa se introdujo una mojarra africana, que en México ha prosperado mucho, lo cual no dejó de suceder en el embalse en cuestión. La gente capturaba unas cantidades tremendas lo que al parecer se debía a una capacidad nutricional inusual del embalse ya que el mismo fenómeno se ha presentado en otras presas como el lago Lokka, en Finlandia (ver Nutrientes en el capítulo IV). En la presa Miguel Alemán el verdadero problema comenzó cuando la gran producción comenzó a disminuir puesto que no había un control en la captura con lo que la gente empezó a capturar peces mucho más pequeños de lo permitido por los reglamentos de pesca, en otras palabras, las redes tenían que ser de una cierta malla para permitir que las poblaciones se recuperaran, y nunca hubo alguien que implantara los reglamentos, de tal forma que de 1978 a 1981 la pesca se vino completamente para abajo, lo cual repercutió directamente en el ingreso medio de la población.

En otras presas lo que se ha reportado es que al bajar la capacidad de captura, las gentes se dedican a otro tipo de actividad

des, razón por la cual se llega a una cierta estabilidad en la población de peces. Pero la recomendación principal que puede darse en este tipo de casos es que se controle efectivamente la actividad para que se logre una cierta estabilidad que no dañe la economía de los lugareños.

Relacionado con el aspecto ingresos, está el otorgamiento de créditos por parte de instituciones financieras. Si la actividad pesquera resulta (aunado ésto a la creación de nuevos centros de población) entonces las instituciones confían mucho más que cuando los reubicados eran sólo campesinos y otorgan así más créditos. Además, la promesa de éstos y su cumplimiento, es un elemento de convencimiento de la población que será desalojada de sus lugares de origen⁽⁴⁾.

TENENCIA DE LA TIERRA

La forma de propiedad común en el espacio rural mexicano es el ejido, aunque también el campesino llega a organizarse de manera comunal.

El primer problema que surge de esta situación es el arraigo a la tierra de parte de personas que han vivido en el lugar toda su vida y que resulta difícil de convencer. Por otro lado, se da una cierta inseguridad de parte de los colonos al no saber con certeza cuál será su situación futura⁽⁴⁾, es decir, se da en ellos una comprensible desconfianza pues temen que no se les restituyan sus tierras y que su situación quede peor que en el presente. Si a ésto añadimos el carácter tradicionalista y el miedo al cambio, -- clásicos de muchas personas del campo, tendremos el por qué de la resistencia campesina.

Ahora bien, el miedo que siente no parece del todo infundado. En la región de reacomodo de Uxpanapa, Veracruz⁽²¹⁾, podemos encontrar que debido a una poca identificación del campesino con el proyecto de desarrollo se dieron allí problemas de tipo social que no debieron haber ocurrido. Las causas de ésto fueron:

- 1) La calidad de las tierras restituidas no era muy satisfactoria.

- 2) En muchos casos los campesinos tenían sus pertenencias y su familia aún en su lugar de origen.
- 3) No se había logrado una productividad familiar remunerativa.
- 4) No trabajaban en lo propio, sino como peones, ya que les ofrecía mejores ingresos.
- 5) Había problemas de comunicación entre ellos mismos ya que se hablaban varios dialectos y algunos ni siquiera hablaban el español.

Todo esto provocó inconformidad e incertidumbre de los campesinos, por lo que se recomendó que se reforzara la promoción social para que el campesino se integrara a la producción y a la nueva sociedad, a la vez que se pensaba que era importante que el campesino poco a poco se fuera independizando del apoyo oficial y así alcanzara un verdadero arraigo a la tierra.

Otro aspecto de importancia es que en ocasiones la tenencia de la tierra es irregular pues es común que existan ciertas familias que no tengan título de propiedad de sus tierras y esto puede ser aprovechado por los grupos de poder o por caciques de la zona para procurar acaparar las tierras⁽⁴⁾.

