

01168



DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Facultad de Ingeniería

1
rej

INDICADORES PREPONDERANTES EN LA
HIDROLOGIA AMBIENTAL Y EL
DESARROLLO SUSTENTABLE

JOSE RENE EFREN MORO SANCHEZ

T E S I S

PRESENTADA A LA DIVISION DE ESTUDIOS
DE POSGRADO DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

COMO REQUISITO PARA OBTENER
EL GRADO DE

MAESTRO EN INGENIERIA
(INVESTIGACION DE OPERACIONES)

CIUDAD UNIVERSITARIA
1996

TESIS CON
FALLA DE OR.GEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.

**"Una importante especie biológica
está en riesgo de extinción
debido a la rápida y progresiva
destrucción de su habitat: el Hombre".
(Fidel Castro)**

Resumen

La planeación del aprovechamiento del recurso agua es complejo, ya que involucra resolver un problema de múltiples objetivos, múltiples criterios y consecuentemente de múltiple toma de decisiones. A lo anterior se suma la falta de información apropiada y de conocimiento en los procesos del ciclo hidrológico y medio ambiente. De ahí que se torne necesario elaborar e implantar tácticas simplificadoras para la toma de decisiones en la planeación del aprovechamiento del recurso agua.

La simplificación planteada en este documento consiste en reconocer indicadores que tengan como esencia la medición del desarrollo ambientalmente sostenible, en donde asumamos nuestras responsabilidades frente a otras especies y encontremos la manera que nos permita a todos contar con el recurso agua ahora y en el futuro. Los indicadores que se identifican no son muchos, pero en conjunto permitirán articuladamente la toma de decisiones a los funcionarios que participan dentro del sector agua, planeación en los recursos naturales y medio ambiente.

Mediante una síntesis problemística de las alteraciones ocasionadas en el medio ambiente por los aprovechamientos hidráulicos, se hace una caracterización del medio ambiente hidrológico, lo que permite formular un modelo del desarrollo sustentable del recurso agua. Modelo que contiene tres componentes principales: *El Crecimiento Poblacional Planeado*, *El Desarrollo Económico* y *El Sostenimiento de Ecosistemas*; las componentes mencionadas tienen como limitante la disponibilidad del recurso que se ve incrementada por la tecnología, dándose una disponibilidad artificial.

En la identificación de indicadores preponderantes para la valoración del desarrollo sustentable en un sistema hidrológico-ambiental, se realiza un estudio sobre tendencias y nuevas tendencias en el aprovechamiento del agua, con ello se identifican conceptos clave que marcan un cambio de paradigma, un cambio hacia un nuevo juego, un nuevo conjunto de reglas. De los conceptos clave se infieren nueve indicadores preponderantes, tales indicadores se agrupan en subcomponentes de sustentabilidad como son: socioeconomía, cultura, umbrales de sustentabilidad y control poblacional. La componente *Sostenimiento de Ecosistemas* contiene las subcomponentes: conservación, control y protección.

La pauta de medidas correctivas en las componentes de sustentabilidad, las darán los indicadores preponderantes de acuerdo a su evolución en el transcurso del tiempo, ya sea por el incremento o decremento del indicador.

Es indudable que para la futura prosperidad humana incluso para la supervivencia, necesitamos desarrollar con urgencia nuevos métodos de planeación y técnicas de administración para superar la creciente demanda, incertidumbre y riesgos.

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN

- 1.1 *Ecosistema y medio ambiente*
- 1.2 *Desarrollo sustentable y el aprovechamiento del agua*
- 1.3 *La planeación y los recursos naturales*
 - 1.3.1 *Unidad Geográfica de planeación*

2 HIDROLOGÍA AMBIENTAL

- 2.1 *Impactos medio-ambientales*
 - 2.1.1 *Impactos más allá del control del hombre*
 - 2.1.2 *Impactos como resultado de actividades antropogénicas*
- 2.2 *Aprovechamientos hidráulicos y medio ambiente*
- 2.3 *Implicaciones de cambio climático*
- 2.4 *Problemas de contaminación del agua*
 - 2.4.1 *Contaminación urbano industrial*
 - 2.4.2 *Contaminación agrícola y ganadera*
 - 2.4.3 *Contaminación de origen natural*

3 EVALUACIÓN AMBIENTAL

- 3.1 *Evaluación de proyectos de aprovechamiento hidráulico*
- 3.2 *Modelos ambientales*
- 3.3 *Criterios para valorar el medio ambiente en términos monetarios*
 - 3.3.1 *Técnicas en que se utilizan los precios de mercado para valuar un cambio en la producción o en los costos.*
 - 3.3.2 *Técnicas que utilizan los precios sustitutos de mercado*
 - 3.3.3 *Técnicas de análisis de costos*
- 3.4 *Indicadores ambientales*
- 3.5 *Contabilización del deterioro del medio ambiente en cuentas nacionales*

4 ANÁLISIS

- 4.1 *Planeación del recurso agua y medio ambiente*
- 4.2 *Planteamiento metodológico*
- 4.3 *Caracterización del medio ambiente hidrológico*
 - 4.3.1 *Problemas surgidos por el control del escurrimiento*
- 4.4 *Paradigma del desarrollo sustentable*
 - 4.4.1 *Disponibilidad per cápita*
 - 4.4.2 *Disponibilidad de agua y tecnología*
- 4.5 *Visión del futuro en el aprovechamiento del agua*
 - 4.5.1 *Tendencias*
 - 4.5.2 *Nuevas tendencias*
- 4.6 *Indicadores preponderantes*

5 CONCLUSIONES

1 INTRODUCCIÓN

Cada vez la administración de los recursos naturales reviste una mayor complejidad que involucra aspectos más actuales y conflictivos en los que se necesita visualizar mejores opciones para solucionar los problemas como la necesidad, escasez y costo.

Esta tesis tiene por objetivo reconocer indicadores que tengan como esencia la medición del desarrollo ambientalmente sostenible en un medio ambiente hidrológico.

Por otra parte, tenemos una serie de lagunas en la información, sobre todo en las interrelaciones del hombre y su medio ambiente, y que hemos de operar sobre esta base.

En algunos casos a pesar de que existe bastante información y datos al respecto, existen lagunas básicas en el conocimiento acerca de ciertos fenómenos ambientales. En nuestro medio ambiente tres recursos son indispensables para el desarrollo de la vida humana, ellos son: El agua, la tierra y el aire.

El agua como recurso natural es importante por sus siguientes funciones:

- (1) El agua es el recurso natural más extensa e intensamente usado.
- (2) El agua es un factor unificador de ecosistemas (ver fig. 1), en particular en una cuenca de un río o laguna.
- (3) El agua es el mayor, sino el principal agente en el ciclo global de materia, tales como erosión/sedimentación, y el ciclo biogeoquímico e hidrológico.

El papel multifuncional del agua dulce es raramente tomado en consideración cuando

se trata con problemas del medio ambiente. La relación principal del agua y el medio ambiente surge como resultado de los usos del agua como un recurso, pero la indiferencia de sus otras funciones puede conducir a errores y no llevar al desarrollo sustentable del medio ambiente.

1.1 *Ecosistema y medio ambiente*

Los dos términos *ecosistema* y *medio ambiente* son a menudo incorrectamente usados, casi siempre intercambiados. Para algunos científicos la diferencia es explicada como la diferencia entre *casa* y *hogar*.

Hay muchas definiciones científicamente orientadas de ambos términos. Para ser breves simplemente podemos decir que el medio ambiente es un complejo de todos los factores que rodean e influyen a la flora, fauna y hombre. En lo personal a mí me agrada la siguiente definición de Medio Ambiente: compendio de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinados que influye en la vida material y psicológica del hombre.

El ecosistema puede ser definido como un sistema dinámico donde viven organismos, existen componentes bióticos y energía. En un natural medio ambiente el sistema es balanceado o, en otras palabras, capaz de él mismo depender en regulación y existencia.

Tomando como un pequeño ejemplo a las comunidades rurales viviendo cerca de condiciones naturales y sólo cosechando lo que la naturaleza ofrece, en la cual el balance del ecosistema es mantenido. Tan pronto como el hombre intenta mejorar sus

condiciones de vida, se incrementan sus necesidades y el balance del ecosistema se vuelve distorsionado. La aceleración de técnicas de desarrollo y el crecimiento poblacional destruye el balance natural en una gran extensión.

Obviamente, las características básicas y propiedades del ecosistema natural tienen que ser bien conocidas para que sean tomadas las medidas de protección adecuadas.

El papel que desempeña el agua en los ecosistemas es que su funcionamiento puede ser comparado con la sangre del cuerpo humano.

1.2 Desarrollo sustentable y el aprovechamiento del agua

Con el sano advenimiento del desarrollo sustentable y la administración del medio ambiente, es requerida una nueva visión en el desarrollo y administración del recurso agua. La historia muestra que muchos proyectos hidráulicos desarrollados, con intenciones de proveer mejores condiciones de vida, han fallado y en muchos casos sus impactos negativos sobre el medio ambiente han excedido en mucho a sus beneficios.

Nuevos enfoques basados en sustentabilidad y el buen desarrollo del medio ambiente han sido explorados por ingenieros en recursos hidráulicos y medioambientalistas.

El Consejo Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo definen al término "desarrollo sustentable" como al desarrollo que resuelve las necesidades de las generaciones del presente sin comprometer el desenvolvimiento de las futuras. Una declaración que la acompaña dice que: "... Es imposible separar desarrollo de medio ambiente porque muchas formas de desarrollo desgastan los recursos del medio ambiente sobre los

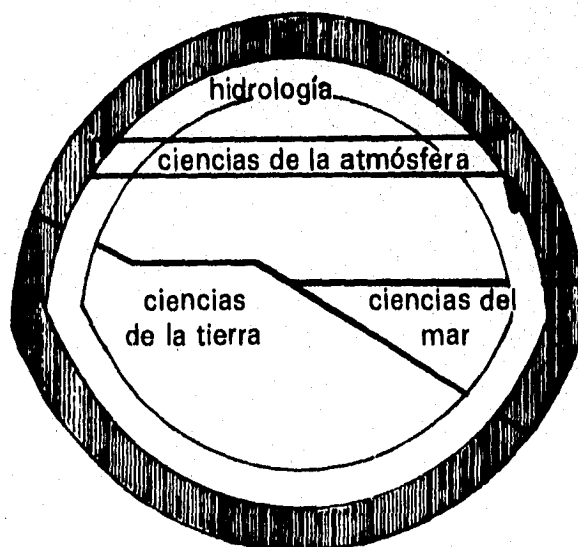
cuales están basados, y la degradación del medio ambiente puede no determinar un desarrollo económico" (ver cuadro 1). Esto ha fallado en uno de los más cruciales problemas: un número creciente de ciudades; por ejemplo la escasez como un factor limitante del crecimiento poblacional.

La FAO (Organización para la Agricultura y Alimentos), en sus más generales definiciones de sustentabilidad dice:

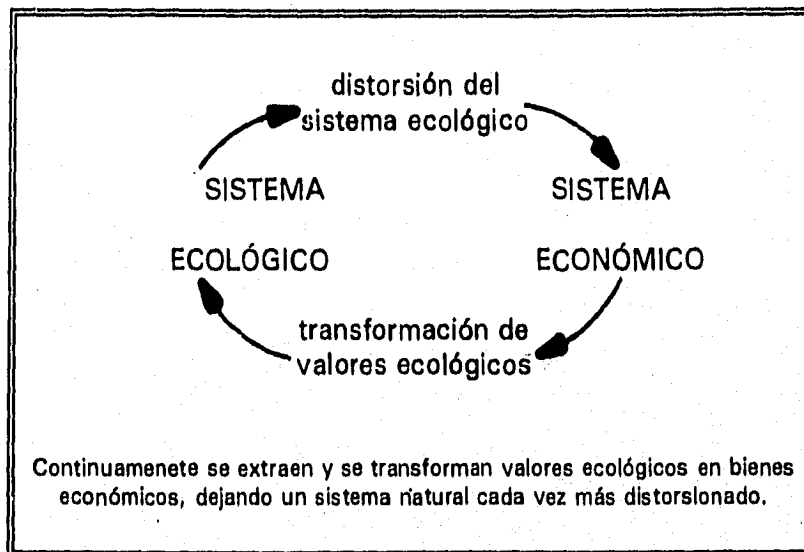
"Desarrollo sustentable es la dirección y conservación de los recursos naturales base, la orientación de tecnología y cambios institucionales de tal manera de asegurar el logro y la continua satisfacción de las necesidades humanas; tal que el desarrollo sustentable conserve suelo, agua, recursos genéticos de animales y plantas (no degradación del medio ambiente). La aplicación de tecnología apropiada, económicamente viable, y socialmente aceptable".

Un desarrollo ordenado y administración del recurso agua sobre bases sustentables, económicas, medioambientales y objetivos sociales debería ser considerado siempre. Sólo en recientes años los objetivos del medio ambiente han sido identificados más allá que los meramente socioeconómicos.

Figura 1. La hidrología
una ciencia unificadora



Cuadro 1. Sistema ecológico-económico



1.3 La planeación y los recursos naturales

Se entiende por planeación a los estudios que se realizan para: pronósticar, promover el cambio a partir del diseño de los fines del sistema, evaluar, programar y presupuestar.

En la planeación de los recursos naturales se pretende escoger la mejor alternativa para un proyecto o acción determinados. En el fondo de todo esto existe un objetivo - consecuencia fundamental de las evaluaciones de impacto, que es el de la optimización del uso de un territorio y, conexo con ello, el de la optimización de los recursos.

El Aprovechamiento de los Recursos Naturales, estará determinado principalmente por los problemas económicos y sociales que se produzcan en las diferentes sociedades

del mundo. La heterogeneidad de esos problemas pueden tratarse en categorías más homogéneas mediante la clasificación de países, regiones y economías. En lo referente a economías, la división actual considera la de mercado, la planificada y la mezcla de ambas (planificada/mercado).

Las unidades geográficas de recursos naturales (cuencas, áreas de desarrollo) varían desde las regiones vírgenes sin un gran desarrollo de sus recursos naturales, hasta las regiones maduras con un desarrollo casi acabado. El primer polo requiere de estrategias y planes fructíferos que incorporen las experiencias valiosas de los desarrollos anteriores, con sus aciertos y errores, así como los nuevos avances científicos y tecnológicos. El segundo polo requiere de la operación eficiente, el mantenimiento y la corrección de juicios equivocados del pasado, la reasignación de derechos sobre el recurso y las mejoras adicionales en los sistemas. Por lo tanto, la clasificación de problemas puede ser: unidades geográficas o sistemas de recursos naturales vírgenes, semidesarrollados, casi maduros y completamente desarrollados.

1.3.1 Unidad geográfica de planeación

"El nuevo federalismo" y en lo que concierne al manejo del agua en México, llama a formar consejos de cuenca como figura central de la nueva legislación.

Para realizar adecuadamente las actividades de planeación del agua es conveniente una regionalización que tenga a la cuenca hidrológica como unidad básica.

En la siguiente lámina se muestran las 13 regiones de planeación, indicadas por nombre y numeración romana.

Figura 2. Nueva Regionalización para el manejo del Agua.



Fuente: Comisión Nacional del Agua. 1996.

Cuadro 2. Regiones de planeación

REGIONES DEL PLAN NACIONAL HIDRÁULICO			
NÚMERO	NOMBRE	NÚMERO	NOMBRE
I	PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA	VIII	LERMA-SANTIAGO
II	ALTO NOROESTE	IX	GOLFO NORTE
III	BAJO NOROESTE	X	GOLFO CENTRO
IV	PACÍFICO CENTRO	XI	GOLFO SUR
V	PACÍFICO SUR	XII	PENÍNSULA DE YUCATÁN
VI	FRONTERA NORTE	XIII	VALLE DE MÉXICO
VII	CUENCAS CENTRALES		

2 HIDROLOGÍA AMBIENTAL

La ciencia hidrológica trata con la ocurrencia, distribución, circulación, y propiedades del agua en la tierra. Cualquier extracción de agua de una corriente implica un cambio en el régimen hidrológico, lo que a su vez puede originar alteraciones morfométricas y consecuentes trastornos ecológicos; finalmente se produce un nuevo equilibrio en la dinámica hidrogeomorfológica y ecológica, aunque en la mayoría de los casos hay afectaciones severas en la diversidad y productividad biótica aguas abajo del aprovechamiento. Adicionalmente a las extracciones de agua como alteraciones al medio ambiente, también la contaminación del agua es otro problema que ocasiona alteraciones ecológicas.

Las alteraciones ecológicas por la extracción y contaminación de agua dulce, ocasionan unos costos sociales insuficientemente analizados hasta hora. De cuáles son las alteraciones en el ciclo hidrológico, las repercusiones en diferentes escalas del tiempo y espacio?, es tarea que ocupa a la hidrología ambiental.

La hidrología a nivel mundial ha tenido varias etapas de desarrollo, ellas se pueden identificar por fases de acuerdo con el PHI, Programa Hidrológico Internacional. Desde antes del surgimiento del PHI, la idea principal en torno al manejo de los recursos hidrológicos, ha sido el de tener una actitud razonable hacia el ciclo hidrológico.

Fases del desarrollo hidrológico:

- Posterior a la Segunda Guerra Mundial surge un programa de investigación de las zonas áridas del mundo (1950).

- En 1964 bajo el Decenio Hidrológico Internacional se atiende el conocimiento de los procesos que forman parte del ciclo hidrológico y se adopta una actitud razonable hacia el uso del agua.
- PHI I fase y PHI II fase (1975-1983), se atienden soluciones específicas de problemas hidrológicos de los países con diferentes situaciones geográficas.
- PHI III fase (1983), se promueve la gestión racional del agua y aplicación de las ciencias de apoyo tradicional en estudios hidrológicos.
- El PHI en su cuarta fase promovió los siguientes temas:
 - a) La investigación hidrológica en un medio ambiente en evolución.
 - b) Administración de los recursos hidrológicos para un desarrollo sostenido.
 - c) Enseñanza, formación, transferencia de conocimientos e información pública.

- Actualmente el PHI se encuentra en su V fase, la cual se inició en 1994, y contiene las siguientes líneas de investigación:
 - a) Hidrología global y procesos geoquímicos.
 - b) Procesos Ecohidrológicos en el medio ambiente superficial.
 - c) El riesgo en recursos de agua subterránea.
 - d) Estrategias para recursos hidrológicos, evaluación y administración en emergencias y situaciones de conflicto.
 - e) Administración integral de recursos hidrológicos en zonas áridas y semiáridas.
 - f) Hidrología de trópicos húmedos y administración del agua.
 - g) Administración integral en la hidrología urbana.

h) Transferencia de conocimientos, información y tecnología.

Así entonces, la preocupación mundial actual, en torno a los recursos hidrológicos se centra principalmente en un interés por el conocimiento de procesos físico-químico-biológicos en el ciclo hidrológico y una administración integral de los recursos de agua dulce. El cuadro 3 lista los recursos naturales de agua dulce que suele comprender una cuenca hidrológica y que están íntimamente ligados a las diversas actividades del ser humano.

Cuadro 3. Resumen de recursos naturales de agua dulce

SUPERFICIALES	CORRIENTES SUPERFICIALES
	LAGOS - Naturales y Artificiales
	LAGUNAS
	ESTEROS
SUBTERRÁNEOS	ACUÍFEROS (Medio poroso)
	MANANTIALES
	FLUJO EN MEDIOS FRACTURADOS

2.1 Impactos medio-ambientales

Se dice que hay un impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración en el medio o en alguno de los componentes del medio. Por lo tanto, la variable fundamental en estos estudios es la cuantificación de la alteración.

En cierto modo, la palabra alteración es un concepto relativo, puesto que la alteración

puede ser positiva o negativa, grande o pequeña, etc.

2.1.1 Impactos más allá del control del hombre

Los impactos tales como la ocurrencia de sequías y avenidas tienen siempre a ser analizados, al menos indirectamente, por hidrólogos mediante aproximaciones estadísticas/estocásticas. Tales conceptos de probabilidad son usualmente incorporados al análisis de riesgo.

Mucho menor atención ha sido dada al patrón de distribución y estabilidad de los procesos hidrológicos bajo condiciones de cambio climático. Esto puede ser particularmente atribuido a la no disponibilidad de largos registros. Por ejemplo, después de un largo registro histórico analizado de los niveles del río Nilo, recientemente extremos niveles bajos del río no pueden ser considerados como un evento excepcional influenciado por los cambios climáticos.

También las irregularidades en las fluctuaciones de periodos secos y húmedos han sido estudiados con métodos que utilizan datos arqueológicos. Los resultados podrían ser tomados como una advertencia para grandes proyectos bajo valores de probabilidad de extremos (p.e. Gumbell), necesitan a ser seriamente considerados.

2.1.2 Impactos como resultado de actividades antropogénicas

Tales impactos podrían ser analizados bien a futuro bajo escenarios de la planeación del proyecto. Un ejemplo puede ser dado desde la Central Europea donde varios proyectos hidroeléctricos fueron desarrollados como apoyo a las carboeléctricas y

termoeléctricas. Como consecuencia se aceleró la producción industrial y los contaminantes arrojados a la atmósfera contribuyeron a la lluvia ácida que tuvo un impacto negativo sobre la vegetación; actualmente, en algunas cuencas la desaparición de la selva ha cambiado el régimen hidrológico a tal grado que el análisis de riesgo probable de los eventos extremos, particularmente avenidas, dejan de ser válidos.

Como otros ejemplos son los proyectos de agua subterránea que empiezan a principios de este siglo. En el curso de los anteriores 20 años, los recursos de agua subterránea sirvieron para desarrollar la agricultura de los países, empezando a tener serios problemas de contaminación por la aplicación intensiva de fertilizantes y pesticidas a los cultivos. Proyectos de recursos de agua subterránea, incrementaron el bombeo en detrimento de los niveles de agua subterránea y subsidencia del suelo. También bajo condiciones de cambios socioeconómicos el costo del bombeo se a vuelto muy alto con el incremento del costo de la energía.

Un análisis de las consecuencias en cadena, sobre el régimen de escurrimiento y protección al agua subterránea, no ha sido totalmente estudiado.

2.2 Aprovechamientos hidráulicos y medio ambiente

Las obras hidráulicas que se resumen en el cuadro siguiente interfieren de diferente manera en el escurrimiento natural de la cuenca (escurrimiento superficial y subterráneo).

Muchos proyectos realizados para mejorar las condiciones de vida, han desarrollado

efectos laterales en uno o más componentes del medio ambiente. Estos procesos han sido mejor entendidos en recientes años y en muchos casos los impactos de los proyectos son irreversibles.

Cuadro 4. Aprovechamientos hidráulicos y estructuras conexas

PROPÓSITO	OBRAS ESTRUCTURALES CONEXAS
Abastecimiento de agua potable e industrial	Presas, tanques de almacenamiento, pozos, conductos, instalaciones de bombeo, obras de toma, plantas de tratamiento, redes de distribución.
Producción agrícola	Irrigación: Presas, bordos, derivadoras, pozos, conductos, instalaciones de bombeo, obras de toma, redes de distribución, canales, obras para el control de plantas y desarenadores. Drenajes: zanjas, drenajes, canales, estaciones de bombeo, compuertas.
Producción de energía	Energía hidroeléctrica: Presas, conductos, canales, torres de enfriamiento, obra de toma y exedencias.
Navegación	Presas, compuertas, regulación de cauces, canales, obras portuarias, dragados.
Control de inundaciones	Presas de control de avenidas, regularización de cauces, malecones, bordos, obras de drenaje, estaciones de bombeo.
Mitigación de sequías	Presas, recarga artificial de agua subterránea por medio de zonas de inundación, canales y pozos.
Transporte y eliminación de residuos	Drenajes, conductos, instalaciones para el tratamiento de residuos, redes de drenaje.
Recreación	Puertos, marinas, modificaciones en la línea de costa.
Majoramiento del ambiente	Criaderos de peces, escalas de paces y pantallas, tanques, bordos, obras de control de la contaminación, drenajes, forestación, estabilización de la línea de costa, control de plantas.

Aunque en México no se han evaluado con precisión los efectos de las presas, se tienen algunos ejemplos en los que se ha hecho evidente que la disminución del gasto en las corrientes, debido al aprovechamiento del agua, ha ocasionado efectos ecológicos negativos. Alteraciones hidrodinámicas y ecológicas originadas por la disminución de los aportes continentales de agua dulce, debido a la construcción de presas e infraestructura hidroagrícola y a los usos del agua en la cuenca. La principal preocupación radica en que la disminución de los aportes pueda originar cambios significativos en la productividad de los ecosistemas.

En el caso de la construcción de bordos que limitan los flujos en época de avenidas hacia lagunas litorales o a cuerpos de agua meándricos y otros asociados a la corriente principal, cambiando sus condiciones originales.

Actualmente el represamiento es uno de los principales elementos en el desarrollo de los recursos hidráulicos. En el mundo de hoy existe casi un millón de lagos artificiales y encharcamientos, su volumen total ha excedido los 6000 Km³ y su volumen aprovechado es aproximadamente 3000 km³, (ref. 13).

La mayoría de los almacenamientos de la Unión Soviética, incluyendo los más grandes, son situados en llanuras, pérdidas de suelos debido a inundaciones por represamiento alcanzan 8 millones de Ha, suelos altamente productivos.

Además, la pérdida de suelos agrícolas como un muy valuable recurso, los lagos artificiales en la USSR tienen a traer un número de otros problemas del medio ambiente entre ellos son: deterioro de la calidad del agua; inestable y, entonces desfavorable régimen hidrológico de ríos aguas abajo de las presas; interceptión de

nutrientes por las presas; abatimiento en los niveles de agua subterránea con los subsecuentes cambios en la productividad biológica de los ecosistemas naturales y artificiales; reacomodo de gente y alteración de las tradicionales actividades económicas; deterioro de la pesca, particularmente de especies valorizadas.

En suma, el total de beneficios (económicos vs. medioambientales) de los grandes almacenamientos sobre las llanuras en la USSR son sobre menores dudosos.

En el caso de los primeros grandes represamientos construidos en la zona de Tukuri en el Amazonas, con un potencial hidroeléctrico de 800 megawatt, decayó todo el oxígeno disuelto en el agua por el consumo de la vegetación sumergida. Esto finalmente condujo a la descomposición anaeróbica de la biomasa y posteriormente la producción del altamente tóxico sulfuro de hidrógeno (Tundisi, 1989), casos de deceso mortal tipo encefalitis son casos allí. Condiciones biogeoquímicas similares se encuentran en Surinam sobre el Muco, donde el olor de sulfuro de hidrógeno era tan fuerte que los operadores de la hidroeléctrica tuvieron que usar máscaras de gas. A pesar de estas experiencias, la Electricité de France está construyendo una planta hidroeléctrica sobre Petit Saut, Guyane, sin el removimiento de la cama forestal del futuro lago. Algunos 300 Km² de bosque serán inundados.

Muchas consecuencias negativas en la construcción de presas y lagos artificiales son un serio argumento contra el represamiento. En orden al incremento de la oferta segura de los aprovechamientos hidráulicos uno tiene que construir presas, todos los pros y los contras de cada proyecto pueden ser cuidadosamente analizados.

2.3 Implicaciones de cambio climático

En el subcapítulo 2.1.1 al abordar el aspecto de inundaciones y sequías, en impactos más allá del control del hombre, se hizo mención de algunos casos que no pueden ser atribuibles a un cambio climático, se explican como fenómenos recurrentes y que periódicamente pueden ser más extremos.

En este subcapítulo abordaremos algunos casos que si pueden ser atribuibles a lo que comunmente se le ha dado en llamar cambio climático.