En el seguimiento del P.H. Itzantun II, se menciona que esta irregularidad en la tenencia de la tierra podía alterar la distribución de la población respecto a la propiedad de la tierra, a este respecto, dicen: "...puede esperarse teóricamente que el porcentaje actual de ejidatarios se incremente respecto a la propiedad particular, por un lado, y que el porcentaje de tierras ejidales también aumente proporcionalmente respecto al área total"⁽⁴⁾.

ARQUEOLOGIA

El lugar idóneo para el establecimiento de cualquier grupo humano es aquel en donde se tenga cerca un río que los pueda dotar del líquido vital, y una planicie en donde puedan dedicarse a la práctica de la agricultura. Además, un río cerca significa una vía de comunicación adecuada para efectuar trabajos con menos esfuerzo.

El hombre, al pasar de su condición nómada a la de sedentario, escogió ese tipo de sitios para establecerse en ellos y fue allí - en donde comenzó la cultura y la historia propiamente dicha.

Para los historiadores y los arqueólogos, encontrar restos de esas primeras organizaciones humanas es básico para tratar de entender cuál ha sido el camino que ha seguido el Hombre hasta nuestros días y así entender mejor nuestra situación actual.

Por otra parte, las ruinas y todo objeto arqueológico, llega a ser una fuente muy atractiva para el turista nacional e internacional⁽⁶⁾ y por esta razón, se debe conservar y restaurar todo ese tipo de objetos antiguos.

Es recomendable pues, que cada vez que se piense inundar un territorio cualquiera, se llame a los expertos en arqueología y -- que sean ellos quienes inspeccionen el terreno para que puedan recuperar el mayor número de objetos que sea posible.

Afortunadamente ha habido quienes han comprendido esta situación y han favorecido este tipo de rescates, como fue el caso en el P.H. Itzantun II⁽⁴⁾, en donde se esperaba en 1980 realizar un inventario de los sitios arqueológicos con miras en el rescate de los objetos antes de la inundación de la zona, o también el caso de la presa Salto Grande, en donde luego de 5 años de investigaciones se logró recuperar todo el material arqueológico⁽¹⁶⁾.

Para dar un ejemplo de lo que ocurre cuando no se efectúan -- los estudios ni el rescate de los objetos arqueológicos, mencionaremos lo ocurrido en la presa Warragamba, en Australia, en donde se inundó una zona de la cual sólo pudieron conservarse las descripciones etnológicas de sus antiguos pobladores pues no pudo ser conservada a tiempo ninguna reliquia cultural. Antes de la inundación había en el Valle un ejemplo de arte antiguo el cual era conocido como "Las manos de la roca"; sin embargo, no se hizo ninguna consideración sobre este objeto, habiéndose pedido fácilmente -- rescatar con sólo remover la roca a un sitio que no fuera a ser -- inundado. "Las manos en la roca" era la única reliquia de la tribu local, y con su pérdida, no se conserva ahora ningún trabajo artístico de la tribu Gundungarra, que era la que poblaba el lugar antiguamente⁽⁶⁾.

CAPITULO 7

ALGUNAS MEDIDAS PREVENTIVAS Y RECOMENDACIONES

Realizar un estudio de los efectos que produce una obra en el ambiente debe incluir -casi forzosamente- las medidas correctivas que minimicen o anulen los efectos detectados. Se trata precisamente de una de las características de un análisis de efectos ambientales.

Debido a que estudios de este tipo no son lo abundantes que se quisiera dada su complejidad y su costo inmediato, sobre todo en zonas tropicales, las recomendaciones que se presenten pueden a veces no resultar del todo eficientes ni económicas, lo que al final de cuentas puede ocasionar que no se incluyan al momento de la realización de la obra. Pero a medida que se realicen más estudios y se comprendan mejor las relaciones entre el sistema presa y el sistema biológico podrá irse acumulando una experiencia valiosa -- que derive en soluciones más ingeniosas que logren abatir los costos que comprende la conservación del ambiente y que resulten en beneficio tanto del proyecto, como de la naturaleza.