El clima y el ciclo hidrológico global están muy interrelacionados que de hecho ellos son diferentes lados del mismo proceso del intercambio en la ecósfera, basados sobre el balance global de energía y la circulación global atmosférica.

Revelle & Waggoner (1983) estimó que la precipitación en el oeste de los Estados Unidos ha decrecido en 10%, y la lluvia media anual ha decrecido en diferentes partes de ese territorio entre 12 y 50%.

La hidrología válida estadísticamente relaciones regionales entre las características de clima y parámetros de recursos hidráulicos, esas relaciones son usadas para cálculos de pronóstico regional y local. Estas relaciones tienen diferentes formas, tal como fórmulas empíricas, determinísticas y modelos estocásticos matemáticos, mapas de diferentes parámetros, etc. Una buena parte de esta enorme riqueza de hidrología regional está basada sobre la suposición de una estable periodicidad climática.

Un cambio climático podría invalidar muchas relaciones actualmente usadas, para predecir cambios en los recursos hidráulicos sobre la base acerca de estas relaciones mencionadas, uno debería conocer los cambios climáticos locales esperados

(regionales). Mientras el cambio climático regional pronosticado sea de confianza, lo mismo a niveles bajos de desconfianza podría adherirse en la predicción de cambios en los recursos hidrológicos.

Es conocido que territorios semiáridos son muy vulnerables a oscilaciones climáticas, regiones ecuatoriales y tropicales representadas por sabanas de calidad, donde la agricultura de temporal depende de las variaciones de precipitación o algunas veces la incertidumbre de la disponibilidad de agua para la irrigación, podría sufrir grandemente los impactos de cambio climático.

2.4 Problemas de contaminación del agua

La primera causa del deterioro extensivo de la calidad del agua de los ríos, es sin duda el incremento constante de la población. Una rápida industrialización sin salvaguardias ambientales adecuadas contribuye a la contaminación del agua de los ríos mediante químicos industriales, metales traza y compuestos orgánicos.

Por otra parte, con el fin de incrementar la producción agrícola para alcanzar mayores niveles de autosuficiencia alimenticia, se utilizan cada vez mayores cantidades de fertilizantes y sustancias químicas, algunas de las cuales se infiltran o escurren hacia el agua de los ríos. La implantación de sistemas de riego significa que tienen que incluirse también sistemas de drenaje, a menos que éstos descarguen directamente al mar, el agua con altos contenidos de sal y otros contaminantes se vierte a los ríos. Además, a medida que aumenta exponencialmente la demanda de energía de los centros urbanos, un mayor número de plantas termo y nucleoelectricas se

construyen, invariablemente, cerca de las principales fuentes de agua, debido a las grandes cantidades de este recurso que requieren sus sistemas de enfriamiento, lo que contribuye a la contaminación térmica de los ríos.

Los factores arriba mencionados, entre otros, han propiciado la severa degradación que sufren los ríos en casi todos los países en desarrollo. Como la población y las actividades humanas siguen en aumento, todo indica que estos problemas serán más serios en el futuro.

Dentro de los trabajos de la OMS (Organización Mundial de la Salud) en su IX Reunión Regional de Sudamérica se destaca que, **entre más subdesarrollado es el país, existirán muchos más problemas de contaminación que requieran de acciones correctivas, más que preventivas.**

La situación de nuestro país, al enfocarla desde ambos conceptos, no es nada halagüeña. Por un lado, participando en las grandes ligas del primer mundo, con la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio entre Canadá, Estados Unidos y México, y la incorporación de la nación al selecto grupo de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), es de esperar la consecuente inversión para instalar industrias de alta productividad y alta tecnología.

El principal problema que, en relación con la calidad, producen los escurrimientos a los embalses es debido al exceso de nitrógeno y fósforo que transportan, introducidos por las descargas puntuales o difusas, de origen urbano, industrial y agrícola.

2.4.1 Contaminación urbano industrial

Una forma de contaminación generada en zonas urbanas es producto de la disposición inadecuada de desechos sólidos en cauces o terrenos, cuyos lixiviados pueden contaminar los acuíferos. Asimismo, el agua de tormentas que arrastra los residuos acumulados en los drenajes combinados presenta problemas para los sistemas de tratamiento.

Un problema derivado del tratamiento del agua residual es la producción de lodos, que deben tener un tratamiento y disposición adecuados. En la actualidad, independientemente de su composición, la normatividad ambiental los clasifica como desechos tóxicos. Es necesario contar con normas específicas para su manejo y disposición.

El volumen de agua utilizado para la industria se caracteriza por un alto consumo y bajo nivel de recirculación, generación de altos niveles de contaminación y una fuerte presión sobre la disponibilidad de agua por la excesiva concentración sectorial y regional de la demanda.

2.4.2 Contaminación agrícola y ganadera

Como ya se ha mencionado, la contaminación del agua se origina fundamentalmente por el empleo de fertilizantes y plaguicidas. Una parte se infiltra hacia los acuíferos que subyacen las zonas agrícolas como contaminación difusa y otra parte es arrastrada hacia los drenes agrícolas para ser descargada en cauces, provocando concentraciones excesivas de fósforo y nitrógeno, así como algunas sustancias tóxicas empleadas en el control de plagas.

En una búsqueda por estabilizar e incrementar la producción agrícola, el hombre ha irrigado campos por milenios. Las más antiguas civilizaciones fueron construidas sobre la agricultura de riego, más la principal expansión de tierras irrigadas ocurrió durante este siglo cuando estas áreas fueron incrementadas.

Un nuevo, casi completamente un sistema artificial es creado, los procesos dominantes se vuelven diferentes; en lugar de pequeñas cantidades de agua, las cuales no son suficientes para penetrar el entero perfil del suelo, el área recibe grandes entradas de agua cambiando todos los aspectos del suelo.

Experiencias nos muestran que todo lo que esta bajo la influencia de la irrigación, sea una cuenca de río/lago, un sistema de ingeniería en el campo, se tiende a una deterioro del medio ambiente al no ser apropiada la administración.

Quizá la más grande catástrofe del medio ambiente en el mundo es en la cuenca del Mar Aral, causada por el masivo e insostenible desarrollo de la irrigación.

El Mar Aral fue el cuarto más grande lago en el mundo por área de superficie inundada, es un lago cerrado con sólo dos ríos; el Amurdarya y Syrdarya. La cuenca es tradicionalmente un área de irrigación, la cual ha sido practicada por un milenio.

El presente estado del lago es resultado de la relación del escurrimiento contra la evaporación, y las demandas de agua debido a la irrigación. El nivel del lago fue relativamente estable de 1900-1960 tiempo en el cual el área de irrigación no cambio mucho. La decisión de expandir el nivel de irrigación, fue el hecho principal, especializándose en la producción de algodón.

La superficie irrigada casi se ha doblado y comprende cerca de 8 millones de Ha,

de 1960 a la fecha el nivel de agua, volumen y superficie del lago se ha contraído considerablemente. El ecosistema del lago ha sido destruido, las sales sopladas hacia afuera por el viento contaminan grandes áreas alrededor del lago, los ecosistemas adyacentes a los ecosistemas terrestres tienen cambios, principalmente hacia más desertificación. La calidad del agua en los más bajos tramos del Amudarya y Syrdarya es muy pobre debido a la concentración de químicos en la agricultura viniendo desde aguas arriba. A pesar de la inaceptable calidad del río sus aguas son el principal recurso de oferta de agua doméstica, aunque ella no es buena siquiera para la irrigación. Los drásticos cambios físicos en el medio ambiente han llevado a un notable deterioro en la calidad de vida allí, incluyendo el estado de salud humano. Las tradicionales actividades económicas han sido también destruidas. Toda el área que circunda el lago es un estado de catástrofe del medio ambiente. la situación no es mucho mejor en el tramo medio de los dos ríos; la calidad del agua es pobre; la eficiencia del agua usada para irrigación es baja; los niveles y métodos de aplicación de pesticidas y defoliantes son modestos; el estado de salud humano se ha deteriorado como resultado del medio ambiente perturbado. La solución al problema del Mar Aral llevará más que el desarrollo del lago.

La irrigación es el principal uso del agua en el mundo, tomando el 70 % de toda el agua consumida, Ref. 13, en países áridos y semiáridos la cifra es mucho más alta. Los criterios de eficiencia de la irrigación son bien conocidos, el mantenimiento de la humedad óptima del suelo en la zona de raíz y una reducción de la evaporación son los objetivos perseguidos para salvar muy altas cosechas en los campos.

2.4.3 Contaminación de origen natural

La sobreexplotación de los acuíferos ha propiciado la contaminación por intrusión salina en los acuíferos costeros, principalmente en la península de Baja California, la costa de Sonora y la península de Yucatán; así como la migración de aguas fósiles con altos contenidos de sales tóxicas como el arsénico.

El ritmo acelerado del crecimiento demográfico y económico del país, aumento el problema de acuíferos sobre-explotados, agotamiento de manantiales, intrusión salina, agrietamientos y hundimientos de terrenos, migración de aguas de mala calidad y aguas más antiguas.

Eutrofización

La eutrofización de los embalses es un indicador de la calidad del agua de los mismos, éste es un proceso complejo de fertilización de las aguas con sustancias nutritivas, en forma asimilable por la vegetación acuática, lo que origina un aumento de la población vegetal, un incremento de la productividad en todos los niveles de la cadena trófica y una alteración de las características fisicoquímicas naturales del agua.

3 EVALUACIÓN AMBIENTAL

3.1 Evaluación de proyectos de aprovechamiento hidráulico

Los proyectos de aprovechamiento hidráulico se pueden clasificar en hidroagrícolas,

de propósito múltiple, control de inundaciones, mitigación de sequías, drenaje y abastecimiento de agua potable, navegación, acuícolas y recreación.

En los ochentas la entonces Comisión del Plan Nacional Hidráulico realizó Planes Hidráulicos Estatales e identificó proyectos que revestían gran importancia por su impacto económico, tales proyectos formaron parte de una cartera que contenía proyectos hidroagrícolas, de propósito múltiple, control de inundaciones, drenaje y abastecimiento de agua potable.

Por su parte la Comisión Federal de Electricidad en lo referente a la generación de energía hidroeléctrica, en base al potencial hidroeléctrico realizó una cartera de proyectos dentro de los cuales sobresalen las grandes hidroeléctricas. Los indicadores que se utilizaban para evaluar la bondad del proyecto eran económico-financieros.

Posterior a 1982 surge en México la necesidad de evaluar también los proyectos por su impacto ecológico dentro un marco ambiental, esto principalmente para fines de financiamiento internacional.

Más recientemente la Comisión Federal de Electricidad introduce el concepto de escenarios para la evaluación de proyectos.

A nivel internacional la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), mediante el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, en el año de 1987, publica el documento Directrices Metodológicas para la Evaluación Ambiental Integrada del Desarrollo de los Recursos Hídricos.

A saber, las etapas de avance de un proyecto son:

- identificación y gran visión
- prefactibilidad
- factibilidad
- diseño
- construcción
- operación

Si un proyecto llega a la etapa de construcción, ha superado las etapas previas en las que podría ser descartado por varias razones entre ellas se considera comunmente:

- Técnicas
- Financieras
- Socioeconómicas
- Impacto ambiental
- Políticas

Los indicadores para la evaluación de los proyectos hidráulicos se indican en el cuadro siguiente:

Cuadro 5. Indicadores de la evaluación de los proyectos hidráulicos son:

Financieros	Criterio del valor actual neto Criterio de la TIR Criterio del periodo de recuperación Criterios contables
Económico	Conversión a precios cuenta Rendimiento económico interno Análisis Beneficio-Costo Tasa interna de rend. económico
Social- Económico	Indicadores con escala cuantitativa Indicadores con escala cualitativa
Impacto Ambiental	Determinación de parámetros para hacer la estimación ambiental Reducir a un análisis B/C

3.2 Modelos ambientales

Un modelo ambiental es una representación física, química y biológica que reproduce las características y condiciones de un ecosistema real; permite hacer pronóstico ante diferentes condiciones del ecosistema, para que de este modo analizando la información y las interacciones existentes se pueda llegar a la percepción y comprensión del comportamiento de tal sistema, para con ello inferir las repercusiones socioeconómicas que al evaluarlas se permita una mejor toma de decisiones.

Para realizar la modelación ambiental se tienen que establecer indicadores de impacto, sus escalas y dimensiones, o unidades de medida. Deben calcularse sus valores para cada proyecto (en cada alternativa) y en distintos periodos de tiempo (corto, medio y largo plazo).

3.3 Criterios para valorar el medio ambiente en términos monetarios

Un punto difícil en los trabajos de evaluación ambiental, quizá el más difícil de todo el estudio, es asignar un determinado peso o importancia a los indicadores de impacto, o sea su ponderación, ya que no siempre es posible valorar al medio ambiente en términos monetarios. En este aspecto vuelvo a insistir que la incapacidad para poder valorar al medio ambiente en términos monetarios se debe fundamentalmente al poco conocimiento de él y en tanto este conocimiento vaya en aumento, en esa medida seremos capaces de valorar al medio ambiente en términos monetarios. Las evaluaciones actuales considerarán, generalmente, las repercusiones inmediatas y locales en el medio ambiente por alguna actividad del hombre, y éstas se pueden de alguna manera valorar en términos monetarios con los criterios que se mencionan a continuación:

3.3.1 Técnicas en que se utilizan los precios de mercado para valuar un cambio en la producción o en los costos.

Cambios de la productividad. Se basa en la medición de los cambios físicos de producción, cuantificándolos a precios de mercado y se corrigen en caso de distorsión (precios sombra). Los pasos a seguir para aplicar esta técnica son:

1) Identificar los cambios productivos causados por el proyecto, tanto directos como indirectos. Adicionalmente a los productos asociados con la obra (irrigación, suministro de agua, generación de energía, etc.) pudiese haber otros efectos

indirectos internos como son la pesca o el turismo. Los efectos ambientales externos más relevantes deben ser incluidos para completar el panorama de los impactos del proyecto.

2) Se deberá establecer el periodo durante el cual se medirán los cambios productivos, los precios correctos que se deben utilizar (precios sombra), y cualquier cambio en el futuro que se espere en precios relativos.

Costos de oportunidad. Basado en el concepto de oportunidad, es decir, en los costos derivados de los beneficios de una alternativa a la que se renuncia. Comparando los beneficios de la alternativa de preservar el sitio cuando existen razones ecológicas históricas (inexpresables en términos monetarios) contra los beneficios que se obtendrían al realizar el proyecto propuesto. La decisión recae sobre la justificación que otorgan los beneficios del proyecto para realizarlo o rechazarlo, ésta no es una técnica de valoración "per se", debido a que sólo estima la magnitud de los beneficios renunciados, no la magnitud de los beneficios obtenidos.

Gastos de prevención o mitigación. Se fundamenta en la posibilidad de establecer el valor que los individuos le asignan a la conservación de la calidad del medio ambiente y consecuentemente, su disposición de la cantidad que están dispuestos a pagar para prevenir o mitigar los daños al sistema ambiental.

Teóricamente un individuo racional incurrirá en gastos de mitigación cuando:

$$N' + E < N \quad \text{ó} \quad (N - N') > E$$

donde:

N nivel percibido de daño

N' nivel de mitigación de daño percibido

E gasto de mitigación

Es decir, la comunidad incurrirá en gastos de mitigación en tanto que los daños evitados los excedan o los igualen. Para este tipo de análisis se debe considerar:

- 1) La disponibilidad de los costos, gastos de los efectos de mitigación.
- 2) No existen beneficios secundarios asociados con los gastos preventivos, de existir deben ser incluidos en el análisis.

3.3.2 Técnicas que utilizan los precios sustitutos de mercado

Aplicables para aquellos aspectos ambientales que no pueden establecer valores tangibles o precios mercado como el aire puro o el paisaje. Sin embargo en muchos casos es posible estimar un valor implícito para un bien ambiental, por medio del precio que se pagaría por otro bien semejante que se encuentre en venta.

Aproximación del valor de la tierra. El precio de la tierra en el mercado puede ser usado para evaluar una combinación de impactos. Examinando los precios de las tierras agrícolas y comparándolas con el precio de las tierras afectadas por el proyecto

existirá un precio residual, el cual representará el valor sustituto del ambiente o de los factores invaluable, cuando se construye una presa el precio puede quedar influido por la vista escénica o la posibilidad del acceso al agua. La diferencia de precio antes y después del proyecto representa el precio residual.

Gastos de traslado o viáticos. Desarrollado para valuar bienes y servicios recreacionales, culturales o escénicos, se basa en la propuesta de que un comportamiento observado puede ser usado para establecer la curva de demanda y poder estimar un valor para un bien ambiental invaluable. Utilizando los costos de viaje como sustituto del precio de admisión a un centro recreacional (precio que en ocasiones no existe). Por métodos estadísticos se trata de establecer la curva de demanda, partiendo del conocimiento del origen de los visitantes, así como la frecuencia con que acuden al centro, la cual es inversamente proporcional a la distancia del centro. Conociendo las distancias se calculan los viáticos promedio desembolsados por cada visitante para acudir al sitio y se sustrae el precio de admisión que pagó, esta diferencia se conoce como el valor excedente, la suma del valor excedente, pagado por los visitantes, puede utilizarse como base para estimar el valor del sitio.

3.3.3 Técnicas de análisis de costos

Dependen en la estimación de los gastos potenciales para valuar un impacto en el ambiente debido al desarrollo. Este cálculo examina los costos que implica mitigar

algún impacto reemplazando las zonas que fueron dañadas o destruidas. El método puede ser utilizado para calcular que resulta más eficiente, implantar medidas preventivas de antemano o efectuar medidas compensatorias después del evento.

Costos de reposición. Los costos en que se incurre para reponer los daños causados por un proyecto pueden ser medidos y estos costos pueden ser interpretados como un presupuesto de los beneficios derivados de las medidas tomadas para prevenir los daños. Los costos de reposición estiman su límite superior pero no están realmente midiendo los beneficios de la protección ambiental. Para aplicar esta técnica se debe tener en cuenta que:

- 1) Los daños son medibles
- 2) Los costos de reposición son calculables y no son mayores que el valor del recurso destruido y por tanto conviene reponerlo.
- 3) Los beneficios secundarios que se asocian con la medida preventiva deben ser incluidas en el análisis como un beneficio.

Este procedimiento puede ser utilizado para evaluar entre efectos y medidas alternativas de mitigación, un ejemplo es la reubicación de poblaciones, en donde los costos de reemplazo de los servicios y de recrear los sistemas económicos sociales pueden ser calculados.

En general el costo de reposición se puede aplicar cuando un daño al sistema ambiental puede causar un gasto monetario para repararlo.

Costo de reubicación de infraestructura

Es una variante de técnica del costo de reposición, el costo de reubicar un servicio debido a los cambios de calidad en el ambiente se utiliza para evaluar los beneficios potenciales (y costos asociados) de prevenir el cambio ambiental. Por ejemplo una presa puede interferir, obligando a reubicar los canales de riego, este costo se carga al proyecto. Si la presa mejora la situación aguas abajo, los beneficios adicionales y los ahorros se contabilizan como beneficios del proyecto.

3.4 Indicadores ambientales

Llamamos indicadores de impacto ambiental a los elementos o parámetros que proporcionan la medida de la magnitud del impacto, al menos en su aspecto cualitativo y también, si es posible, en el cuantitativo.

Algunos indicadores (por ejemplo, los datos estadísticos de morbilidad o mortalidad) pueden indicarse numéricamente, otros cualitativamente.

La adopción de unos indicadores de impacto y su selección es un punto fundamental de estos trabajos de evaluación.

Los indicadores de impacto más sencillos de utilizar y más concretos son las normas o estándares de calidad del aire, el agua, el ruido, etc. especialmente cuando están aprobados por una legislación. Esto simplifica la evaluación, aunque el desconocimiento del efecto en los ecosistemas que trae consigo la construcción de un proyecto y sus efectos durante su operación hace que exista una revisión periódica de las leyes o normas aplicadas nacional o internacional, lo esperado es que la

normatividad establecida se refiera al conjunto del problema. Una evaluación de impacto ambiental es algo más que el estudio de unos problemas de contaminación. La elección de los componentes hidrológicos que se deben utilizar para evaluar la situación presente y futura del recurso agua, es un tema difícil e importante. La labor sería más fácil si existiese una clasificación de los componentes hidrológicos, de manera que las experiencias en los estudios de otros sistemas se puedan transferir con un cierto grado de confianza. No existe una clasificación de componentes hidrológicos aceptada internacionalmente.

La clasificación consiste en agrupar componentes que tienen características comunes no compartidas por elementos de otros grupos. La clasificación de los sistemas hidrológicos puede estar basada sobre muchos criterios tales como hidroquímicos, la morfología, la edad, las comunidades animales, etc. La clasificación se podría hacer hasta con las opciones para su utilización económica, ver cuadro 6.

En los sistemas administrados por el hombre, a los indicadores importantes, especialmente los que identifican una función clave en el sistema o que son objeto de usos específicos, se les dan valores numéricos (límites de máxima y mínima) para garantizar la calidad, la estabilidad y la seguridad del sistema entero con respecto a características específicas de uso, a estos indicadores se les conoce como estándares.

Cuadro 6. Indicadores Ambientales

clima	<ul style="list-style-type: none">- cambio en la temperatura media.- cambio en la humedad (cantidad y periodicidad)- cambio en la relación precipitación- evaporación
tierra y suelo	<ul style="list-style-type: none">- utilización de la tierra (% , tipo)- potenciales de erosión (impactos humanos)- Asentamientos sin control (carreteras, etc.)- inundaciones y control de éstas.- calidad de tierras y suelos - cultivos permanentes (cantidad de vida salvaje plantas que cubren el sustrato de suelos)- diversidad de fauna y flora- especies raras y en peligro de fauna y flora- régimen de velocidades- tiempo de retención- fluctuaciones de los niveles de agua arroyos y ríos- periodicidad de escorrentía- erosión y sedimentación (lagos y lagunas)- pérdidas por infiltración- pérdida por evaporación y evapotranspiración- mezcla y/o estratificación- calidad- vida salvaje- producción en lagos y lagunas- producción piscícola- diversidad de especies- potencial de desove- especie en peligro.- nivel de aguas subterráneas y fluctuaciones

3.5 Contabilización del deterioro ambiental en cuentas nacionales

Los ajustes a las cuentas nacionales conforme a consideraciones ambientales pueden

ocurrir a tres niveles:

Cuentas físicas. Pueden establecerse cuentas no monetarias, que miden el agotamiento de los recursos y los efectos ambientales de diversos aspectos de la producción y de los ingresos nacionales. Así, para cualesquiera actividades sectoriales, es posible determinar sus impactos físicos, y éstos pueden añadirse para la economía en su totalidad.

Impactos no monetarios. Estos impactos ambientales pueden expresarse en términos de sus efectos estimados en diversos indicadores no monetarios, tales como la salud humana, la productividad agrícola, el calentamiento de la Tierra o el agotamiento de la capa de ozono. Usualmente estos impactos se calculan multiplicando los resultados físicos (por ejemplo, la erosión del suelo) por coeficientes de los impactos o funciones de "reacciones de dosis" (por ejemplo, el impacto en los rendimientos).

Valoración monetaria. Los impactos ambientales pueden expresarse luego en términos monetarios mediante el uso de técnicas de valoración, que a su vez proporcionan el medio para ajustar las cuentas nacionales mismas.

De este modo las cifras de acumulación neta de capital deberán reflejar el deterioro del medio ambiente que repercute en un costo social.

Noruega, por ejemplo, el país que quizás tiene la más larga historia de interés en la contabilización de los recursos, ha dedicado sus esfuerzos al refinamiento de las

estimaciones de existencias físicas de sectores básicos como el petróleo, los minerales, la pesca, la silvicultura y la energía hidroeléctrica. Los Países Bajos, otro país con historial en este tema, durante más de un decenio se ha esforzado en derivar medidas monetarias de la pérdida de "funciones ambientales" (hasta el momento sin éxito alguno). Francia está probando el sistema más ambicioso hasta ahora- la contabilidad del patrimonio- destinado a analizar y describir el medio ambiente natural en sus tres dimensiones básicas: económica, social y ecológica.

Mediante técnicas de evaluación monetarias indirectas se puede estimar el costo de reducir la contaminación a niveles aceptables, erosión del suelo, pero todavía subsiste una multitud de retos conceptuales y opciones metodológicas.

Cuadro 7. Contabilización del deterioro del medio ambiente

Cifras ilustrativas para México PIN: 42 060 (estimaciones de 1985 en millones de pesos)			
Agotamiento de recursos naturales		Deterioro del medio ambiente	
Petróleo	1470	Erosión del suelo	449
Madera	164	Desechos sólidos	197
Cambio en uso de la tierra	764	Uso de agua subterránea	191
TOTAL	2398	Contaminación de agua	662
		Contaminación atmosférica	1656
		TOTAL	3155

Fuente: "Toward Improved Accounting for the Environment", Jan van Tongeren y otros.

Sea PIN: Producto interno neto

INA: Ingreso nacional ajustado conforme a consideraciones ambientales

INA1: Estimaciones del agotamiento de los recursos (Cantidad)

INA2: Estimaciones del valor monetario del deterioro del medio ambiente (Calidad)

$$INA = PIN - (INA1 + INA2) = 36\ 507$$

Estas cifras dan realce a la necesidad de ajustes respecto a los costos ambientales, pero en sí mismas dan escasa orientación a las autoridades.

4 ANÁLISIS

El análisis descrito en este capítulo parte de la sugerencia de abordar un problema de alta complejidad mediante un enfoque compuesto en el que se consideren las direcciones básicas: Marco normativo, intervención problemfística, mejoramiento incremental.

4.1 Planeación del recurso agua y medio ambiente

Los diferentes usos del agua, ver cuadro 4, hacen que su planeación sea de múltiple objetivo, de ahí que se tengan que hacer evaluaciones de índole socio-cultural, económico, financieras; y más recientemente de la calidad ambiental existente (subsistema físico-químico y biológico). Todo ello conduce a una evaluación de múltiples criterios, ya que se incurre en el empleo de varios criterios de evaluación de carácter cualitativo y cuantitativo que requieren del uso de técnicas multicriterio para la toma de decisiones.