Las siguientes medidas son resultado precisamente de estudios concretos realizados y para su aplicación es menester señalar que antes ha de hacerse un diagnóstico completo de la obra en cuestión y el ambiente que la contenga, no sólo para escoger la solución idónea sino para evitar que las soluciones lleguen a constituir un nuevo problema en los aspectos físico y biológico, socio-económico o cultural en el sistema integrado presa-ambiente.

IMPACTOS FISICOS

EFECTO: CAMBIOS EN EL MICROCLIMA

Evitar la deforestación de las zonas aledañas.
Realizar un embalse más profundo que extendido.

EFECTO: VARIACION DEL FLUJO

Regularización del flujo mediante un gasto de garantía.

EFECTO: SEDIMENTACION

Reforestaciones de la cuenca.
Construcción de embalses auxiliares aguas arriba para retener los arrastres.
Extracción de los sedimentos para crear suelos agrícolas.
Evaluación por desagües de fondo de sedimentos depositados.

EFECTO: INDUCCION A LOS MOVIMIENTOS SISMICOS.

Evitar inundar zonas detectadas como susceptibles de temblores.

IMPACTO EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS

EFECTO: ESTRATIFICACION DEL OXIGENO DISUELTO, BAJA PRODUCTIVIDAD PESQUERA, PRODUCCION DE AMONIACO, TURBIEDAD.

Desmante previo.

EFECTO: NUTRIENTES PROCEDENTES DE SUELOS ABONADOS A SER INUNDADOS.

Remoción de la capa de suelo fértil.
Lavado repetido de los suelos con agua levemente ácida para eliminar lo máximo posible los nutrientes.

Remoción de basuras, corrales, pocilgas y viveros de aves.

EFEECTO: SOLUBILIZACION DE ROCAS.

Remoción de tales rocas.

EFEECTO: ESTRATIFICACION TERMICA.

Circulación vertical inducida. Esto se puede lograr - de dos maneras:

- a) Inhibir la acción por los efectos de mezclado que puedan causar los principales influentes del vaso.
- b) A través del bombeo de las aguas del hipolimnio al epilimnio. Con esto se logra abatir el nivel superior de la termoclina y se logra asimismo distribuir mejor el OD del embalse. Teóricamente la energía necesaria para la circulación vertical en embalses para evitar la estratificación es relativamente pequeña, aproximadamente de 2.5 a 60 KWH por ha. de área superficial y por año.

EFEECTO: DANOS Y TRASTORNOS AL USO DEL EMBALSE POR LA PROLIFERACION DE MALEZAS ACUATICAS.

Efectuar controles físicos o biológicos (ver Tabla 7.1)
Aprovechar las malezas como un recurso.

IMPACTOS BIOLOGICOS.

EFEECTO: DESAPARICION DE ESPECIES ACUATICAS.

Por impedimento den la migración:

Realización de trabajos de transporte.

Construcción de caminos de acceso para los organismos que necesitan ir contra la corriente (anádromos).

Por la alteración en el flujo de agua:

Coordinación en la operación de la presa con las necesidades biológicas.

EFEECTO: DESAPROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES Y POTENCIALES.

Utilizar al máximo la vegetación presente en la zona de inundación.