Tanto la teoría como las aplicaciones para la toma de decisiones multicriterio se pueden encontrar en varias fuentes. Como resultado de esta abundante literatura sobre la toma de decisiones multicriterio podemos mencionar tres técnicas principales:

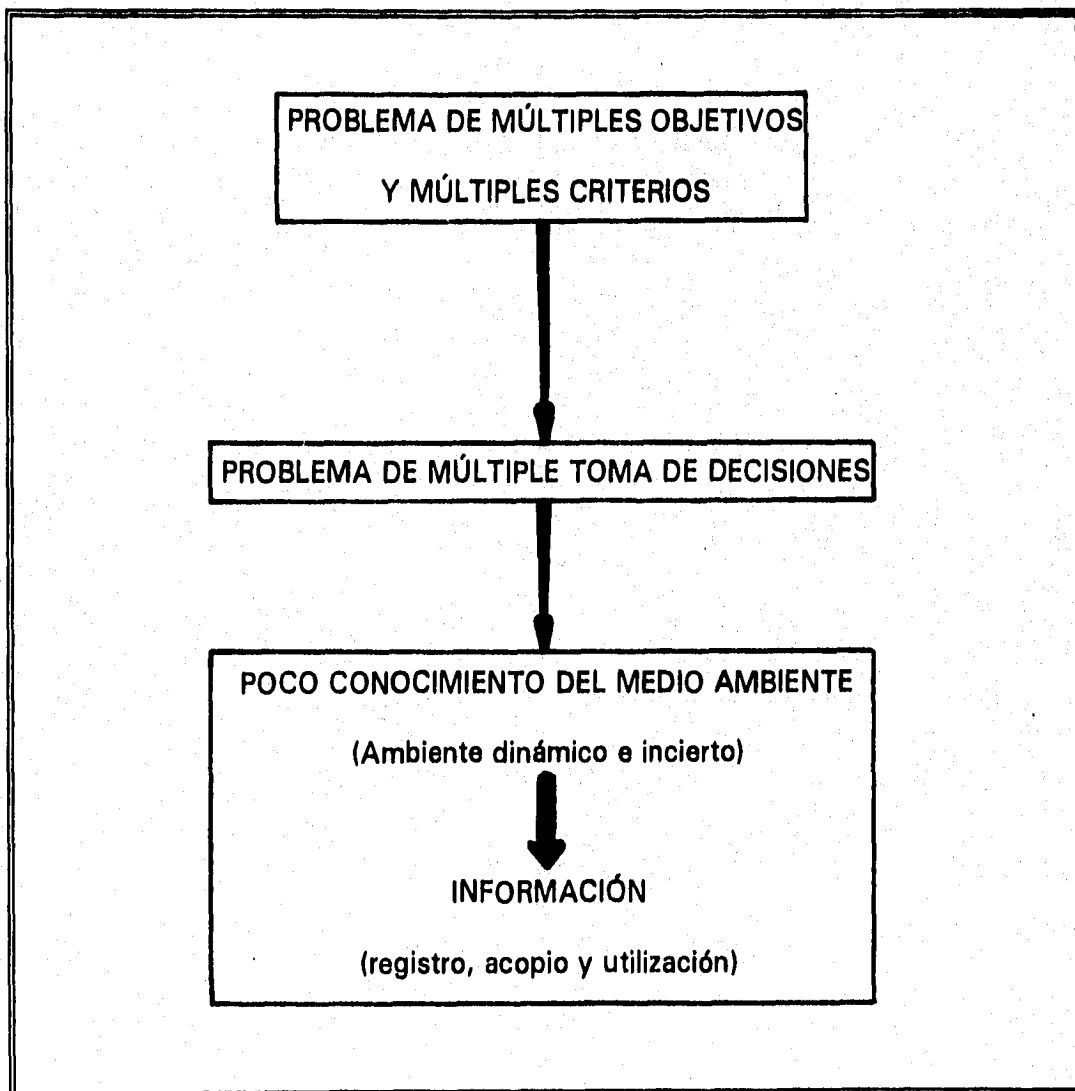
- 1.- Outranking; tipos como ELECTRE.
- 2.- Basado en la distancia, tales como programación de compromiso o programación compuesta.
- 3.- Utilidad; tipos tales como funciones multiatributivas de utilidad.

La toma de decisiones multicriterio contiene en esencia el principio de optimización, pero dados los diferentes criterios de evaluación ésta se vuelve subjetiva. A la toma de decisiones multicriterio se le suma otra dificultad más: el de la información, ver cuadro 8. En lo que se refiere a información desconocemos, por una parte, que datos son necesarios para su acopio y registro. Por otro parte, teniendo el registro histórico de una gran cantidad de datos, no sabemos como analizarlos para hacerlos información utilizable. Estas dos situaciones se deben al poco conocimiento que tenemos de los procesos físico-químicos y biológicos que se dan en el medio ambiente; así por ejemplo desconocemos el desarrollo de muchos procesos hidrológicos. Mientras mayor sea el conocimiento que se tenga acerca de los procesos hidrológicos, estaremos en la posibilidad de lograr cuantificaciones económicas en términos monetarios.

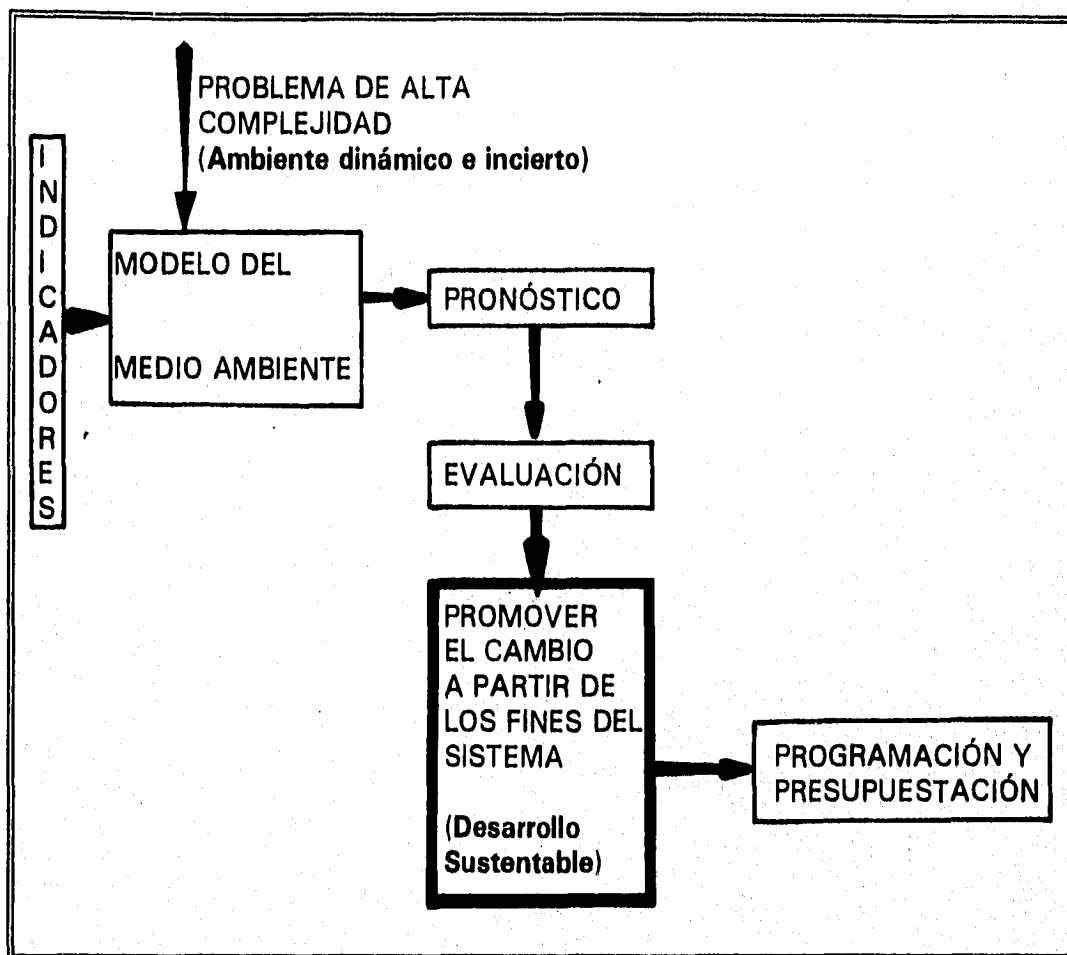
Los procesos medioambientales involucran, cada vez, un mayor grado de

incertidumbre por las alteraciones medioambientales producidas por la creciente actividad antropogénica, haciendo con ello que la planeación del recurso agua sea un problema aun más complejo, ver cuadro 9. En el mismo cuadro se indica que para valorar el medio ambiente necesitamos de estándares e indicadores siendo el marco normativo la sustentabilidad.

Cuadro 8. Complejidad en la planeación del recurso agua



Cuadro 9. Un enfoque de la planeación en el recurso agua y medio ambiente

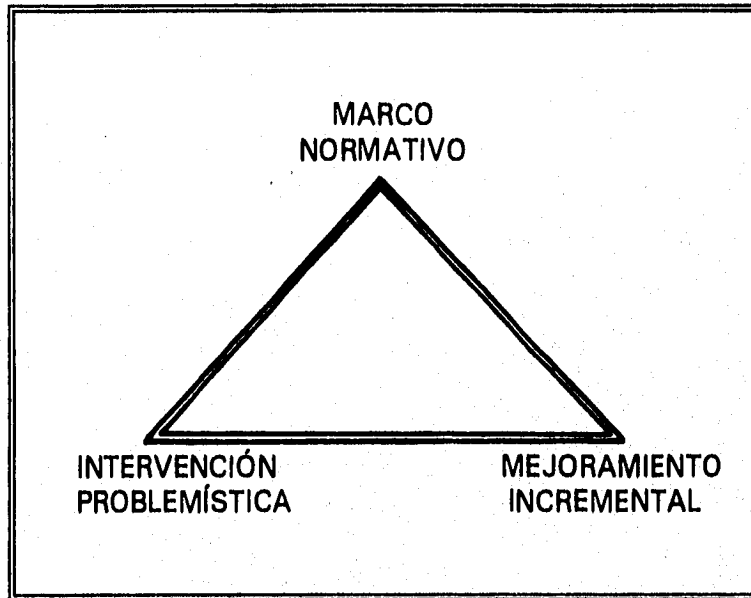


4.2 Planteamiento metodológico

Para lidiar con los problemas de alta complejidad es necesario adoptar ciertas tácticas simplificadoras y, al mismo tiempo, considerar varios niveles de análisis para subsanar las deficiencias derivadas de esa simplificación.

Lo que se sugiere es armar un enfoque compuesto en el que se consideren las direcciones básicas: Marco normativo, intervención problemística, mejoramiento incremental.

Cuadro 10. Propuesta para un enfoque compuesto en los problemas de alta complejidad.



Marco Normativo. En el marco normativo se considera el diseño de la imagen objetivo, ésta ha sido identificada como desarrollo sustentable, ver cuadro 9 y subcapítulo 4.1. Más adelante el subcapítulo 4.3 se hace una *caracterización del medio ambiente hidrológico*, y con ello se hace un análisis global identificando tres componentes principales del desarrollo sustentable.

Intervención problemística. En el subcapítulo 4.5, *Visión del futuro en el aprovechamiento del agua*, a partir de un estudio bibliográfico se identifican las nuevas tendencias relacionadas con el aprovechamiento del agua, ello nos permite reconocer conceptos clave, a partir de los cuales se identifican indicadores que son

preponderantes para valorar la sustentabilidad en el aprovechamiento del recurso agua.

Mejoramiento incrementalista. El incrementalismo juega el papel de un ensayo controlado, que favorece el aprendizaje al mismo tiempo que se actúa en su solución. De acuerdo al incremento o decremento del indicador, se sabrá en que componente se deberán aplicar las medidas pertinentes.

4.3 Caracterización del medio ambiente hidrológico

Tres aspectos medio-ambientales relacionados con el recurso agua y proyectos hidráulicos pueden ser reconocidos:

Impactos de fenómenos naturales, son aquellos impactos medio-ambientales más allá del control del hombre sobre los mismos proyectos y el hombre. Por ejemplo sequías e inundaciones.

Impactos indirectos, son impactos medioambientales que resultan de otras actividades del hombre, inducidos por los mismos proyectos. Por ejemplo, una hidroeléctrica va a contribuir a una mayor industrialización que provocará una mayor contaminación del aire, y posiblemente la lluvia manifieste contaminación al precipitar con ella los contaminantes existentes en la atmósfera.

Impactos directos, al referirnos a los impactos directos de un proyecto es cuando éste influye directamente en la alteración al medio ambiente de una manera inmediata, por ejemplo una hidroeléctrica interrumpe el escurrimiento alterando las formas de vida aguas abajo. Otro impacto directo es el abatimiento del nivel freático de los acuíferos

4.3.1 Problemas surgidos por el control del escurrimiento

Tiempo

De particular nota es el hecho de profundos cambios en los regímenes hidrológicos y ecológicos de sistemas de ríos y territorios adyacentes debido a la construcción de grandes almacenamientos.

La administración del agua en un río/lago/acuífero o alguna otra localidad es básicamente la habilidad y arte del balance de agua oferta y demanda. El principal emisor renovable del agua son los ríos. Cuando se demandan exedentes al escurrimiento estable (básico) de los ríos por algún periodo de tiempo prolongado, surge la necesidad por controlar el escurrimiento de los ríos construyendo presas, las que han provocado un decremento de la intensidad de intercambio de agua en sistemas de ríos. El promedio mundial del intercambio de agua ha disminuido en cinco tiempos, esto es, la renovación media de agua en los sistemas de ríos usaba 20 días y ahora toma 100 días (Ref. 13), un número fundamental de consecuencias ecológicas. En particular la misma capacidad de purificación natural de los ríos ha sido reducida, esta capacidad se basa en el consumo de oxígeno del aire por un flujo

turbulento de agua con la subsecuente oxidación, principalmente de contaminantes orgánicos llevados por la corriente.

Espacio

En algunos escenarios del desarrollo de los aprovechamientos hidráulicos, cuando el escurrimiento superficial y subterráneo de la cuenca ha sido aprovechado y es económicamente factible el represamiento de aguas de ríos, surge entonces la transferencia de agua intercuenas.

En la historia de las transferencias de agua, sus descargas, distancias de las rutas de transporte y otros parámetros han crecido exponencialmente. Proyectos más ambiciosos de transferencia de agua han sido propuestos, mas su factibilidad mínima en el inmediato futuro es cuestionable, esquemas de transferencia de agua han sido realizados y sugeridos en cada diferente país como la anterior URSS, la USA, China, Canadá, India, México y otros.

A partir de lo comentado en este subcapítulo y en el capítulo 2, podemos decir en principio que las alteraciones, ocasionadas en el medio ambiente, relacionadas con el recurso agua, que pueden ser identificados como un amenaza para el medio ambiente son las que se listan en el cuadro siguiente:

Cuadro 11. Lista de Alteraciones Físico-Química-Biológica

- alteración del escurrimiento superficial en tiempo y espacio
- lluvia ácida
- erosión y sedimentación
- pérdida de suelos y deposición
- agotamiento del agua subterránea
- eutrofización
- hundimiento del suelo
- intrusión salina
- incremento de los sucesos extremos tales como sequías y avenidas
- deforestación
- degradación del suelo
- desertificación
- incremento de la contaminación del agua
- disposición de residuos no controlados
- incremento de la morbilidad y mortalidad

A partir del resumen de alteraciones Físico-Química-Biológica listadas en el cuadro 11, se logró realizar una síntesis de la caracterización del medio ambiente hidrológico al agrupar por bloques las alteraciones ambientales, identificando finalmente la causa-efecto. La causa converge en la primera columna (crecimiento poblacional), y la última columna se refiere al efecto (pérdida de ecosistemas), ver cuadro 12. Estas dos columnas plantean la transformación de masa.

Tres componentes principales identificadas en el cuadro marcan una clara tendencia a la insustentabilidad debido a un *crecimiento poblacional* que promueve *actividades antropogénicas* que repercuten en la *pérdida de ecosistemas*.

La columna de pérdida de ecosistemas y la del crecimiento poblacional plantean una transformación de masa.

Cuadro 12. Impactos relacionados con el recurso agua

PROCESOS SOCIOECONÓMICOS		P N R A O T C U E R S A O L	Alteración Físico- Química- Biológica	IMPACTO		
C R E C I M I E N T O P O B L A C I O N A L	ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS					
		Cambio de uso del suelo (bosque-pastizal-agrícola-urbano)	LLUVIA, VIENTO Y ESCURRIMIENTO	deforestación	R E P E R C U S I Ó N	P É R D I D A D E E C O S I S T E M A S
Pérdida de suelos y deposición						
degradación del suelo						
erosión y sedimentación						
desertificación						
Control de inundaciones						
Riego						
Explotación de agua			agotamiento del agua subterránea			
	alteración del escurrimiento superficial en tiempo y espacio					
	intrusión salina					
	lluvia ácida					
Transporte y eliminación de residuos		eutrofización	incremento de la morbilidad y mortalidad			
		contaminación del agua				
		residuos no controlados				

4.4 *Paradigma del desarrollo sustentable*

Las tres componentes principales identificadas en el cuadro 12 (Crecimiento poblacional, actividades antropogénicas, pérdida de ecosistemas) marcan una clara tendencia hacia la insustentabilidad, al replantearse en términos de sustentabilidad tenemos:

CRECIMIENTO POBLACIONAL PLANEADO

DESARROLLO ECONÓMICO

SOSTENIMIENTO DE ECOSISTEMAS

Crecimiento poblacional planeado a diferencia de un crecimiento poblacional, habrá cuencas en las que sus recursos naturales les permitan tener una mayor tasa de crecimiento poblacional y otras que la escasez de sus recursos las limiten, por lo que habrá de estimar umbrales de sustentabilidad por cuenca hidrológica. Además, se deberán de suponer escenarios del crecimiento poblacional para adoptar el más conveniente.

En la componente del **desarrollo económico**, la idea es no realizar actividades antropogénicas sin orden y calidad, se requiere realizar un verdadero desarrollo económico.

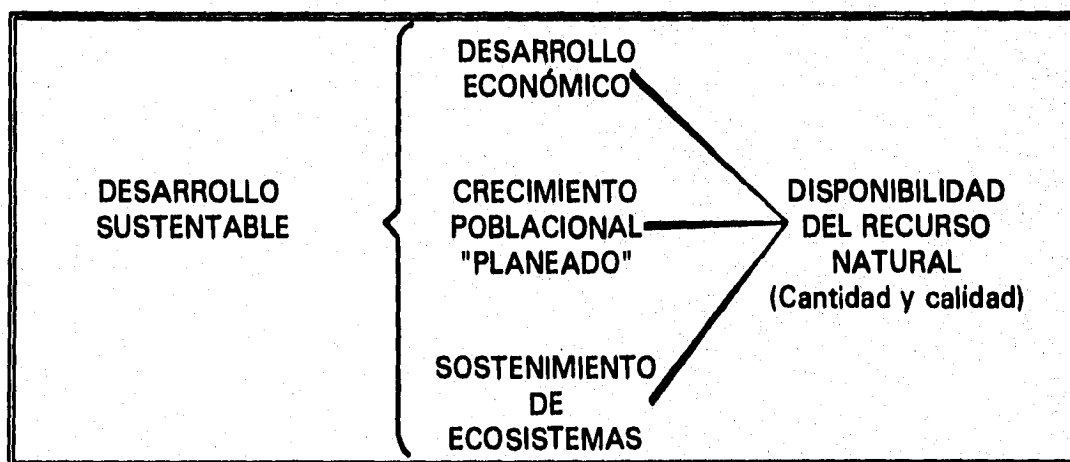
En lo que se refiere al **sostenimiento de ecosistemas**, esta componente viene a ser la sobresaliente, ya que en el pasado no se había percibido la importancia del sostenimiento de ecosistemas. Para realizar la labor del sostenimiento de ecosistemas

se tienen que tomar acciones encaminadas hacia la conservación, control y protección para finalmente lograr la preservación.

Los componentes mencionados de la autosustentabilidad son limitados por la disponibilidad del recurso que tiene dos cualidades: la cantidad y calidad.

Al reunir los componentes del desarrollo sustentable en el recurso agua y la limitante de la disponibilidad, entonces se tiene el siguiente paradigma del desarrollo sustentable:

Cuadro 13. Paradigma del desarrollo sustentable en el recurso agua



Una relación entre el recurso disponible y su uso sobre niveles globales arrojan indicadores aparentes. El promedio global esconde enormes diferencias locales en la relación oferta/demanda. A la limitante de cantidad, también se le suma la de calidad la que por falta de buenos programas de vigilancia, no es posible visualizar claramente la situación de la calidad del agua. No obstante, con base en la información limitada

y el conocimiento de algunos casos, se puede decir que el problema ya es serio, sobre todo en agua subterránea, lagos y muchos ríos cercanos a los centros urbanos de los países en desarrollo. La mayoría de las fuentes de abastecimiento para consumo humano presentan grados variables de contaminación con agua residual, lo que significa un riesgo para la población, principalmente por exposición a microorganismos como bacterias y virus patógenos.

Es claro que el paradigma planteado en el cuadro 13, se infiere al considerar alteraciones en el medio ambiente por el uso y control del recurso agua, pero afloran en el mismo cuadro la interrelación y sus efectos con el uso del suelo, por lo que este modelo pudiera aplicarse al uso del suelo también como son: bosques, suelos agrícolas, pastizales etc.

4.4.1 Disponibilidad per cápita

Un indicador de relación oferta/demanda es por ejemplo la cantidad de agua dulce disponible per cápita y por año en cierta ciudad, tal indicador puede mostrar que tan serias son las relaciones agua, economía y problemas del medio ambiente. Para algunas ciudades, tales como aquellas que están teniendo predominantemente un cambio en su escurrimiento (Por ej. Egipto) o aquellas que están teniendo completas condiciones diferentes de formación del escurrimiento hacia el colector principal (Por ej. Chile), este índice es engañoso a medida que el área analizada es más extensa y no se considerarán otros factores climáticos. Para grandes ciudades es también engañoso. En suma, una diferencia en clima, por decir, tropical y latitudes templadas

mundiales no ponen ciudades con una cantidad similar de recursos hidráulicos en la misma categoría porque tiene distinta evaporación.

Un bajo nivel en la disponibilidad de recursos hidráulicos puede ser considerado entre 1000 y 5000 m³ de agua por persona-año (Ref. 13). Dentro de este rango se encuentran 58 ciudades con un total de población de 3420 millones. En aquellas ciudades la cantidad de oferta de agua es de suma importancia dentro de las estrategias nacionales. En 1990, cerca del 60% de las ciudades con una población de 3 600 millones, o casi el 70% de la población corriente mundial, revisten problemas de escasez de agua. Ellas son principalmente ciudades en desarrollo con oferta de agua insuficiente, este hecho es, sino que el principal obstáculo para el progreso social y económico.

La fig. 3 muestra la disponibilidad per cápita en los países de América del Norte, donde se observa que México es el que de ellos tiene la menor, y en donde para varias regiones la disponibilidad natural (superficial+recarga) es muy similar a la demandada para diferentes usos, la región XIII ya requiere de transferencias intercuenas. Otras regiones, ver fig. 2, con escasez son:

I Península de Baja California

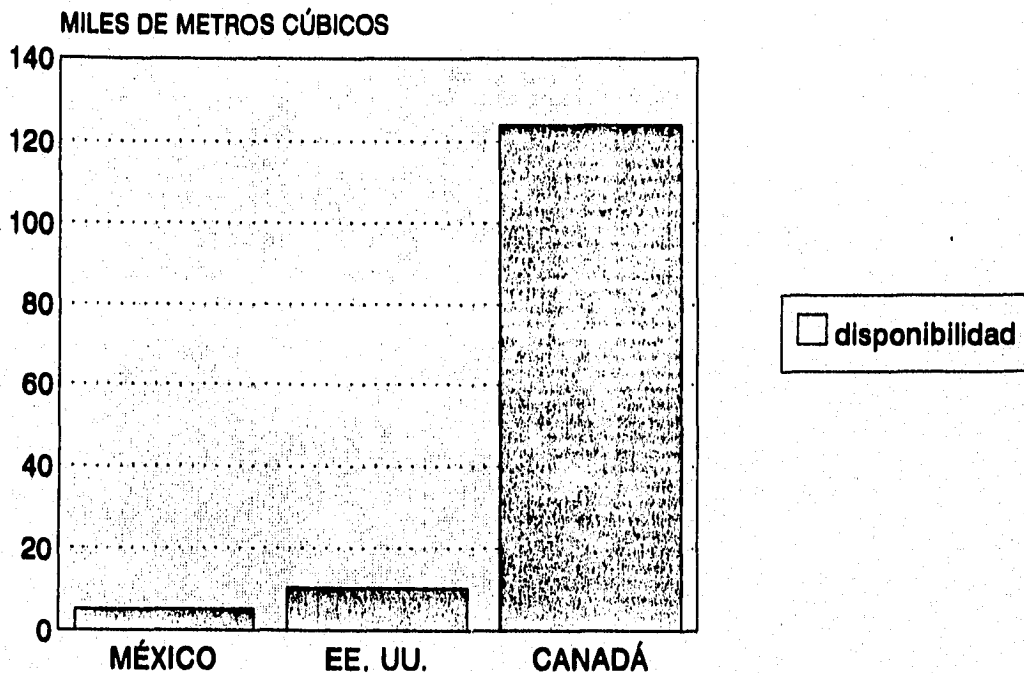
VI Frontera Norte

VII Cuencas Centrales

XII Península de Yucatán

XIII Valle de México

Figura 3. Disponibilidad per cápita de los países de América del Norte



Cerca del 40% de las ciudades del mundo poseen sobre 5000 m³ de agua por persona y año. En promedio, ellos no parecen sufrir de problemas de disponibilidad de agua, sin embargo en aquellas ciudades pueden existir problemas de abastecimiento de agua; ya que existe una desigual distribución del recurso agua en espacio y tiempo. Por ejemplo, Chile tiene un promedio de alrededor de 35 000 m³ por persona-año, pero la parte norte de la ciudad es el desierto de Driest, en el mundo con la más aguda insuficiencia de abastecimiento de agua.

En general se dan proyecciones de población, muchas más ciudades en desarrollo en el mundo entrarán en la zona de insuficiencia de agua durante las siguientes décadas. Para 2025, cerca de 1400 millones de gente en 45 ciudades, tendrán menos que 1000 m³ per cápita por año, lo que revestirá un agudo déficit de agua. Aproximadamente tres cuartos de la población mundial en cerca de 1000 ciudades podrán vivir bajo condiciones de insuficiencia de agua, en otras palabras en un estado de inestabilidad: del medio ambiente, económico y político (Ref. 13). Los conflictos para el 2025 sobre problemas de agua tenderán a incrementarse enormemente, siendo un estilo común en las negociaciones.

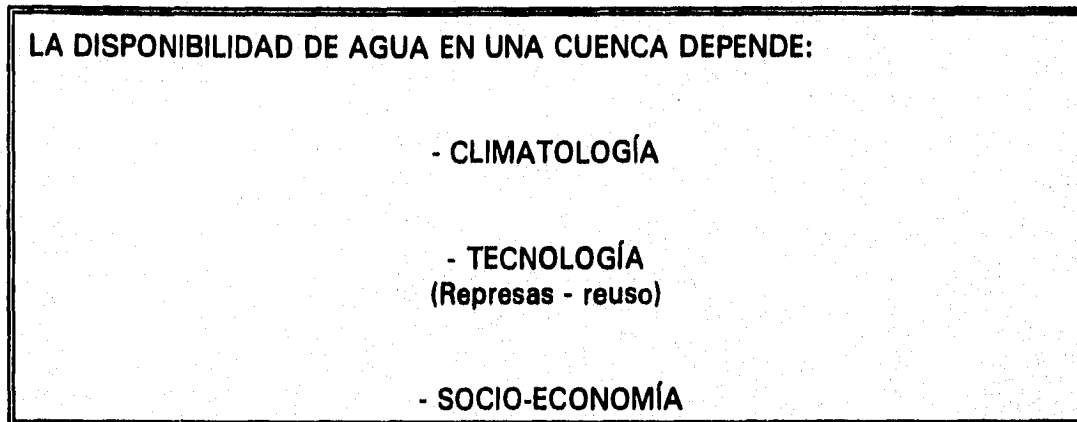
4.4.2 Disponibilidad de agua y tecnología

En la disponibilidad, la situación económica-tecnológica de las civilizaciones ha influido en el transcurso del tiempo a incrementar ésta artificialmente.