TABLA 7.1. -
 CUADRO 21. METODOS PARA EL CONTROL DE MALEZAS ACUATICAS

Tipo de control	Ventajas	Desventajas	Experiencias en México
Manual. Se utilizan herramientas agrícolas comunes	<ul style="list-style-type: none"> • Crea empleo temporal • Puede no producir trastornos ecológicos • Adecuado en lugares angostos • Control selectivo de las malezas 	<ul style="list-style-type: none"> • Control lento • No apropiado para grandes embalses • El control es temporal 	<p>Se ha aplicado varias veces en los canales de Xochimilco El problema subsiste</p>
Mecánico. Se utiliza equipo especializado	<ul style="list-style-type: none"> • Permite mayor velocidad que el manual • Aplicable a grandes embalses • Control más o menos selectivo de las malezas 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de la maquinaria • Puede producir trastornos ecológicos • El control es temporal 	<p>Se ha aplicado durante 10 años en el lago de Patzcuaro, junto con control manual. Se ha reducido la superficie invadida</p>
Químico. Se utiliza herbicidas de tipo agrícola o específicos, normalmente aplicados desde el aire	<ul style="list-style-type: none"> • De gran velocidad en el control indicado en cuerpos de agua fuertemente invadidos, y en terrenos y canales de riego 	<ul style="list-style-type: none"> • Costoso por el valor de los herbicidas y de su aplicación desde el aire • Crea problemas de calidad en el agua por descomposición de malezas muertas y adición de tóxicos • El control es temporal • No existe control selectivo de las malezas 	<p>Se ha aplicado en distritos de riego y en el lago de Capatitlán, Jal. Existen controversias sobre la conveniencia del uso de herbicidas por sus efectos tóxicos, directos en los animales e indirectos en el agua para otros usos</p>
Biológico. Se utilizan distintas especies de peces e insectos y un mamífero	<ul style="list-style-type: none"> • Más barato que los anteriores • Posibilidad de ejercer control permanente • Sirve de alimento a especies de valor comercial • Aplicable a cualquier embalse 	<ul style="list-style-type: none"> • Los resultados de control tardan hasta dos años en ser efectivos • Las malezas palustres o emergentes no se pueden controlar aún con este método 	<p>Se aplicó con éxito en el canal Virgilio Uribe, D.F. También se aplicó en el Lago de Patzcuaro y en la presa Ertdho, pero aún no se tiene resultados del control</p>
Hidráulico. A través de obras como presas de retención, compuertas y otras	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser bastante efectivo y permanente 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requieren condiciones hidráulicas especiales • Altos costos de inversión • Cambia el problema de lugar 	<p>Se aplicó en el lago de Chapala en 1962, modificando las compuertas y estructuras, lo cual resolvió el problema local.</p>

08

Fuente: Referencia 9

Utilización correcta del suelo en las zonas periféricas.

Establecimiento de reservas forestales.

EFFECTO: DESAPARICION DE POBLACIONES ANIMALES TERRESTRES.

Establecimiento de reservas de células germinales --- (germoplasma).

Realización de estudios autoecológicos previos a la ejecución de la obra evitando el daño indiscriminado. Control de la caza.

Traslado adecuado de las especies en peligro.

EFFECTO: DISMINUCION DE LA PRODUCTIVIDAD ACUATICA EN LAS LAGUNAS LITORALES.

Coordinar la operación de la presa con las necesidades biológicas.

IMPACTOS SOCIO ECONOMICOS Y CULTURALES

EFFECTO: CONSTRUCCION DE VIVIENDAS.

Tomar en cuenta la opinión y las necesidades de los afectados en cuanto a características de construcción y a los materiales, sin imponer modelos que pueden -- ser adecuados para otras regiones con condiciones distintas.

EFFECTO: INUNDACION Y PERDIDA DE OBJETOS ARQUEOLOGICOS.

Llevar a cabo inventarios de sitios arqueológicos y rescatarlos.

EFFECTO: IRREGULARIDAD EN LA TENENCIA DE LA TIERRA.

Deben restituirse tierras de labor, de buena calidad y ubicadas cerca de los nuevos poblados y no, como ha sucedido, a varios kilómetros de distancia, lo cual -- ha constituido un obstáculo para los productores.

Regularizar la tenencia de la tierra antes de las expropiaciones, indemnizaciones y desalojos.

Dotar de tierras a los campesinos que no la tienen.

EFFECTO: DISMINUCION DEL INGRESO.

Fomentar la pesca.

Crear cooperativas de consumo y comercialización para reforzar los beneficios en los renglones de empleo, - ingreso y producción.

EFEECTO: ESQUISTOSOMIASIS.

Realizar un diseño apropiado de canales que no permita el establecimiento de los caracoles. De las características importantes en el diseño están: la velocidad de flujo, revestimientos en las orillas, secciones transversales profundas y angostas, orillas escarpadas, fluctuaciones de los niveles del agua y barreras mecánicas contra caracoles a la deriva.

Introducir microorganismos depredadores y parásitos, caracoles competidores, peces e insectos depredadores y mecanismos autoreguladores.

Uso de la quimioterapia como medida de lucha.

Eliminación manual de los caracoles por toda la población.

Bajar el pH de las aguas. Esto logra disolver la concha de los caracoles, compuesta de carbonato de calcio.

EFEECTO: DIFUSION DE ENFERMEDADES INFECCIOSAS.

Control médico antes de la construcción de la presa y antes del traslado a un sólo centro de población.

Control médico de los inmigrantes.

Construcción de suficientes instalaciones sanitarias.

Disponibilidad de agua potable.

Calcular ciertos parámetros indicadores de la salud de la población antes y después de la construcción de la presa

REFERENCIAS.

- 1.- Tres casos de Impacto Ambiental
Cuadernos del CIFCA
Madrid, 1977.
- 2.- "El Impacto de las Presas en el Ambiente"
Conferencia dictada por la Mtra. Monique Mitastein.
México, 1981.
- 3.- "Impacto Ambiental"
Conferencia dictada por Ramón Pérez-Gil Salcido
México, Junio 1982.
- 4.- Seguimiento del Proyecto Hidroeléctrico Itzantun II.
Declaración del Impacto Ambiental.
Olvera, S. Juan C.; Zavala, Z.F.; Rojas, F.E.
México, Diciembre 1979.
- 5.- Una sola Tierra.
Barbara Wards y René Dubos.
Ed. Fondo de Cultura Económica.
- 6.- Environmental implications of Dams and Man-Made Lakes.
Publicación Núm. 117 de l'Association Internationale des
Sciences Hydrologiques.
Symposium de Tokio. Diciembre, 1975.
- 7.- "Epidemiología y control de la esquistosomiasis: Situación
actual y prioridades para la investigación".
Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana.
Vol. LXXXIX, Núm. 2.
Agosto, 1980.
- 8.- Obras Hidráulicas.
F. Torres Herrera
Ed. Limusa
México, 1981
- 9.- Impacto Ambiental de las Obras Hidráulicas.
Documentación de la Comisión del Plan Nacional Hidráulico.
SARN.
- 10.- Estudio Agrosocioeconómico del P.H. AGUAMILPA.
Tepic, Nayarit.
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.
México, 1981.
- 11.- Planeación y Organización de las Campañas Sanitarias en el
Medio Rural. Tesis.
Jorge Román Cabello.
- 12.- Estudio de los posibles efectos sobre las condiciones socio-
económicas y ecológicas de las Obras Hidráulicas previstas -
en la región hidrológica IX-Grijalba.
Documentación interna de la CPNM.
- 13.- The consequences on the environment of the man-made lake of

Hokka.

P. Rivilinen, M. Kuuskoski
XI Congreso Internacional de Grandes Presas.
Madrid, España.
Vol. I, Question No. 40.
11 - 15 Junio, 1973.