La disponibilidad natural del agua depende del clima, en donde la precipitación, la evaporación, transpiración, infiltración y finalmente el escurrimiento superficial y subterráneo son los principales parámetros que su balance indica una disponibilidad natural. El hombre para lograr un mejor uso de esta disponibilidad natural, empezó por construir bordos o pequeños represamientos. Actualmente en zonas en donde este recurso es escaso, el reuso es una nueva cultura en la que se destina agua ya utilizada para otros usos siempre y cuando cumpla con los estándares de calidad para el uso destinado, o en su defecto se le someta a un tratamiento para hacerla utilizable. Bajo esta cultura de reuso en donde el tratamiento de agua lo fija el nivel

tecnológico-socioeconómico, se podría reutilizar varias veces la misma agua, por lo que artificialmente se puede incrementar su disponibilidad dependiendo de las condiciones técnico-económicas.

Cuadro 14. Factores que intervienen en la disponibilidad de agua en una cuenca



4.5 *Visión del futuro en el aprovechamiento del agua*

En general pensamos en el futuro como una amenaza de nuestra seguridad, mas sin embargo, **en el futuro se encuentran nuestras mayores posibilidades.**

Del pasado aprendemos mediante la reflexión, el presente no permite mucho. Es en lo que está por suceder, el futuro, y solamente ahí, donde tenemos el tiempo para prepararnos para el presente. Mientras aprendamos a **anticipar**, también aprendemos a ser más innovadores mediante el descubrimiento y la creación.

Las tendencias son indicios de posibles cambios, en lo referente al aprovechamiento del agua se observan las siguientes nuevas tendencias en nuestro país:

Nuevas Tendencias:

FINANCIAMIENTO RESTRINGIDO

MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

NUEVA CULTURA DEL AGUA

TECNOLOGÍA APROPIADA

MERCADO DEL AGUA

CONSERVACIÓN

NORMATIVIDAD

PROTECCIÓN

ESCASEZ

Además, existen tendencias que afectan de una manera global. Las identificadas son:

CONTROL POBLACIONAL

DESARROLLO

CORRUPCIÓN

4.5.1 Tendencias

CONTROL POBLACIONAL

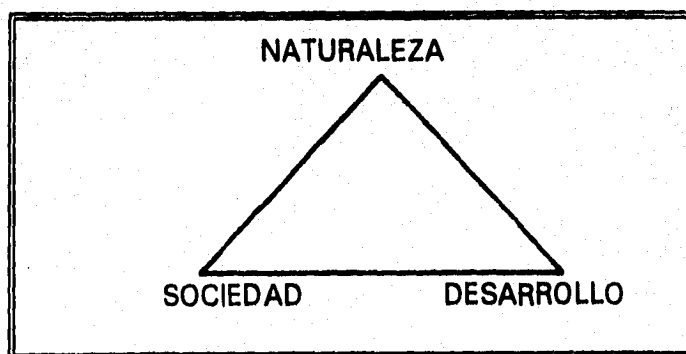
Uno de los factores importantes es, desde luego, lograr un crecimiento razonable de la población en vez de su actual crecimiento exponencial. Es improbable que en los próximos 50 años o más, se alcancen niveles de población estacionaria hipotética,

Los incrementos en la población y los cambios en el estilo de vida, afectarán a los recursos hidráulicos en el mundo en desarrollo porque en la medida en que la población se incremente lo hará la extensión y la magnitud de la producción de las actividades humanas, desde la de desperdicios domésticos hasta la del desarrollo agrícola e industrial. El conjunto generará productos de desperdicio que se tendrán que tratar y posteriormente desechar de una manera ambientalmente segura.

DESARROLLO

La sustentabilidad es haber logrado un equilibrio Naturaleza-Sociedad-Desarrollo. En donde el término desarrollo es un concepto mucho más amplio que el de desarrollo económico, además de haber logrado una suficiencia material en cantidad y calidad para una sociedad en armonía con la naturaleza, el desarrollo pleno en el hombre contiene valores que trascienden en su mente y espíritu, más allá de sus necesidades físicas, ver cuadro 15. Esta tesis plantea solamente el desarrollo económico como una componente de la sustentabilidad, por tanto el modelo de desarrollo sustentable aquí planteado no contiene la parte sublime del ser humano.

Cuadro 15. Equilibrio en el desarrollo



CORRUPCIÓN

El hablar de corrupción es algo común y cotidiano, es un mal mundial en donde el funcionario o servidor público se presta al cohecho. Acerca de este mal social hay poco o casi nada escrito o estudios al respecto, lo que si sabemos y lo hemos vivido en carne propia, es que este mal social se agudiza en periodos de crisis económica. En lo personal yo percibo a la corrupción como un mal social que ha llegado a su clímax, internacionalmente se escuchan muchos casos sonados de corrupción a lo que se se suma una carencia de líderes. Porque me refiero a carencia de líderes, esto es en parte la clave para reducir la corrupción se necesitan líderes que principalmente sean guías con credibilidad y con un claro sentido social.

Existe mucha teoría sobre como ser líder, pero existe un gran trecho entre la teoría y la práctica. Como dice T.S. Elliot en su poema "los hombres vacíos": Entre el pensamiento y la acción cae la sombra.

El liderazgo es como la belleza: difícil de definir pero fácil de reconocer. Hace algunos años, un científico de la universidad de Michigan hizo una lista de lo que consideraba los diez peligros básicos de nuestra sociedad. El primero era la guerra nuclear. El segundo es una epidemia mundial, enfermedad, hambre o depresión. El tercero es la calidad de la administración y del liderazgo de nuestras instituciones. La calidad de nuestra vida depende de la de nuestros líderes.

4.5.2 Nuevas tendencias

FINANCIAMIENTO RESTRINGIDO

Los tipos y las modalidades de los proyectos de financiamiento varían desde los simples préstamos de financiamiento privado (bancos y otras instituciones privadas), hasta el financiamiento completo que otorgan los ministerios del tesoro de algunos gobiernos.

Proyectos pequeños (como los abastecimientos de agua urbano o industrial) pueden competir con mayor facilidad en el mercado de capital con las necesidades de capital de los bienes raíces e industriales, y se pueden ajustar mejor a las tasas altamente fluctuantes (por ejemplo, empleando tasas de descuento variables). Un reciente análisis de posible financiamiento de proyectos para el abasto de agua para uso doméstico, realizado por el Banco Mundial, concluye que el costo de cada metro cúbico de agua en la siguiente generación de proyectos hidráulicos será dos o tres veces más alto que para la generación actual (ref. 20).

Generalmente grandes proyectos requieren de préstamos a largo plazo o de inversiones de capital a tasas de descuento relativamente fijas y más reducidas.

Las soluciones a los problemas de financiamiento para la construcción y conservación de la infraestructura hidráulica apuntan hacia un mejor mantenimiento de las obras, una cuidadosa conservación del agua y hacia la búsqueda de un mayor equilibrio entre obras hidráulicas de diversos tamaños y maduración con menor costo.

ADOPCIÓN DE MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

Nuevas fuentes susceptibles de utilización son tecnológicamente más complejas, económicamente menos atractivas y, a menudo, más dañinas al ambiente.

La tendencia en la construcción de grandes almacenamientos es característica de las pasadas dos o tres décadas, siendo su construcción en ciudades desarrolladas casi bloqueado. Entre las razones están el alto costo de construcción, relocalización de la gente de la zona de inundación, enormes pérdidas de recursos de suelo, implicaciones ecológicas, profundos cambios en el régimen hidrológico aguas arriba y aguas abajo de la presa, rompimiento del tradicional patrón de vida e incompatibilidad de los intereses de diferentes grupos sociales que serán afectados por el proyecto.

En el control de inundaciones mediante el mejoramiento del pronóstico hidrológico, el establecimiento de seguros por daños y sistemas de alertamiento más eficientes se reducirá la construcción de infraestructura hidráulica para el control de inundaciones.

En lo referente a la conservación del medio ambiente para avanzar hacia el saneamiento y preservación de las cuencas del país requiere de soluciones integrales que consideren los problemas de contaminación, y no únicamente en sus efectos, realizando acciones preventivas y no tratando de corregir el daño; por ejemplo la construcción plantas de tratamiento al por mayor.

NUEVA CULTURA DEL AGUA

Si bien se ha proclamado el fin del desarrollismo, aun se continua con la economía del derroche y de la cultura consumista, teniendo como principal objetivo el máximo crecimiento anual del producto nacional bruto.

La forma en que el agua es valorada, asignada y utilizada requiere de cambios para

lograr que el aprovechamiento del recurso sea más eficiente, sustentable y ecológicamente mejor equilibrado. Estos cambios se apoyan, principalmente, en una política apropiada de precios, en la obligatoriedad de los usuarios para cubrir el costo de los servicios, el apoyo científico y tecnológico.

En esta nueva cultura del agua se distinguen el reuso, el uso eficiente y la reasignación del recurso; por ejemplo la agricultura en general, y la de riego en particular, son las más grandes consumidoras de agua. Los pequeños ahorros en las pérdidas de agua pueden equipararse al mismo volumen de agua que utilizaría el siguiente gran consumidor.

TECNOLOGÍA APROPIADA

El uso de tecnología apropiada se refiere a la aplicación de tecnología que es propia, congruente y oportuna; que principalmente minimice la degradación del medio ambiente; que sea económicamente viable, y socialmente aceptable.

Se puede afirmar que casi toda tecnología produce una diseconomía tecnológica externa, la diseconomía tecnológica externa es una adversidad económica producida por una repercusión tecnológica en el medio ambiente y que repercute finalmente en un costo social.

Las diferentes formas de contaminación o alteraciones en el medio ambiente por actividades antropogénicas, son diseconomías tecnológicas ya que el grado del deterioro ambiental está ligado a las tecnologías empleadas, las que a su vez están condicionadas por el nivel de desarrollo socioeconómico alcanzado.

La creciente demanda del recurso agua requiere no sólo de la adopción de medidas no estructurales y estructurales ambientalmente respaldadas, también es necesario prolongar la vida útil de las obras hidráulicas existentes mediante tecnología apropiada. En esta parte la rehabilitación de las obras necesitará del ingenio del ser humano para conjugar la satisfacción de las demandas crecientes con un respeto al medio ambiente.

- Rehabilitación de los sistemas y estructuras de recursos hidráulicos existentes

Los sistemas y estructuras de recursos hidráulicos envejecen a pesar del mantenimiento y operación cuidadosa. A menudo se vuelven obsoletos, ya sea en el sentido funcional o en el económico y tecnológico. Por ejemplo:

En grandes presas, la sedimentación repercute en la disminución de la capacidad útil de una presa y eventualmente la obra de toma quedará bloqueada. Al aplicar medidas apropiadas para reducir el azolvamiento de la obra, como la reforestación, la vida útil de la obra podrá incrementarse a mucho más de 100 años.

En obras de control de inundaciones, los bordos de protección ocasionan el rompimiento del ciclo o patrón de inundación que trae como consecuencia la disminución del enriquecimiento natural del suelo y recarga de acuíferos en la planicie de inundación. Por otra parte, los bordos constantemente requieren de mantenimiento o rehabilitación, siendo necesario encontrar opciones que permitan una convivencia

con la naturaleza, sin querer controlarla; por ejemplo, adopción de viviendas para zonas inundables.

MERCADO DEL AGUA

El mercado del agua para sus diferentes usos puede realizarse entre afluentes de una cuenca de río, entre cuencas adyacentes, entre países, entre regiones y a lo ancho de continentes. Sin embargo, cuanto más larga es la distancia su costo se incrementará. La historia de las transferencias de los recursos hidráulicos muestra que la distancia promedio de éstas ha aumentado con el tiempo.

Cuando las transferencias pueden cubrirse desde la perspectiva económica, el agua se convierte en un producto de mercado siempre que su calidad satisfaga los estándares de la demanda; entonces, es similar al combustible, al petróleo, al gas, los minerales, la madera y otros recursos. Algunas veces el agua se considera como producto, otras no.

Para establecer un mercado del agua, este recurso debe tener un precio por lo que es necesario reconocer el verdadero valor del agua, expresar en términos económicos la optimización de la calidad y cantidad del agua dentro de un sistema integral; lo que implica ser capaces de valorar y preservar las condiciones ambientales de un sistema hidrológico.

CONSERVACIÓN

La explosión demográfica exagera actividades antropogénicas provocando un uso

irracional de los recursos naturales. Ahora la humanidad se encuentra ante expectativas de AGOTAMIENTO, ESCASEZ O DEGRADACIÓN EN LA CALIDAD DE SUS RECURSOS NATURALES. Ante tal situación, la preocupación no sólo es el desarrollo económico (mal entendido en el pasado), sino que este debe ubicarse en un marco de conservación y preservación; mantener en buen estado el recurso natural y tomar acciones adelantadas contra situaciones futuras indeseables.

NORMATIVIDAD

La normatividad ha cobrado gran importancia actualmente, la normatividad es la aplicación de un conjunto de normas, se refiere al futuro y es el resultado de haber cumplido con las normas.

Primero se cumple con la normativa (conjunto de normas); la consecuencia de este cumplimiento es la normatividad. La norma es la regla a la que deben ajustarse conductas, actividades, investigaciones, etcétera.

En el caso de la regulación de residuos la normatividad es una regulación directa mediante especificaciones.

PROTECCIÓN

Particularmente en los países industrializados, pero también en algunos países en desarrollo y recientemente en los de economía de transición, los gobiernos han tomado cada vez más estrictas medidas para la protección ambiental. Estas medidas favorecen las presiones que algunos gobiernos y grupos sociales organizados ejercen

sobre otros países para que asuman más integralmente sus responsabilidades de protección ambiental, o en algunos casos, pretendiendo que determinados recursos naturales son responsabilidad colectiva de la humanidad.

Dentro de este escenario, países que han tomado intensas medidas de protección consideran que se afectan sus intereses de competitividad si otros países no incorporan en los precios de sus productos las externalidades ambientales. Esta es una razón adicional, en algunos casos la más poderosa, para gestar negociaciones mundiales que impulsen medidas generalizadas. En virtud de ello frecuentemente se llega a acuerdos dentro de los bloques económicos regionales (países nórdicos, Comunidad Económica Europea, etc.) para tomar medidas o establecer metas colectivas, a las que posteriormente se busca generalizar, mediante acuerdos de carácter más amplio o global (OECD, ONU, etc.).