- 14.- Efectos de la Hidroelectricidad en el ambiente y en otros usos del agua.
Rabinovich J.; Baroz C. E.; López D.J.
Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras.
Caracas, Venezuela, Julio, 1977.
- 15.- Antropología de una presa.
Los Mazatecos y el proyecto Papaloapan
David F. Mc. Mahon.
Ed. SEP-INI.
- 16.- Seminario sobre medio ambiente y represas.
Tomos I y II
Organización de Estados Americanos.
Universidad de la República
Montevideo, Uruguay, 1977.
- 17.- Proceedings of the Symposium Man-Made Lakes and Human Health.
Dr. Baltus F.I. Oostburg.
Paramaribo, Octubre 23-25, 1977.
Universidad de Surinam.
- 18.- Environmental effects of Hydraulic Engineering Works.
Proceedings of an International Symposium.
Knoxville, Tennessee, U.S.A.
Sept. 12 -14, 1978.
- 19.- Efeitos de grandes represas no meio ambiente e no desenvolvimento regional.
CETESB.- Companhia de tecnologia de saneamento ambiental
Eng. César de Oliveira Filho
Brasil, Abril, 1978.
- 20.- Seminar on "Hydropower and the environment"
Water Quality in Guyana
Georgetown, Guyana.
4 - 8 Octubre, 1976.
- 21.- Aspectos generales del Impacto Ambiental de las Obras Hidráulicas en México.
Contreras, B.S.; Del Toro, A.M.; Vera R.M.; Medina, J.; Sánchez R.
Documentación interna de la CENH.
Enero, 1976.
- 22.- La ecología en los proyectos hidroeléctricos.
Medina, J.M. y Sánchez, R.
Documentación interna de la CENH.
1976

- 23.- Estado actual de la Evaluación del Potencial Hidroeléctrico - Nacional.
Ing. Javier González Villareal.
Núm 3 de la Revista Ingeniería, 1980.
Fac. de Ingeniería, UNAM.
- 24.- Predicción e ingeniería sísmica en China.
Dr. Emilio Rosenblueth
Enero - Marzo, 1977 Revista Ingeniería.
Fac. de Ingeniería, UNAM.
- 25.- Evaluación de Impactos Ambientales. El Método de Indicadores característicos.
Jorge A. Lizárraga R.
Núm. 2 de la Revista Ingeniería, 1981.
Fac. de Ingeniería, UNAM.
- 26.- Sismicidad Inducida.
D.I. Gough.
Terremotos. Evaluación y mitigación de su peligrosidad.
UNESCO
Ed. Blume
- 27.- Estudio limnológico preliminar para el vaso de la presa Raudales (Malpaso).
Dr. Anastasio López Zavala.
Informe de la Cía. Construcción Planeada, S.A.
México, 1963.
- 28.- Aspectos Ambientales de los Embalses.
José María Pliego.
Grandes Presas.
Experiencias españolas en su proyecto y constitución.
Ed. Comité Nacional español de Grandes Presas, 1976.
- 29.- El estado mundial del medio ambiente.
1976-1978
Informe del PNUMA
Ed. Universidad estatal a distancia.
San José, Costa Rica, 1980.
- 30.- El pez Amur contra la Hydrilla.
Revista información científica y tecnológica.
Vol. I, Núm 7, 15 de Octubre, 1979.
Ed. CONACYT.
- 31.- Contaminación del agua.
Ing. Ernesto Murguía Vaca
Ed. Fac. de Ingeniería, UNAM, 1981.
- 32.- Thermal Stratification in Reservoirs.
Kittrell, F.W.
Symposium on Streamflow Regulations for Quality Control.
Public Health Service.
Publicación Núm. 999-WP-30. Junio 1965.
- 33.- Reservoir Metalimnion Oxygen Demands.

Journal ASCE.
Env. Engineering Division (103)
Núm. EE6, Pág. 1001 a 1011
Diciembre, 1977.

- 34.- Cómo es México.
Manuales de Información básica de la Nación.
Ed. Secretaría de Programación y Presupuesto.
1978.
- 35.- Utilidad de una plaga.
Productividad potencial del lirio acuático.
Rebeca Slomianski
Revista Información Científica y Tecnológica.
Vol. 4, Núm 71, Agosto, 1982.
Ed. CONACYT.
- 36.- Impacto Ambiental del desarrollo hidráulico en la cuenca del
río Tomatlán.
Jalisco, México.
Noviembre, 1976.
Documentación interna de la CNPH
- 37.- Estrategia Mundial para la Conservación.
Ed. UICN PNUMA WWF
1980.