En la agenda internacional destacan los asuntos vinculados con el cambio climático global; la protección de la diversidad biológica; la protección de los océanos, mares y zonas costeras; la protección de la capa superior de ozono.

Nuestro país está vigorizando en su interior las medidas para la protección del ambiente y los recursos naturales; por otro lado, sigue siendo sujeto de presión internacional para incrementar y profundizar dichas medidas. Estas presiones ocasionalmente obedecen a una legítima preocupación sobre situaciones o recursos del país, en otros son manifestaciones de presiones unilaterales que obedecen a intereses económicos específicos que disfrazan el proteccionismo bajo el tema ambiental.

4.6 *Indicadores preponderantes*

En este subcapítulo se llega al objetivo de la tesis que consiste en la identificación de indicadores preponderantes en la hidrología ambiental y el desarrollo sustentable. Cómo estimarlos?, no cubre el propósito de esta tesis, tampoco es el propósito, por ahora, mostrar la articulación que existe entre los indicadores ya que ellos guardan una interrelación.

Los indicadores preponderantes, herramienta que emerge como resultado de este trabajo, contribuirán a realizar una planeación del recurso agua y otros usos del suelo. Su evaluación periódica contribuirá en la toma de decisiones de funcionarios del sector agua, recursos naturales y medio ambiente; tales indicadores deberán ser evaluados por cuenca hidrológica. Los indicadores preponderantes permitirán conocer si se está promoviendo el cambio a partir de los fines del sistema (Desarrollo Sustentable).

A partir de los tres componentes para el desarrollo sustentable (crecimiento poblacional planeado, desarrollo económico, sostenimiento de ecosistemas) y el manejo de terminología clave de nuevas tendencias y tendencias en el aprovechamiento del agua, ver subcapítulo 4.5, podemos formar el cuadro 16.

Los nueve indicadores preponderantes tienen la virtud de reflejar una gran cantidad de información sin ser muchos.

Aunque ya se mencionó que no es propósito de esta tesis definir como estimarlos y tampoco describir como interactúan, en la introducción que se hace a continuación de cada indicador en algunos de ellos se dan algunas pautas. En el indicador calidad

de vida es en el que finalmente se tiene que reflejar la labor realizada en las partes que corresponden los indicadores restantes.

Cuadro 16. Indicadores preponderantes en la hidrología ambiental y el desarrollo sustentable

COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	INDICADORES PREPONDERANTES
DESARROLLO ECONÓMICO	SOCIOECONOMÍA	CALIDAD DE VIDA
	CULTURAL	EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (Agrícola-industrial-doméstica) REUSO
CRECIMIENTO POBLACIONAL PLANEADO	UMBRALES DE SUSTENTABILIDAD POR CUENCA	DISPONIBILIDAD PER CÁPITA DOMÉSTICA ÁREAS DE POTENCIAL URBANO
	CONTROL POBLACIONAL	TASAS DE CRECIMIENTO POBLACIONAL PLANEADO
SOSTENIMIENTO DE ECOSISTEMAS	CONSERVACIÓN	TECNOLOGÍA APROPIADA
	CONTROL	CARENCIA DE VALORES INSTITUCIONALES
	PROTECCIÓN	GASTO ECOLÓGICO

CALIDAD DE VIDA

El sostenimiento de ecosistemas, el crecimiento poblacional planeado, el adquirir un cambio hacia una nueva cultura tienen como propósito lograr una calidad de vida de

ser humano para todos y las generaciones venideras, que es la aspiración de un desarrollo sostenible -es decir, que cada sociedad, cada país, cada región y el mundo entero puedan disfrutar de la mayor calidad de vida sin poner en peligro la biosfera ni la supervivencia de futuras generaciones-.

El señor Robert S. McNamara, Presidente del Banco Mundial, en su alocución ante las Reuniones del Banco y del Fondo en Nairobi en 1973, habló de la "pobreza absoluta" como "una condición de vida tan degradada por enfermedades, analfabetismo, desnutrición y sociedad, que niega a sus víctimas la satisfacción de las necesidades humanas básicas".

Adicionalmente a los indicadores mencionados de bienestar social podemos mencionar otros como son: nivel de ingresos, ocupación, desarrollo tecnológico, disminución de la mortalidad, dotación de infraestructura en servicios públicos, desarrollo de las comunicaciones, etc.

Como podemos medir la calidad de vida en el ser humano?

Así por ejemplo, la nutrición es importante ya que tiene por objeto la conservación del ser viviente, en nuestro caso específico el hombre. La educación nos lleva al conocimiento de los usos de la sociedad, civilización, por lo que es de esperarse un respeto al medio ambiente. Si bien no está todavía claro cómo afecta la educación a otros aspectos del crecimiento ni cómo la afectan éstos, es lo cierto, no obstante, que en los países donde ha sido fácilmente accesible, la educación ha hecho que quienes la reciben sean política y socialmente conscientes, más productivos

económicamente y más activos culturalmente en el proceso de conformación de la nación.

En lo que se refiere a indicadores socioeconómicos, a lo largo de los años se han producido varias propuestas para agregar las medidas de educación, salud, nutrición, ingreso, etcétera; pero al no existir un numéraire sustantivo, la mayoría de estas propuestas se han limitado a sumar índices normalizados. El índice de Desarrollo Humano, del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo es el más conocido de tales indicadores.

El *ingreso* es todavía la mejor medida que poseemos del dominio de las personas sobre muchas de sus necesidades de productos y servicios. Pensando en una economía de mercado, entre mayor sea el ingreso de un individuo podrá tener en primera instancia una nutrición apropiada para después aspirar a servicio médico, educación, etc.

Deben de pasar los tiempos en que los ingresos se hacen globalmente desiguales; pero, al ritmo actual, llevaría demasiado tiempo alcanzar la igualdad.

Debemos clarificar las condiciones bajo las cuales el crecimiento sostenido, un medio ambiente limpio e ingresos equitativos pueden ser organizados, lo que es un principio de esta tesis.

EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

Este indicador de eficiencia en el uso del agua tendrá un límite cuando se logre utilizar al máximo la disponibilidad del recurso tanto para la producción como en la

satisfacción de necesidades primarias. Por un lado habrá que avanzar en la minimización de las pérdidas en los sistemas de abastecimiento de agua y por otra parte en la reasignación de fuentes de abastecimiento.

Para mantener una población creciente, en términos de suficiencia alimentaria, se requerirá más y más agua en todos los países en desarrollo, a menos que dentro de una década se mejore radicalmente la eficiencia en su uso, debido a que todas las fuentes de agua fácilmente explotables están desarrolladas o en proceso, los proyectos hidráulicos del futuro serán más costosos, tecnológicamente más difíciles y demorarán más en su construcción que para la pasada generación de proyectos. Bajo estas condiciones, el riego, que cuenta con el 72% del total del agua utilizada globalmente, se tendrá que volver más eficiente: sencillamente no hay otra alternativa.

REUSO

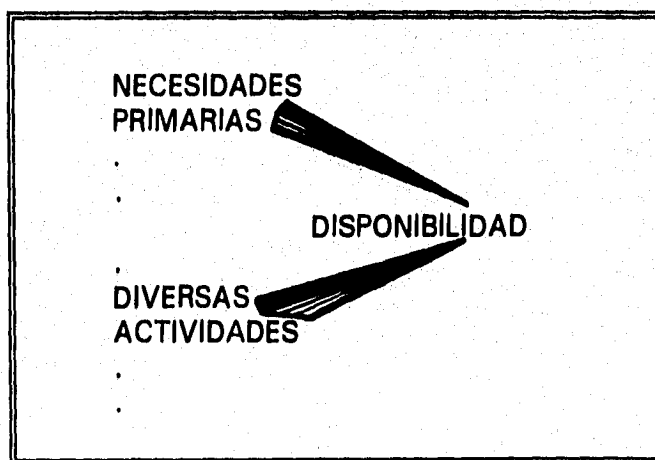
El reuso es una nueva cultura, en el caso del agua se destina la ya utilizada para otros usos, siempre y cuando cumpla con los estándares de calidad para el uso destinado, o en su defecto se le someta a un tratamiento para hacerla utilizable. Bajo esta cultura de reuso en donde el tratamiento de agua lo fija el nivel tecnológico-socioeconómico, se podría reutilizar varias veces la misma agua, por lo que artificialmente se puede incrementar su disponibilidad, dependiendo de las condiciones técnico-socioeconómicas.

DISPONIBILIDAD PER CÁPITA DOMÉSTICA

El indicador comunmente conocido es el de la disponibilidad per cápita definido como el volumen de escurrimiento medio anual en determinada área entre el número de habitantes.

El indicador de disponibilidad per cápita doméstica debe fundamentarse en la prioridad del uso del agua, ver cuadro 17. El individuo necesita satisfacer sus necesidades de consumo de agua doméstica, tanto para su alimentación y aseo. Tal indicador se puede evaluar a partir de: la disponibilidad natural de la cuenca, las demandas actuales que tienen otros usos, el pronóstico de eficiencias en los diferentes usos y tasas de crecimiento poblacional planeado. Al mencionar esto, se muestra como los indicadores preponderantes tienen una interrelación y deben de estar articulados.

Cuadro 17. Prioridad en el uso del agua



ÁREAS DE POTENCIAL URBANO

En este sentido es indispensable promover nuevos centros urbanos de dimensión mediana que contemplen la existencia suficiente del líquido en diversos plazos, esto implica identificar zonas de potencial para asentamientos humanos, con la característica de que el potencial sea regido por el respeto al medio ambiente y con el conocimiento de que nuestro planeta Tierra es finito en sus recursos.

TASAS DE CRECIMIENTO POBLACIONAL PLANEADO

Existen desequilibrios entre la disponibilidad del recurso y la ubicación de los asentamientos humanos y las tasas de crecimiento. Por lo que se hace necesario definir que tasas de crecimiento poblacional son las convenientes en cada cuenca hidrológica.

TECNOLOGÍA APROPIADA

Aquí nos referimos a la tecnología adecuada para el fin que se destina: emplear los medios apropiados, oportunos. Tanto para lograr una mayor disponibilidad y control del recurso acorde con las necesidades humanas, minimizando las alteraciones ambientales y más aun aquellas que son irreversibles.

Los grandes almacenamientos, los ya construidos y los viables, requerirán de adaptación de tecnología para eliminar pérdida de ecosistemas; implementación de técnicas acertadas para reducir la aportación del azolvamiento hacia vasos de almacenamiento y con ello prolongar su vida útil a más de cien años.

La tendencia a no construir grandes almacenamiento a futuro obligará, además del uso eficiente del agua, a intensificar el uso de pequeños almacenamientos, como por ejemplo la cosecha de agua en jagüeyes que se realiza en el estado de Tlaxcala (almacenamiento del agua de lluvia en pequeñas depresiones, en donde debido a las características del suelo, se reducen grandemente las pérdidas por infiltración).

El indicador de tecnología apropiada podría ser estimado en función de los logros hechos por ya no deteriorar AGUA, SUELOS Y BOSQUES.

CARENCIA DE VALORES INSTITUCIONALES

Sin eliminar todavía facetas del subdesarrollo, con su cruda realidad de corrupción y negligencia, es potencialmente factible la violación de normas y lineamientos ecológicos.

EL GASTO ECOLÓGICO

El gasto ecológico es aquel que se requiere para el sostenimiento hidrológico-ecológico. Hay situaciones en que se puede derivar agua hacia zonas que naturalmente lo tenían con anterioridad, pero en ciertas situaciones el agua esta comprometida y no es posible destinarla para otros fines, entre ellos el ecológico. Esta situación es muy común en el centro y norte del país y, quizá una atenuante es que en el verano, al presentarse lluvias torrenciales, se producen exedentes que pueden, en algunos casos, recuperar las condiciones ecológicas.

La determinación de este indicador requiere del desarrollo de modelos

hidroeconómicos-ecológicos, en los que será relevante la consideración de la teoría del bienestar.

La teoría del bienestar ha introducido inquietud y controversia entre los responsables de la ordenación equilibrada del mundo económico, al plantear las grandes cuestiones de eficiencia y la equidad social. Dentro de los costos sociales del desarrollo, parece que la degradación del medio ambiente y la pérdida de recursos ecológicos no renovables son puntos básicos en dicha controversia. El problema reside en que no es sencillo pasar de la consideración filosófica -o de la conceptual a nivel de principio científico general en un sistema que engloba prácticamente todo nuestro planeta -, a relaciones concretas y operativas a nivel de proyecto específico de inversión.

El planificador y el inversionista no encuentran suficiente soporte cuantitativo en su proceso de toma de decisiones. Para el conservacionista, la defensa ecológica está por encima de toda rentabilidad económica directa y el creador de un complejo industrial se plantea lo contrario. Aunque por otra parte sabemos que las diferentes formas de degradación del medio ambiente, son diseconomías tecnológicas ya que el grado de degradación generado está ligado a las tecnologías empleadas, las que a su vez están condicionadas por el nivel de desarrollo socioeconómico alcanzado.

En lo que se refiere a la evaluación de proyectos de aprovechamiento hidráulico en una cuenca hidrológica, será determinante el estudio realizado para la estimación del indicador del gasto ecológico, ya que con ello se tendrá el conocimiento de las alteraciones ambientales que se ocasionarán tanto en el inmediato, corto y largo plazo; así como localmente y en la cuenca hidrológica. Con tal conocimiento se

podrán realizar cuantificaciones económicas que nos proporcionen tomar una mejor decisión de las alternativas estudiadas. Por otra parte considero que será importante pronósticar el avance tecnológico a futuro en torno al uso del agua y control, en términos de que tal tecnología sea económicamente viable, socialmente aceptada y oportuna, para poder revertir los daños ambientales a tiempo y prevenir otros.

5 CONCLUSIONES

La tesis realizada tiene las siguientes aportaciones:

- Brinda una herramienta que permite conocer que tan cerca estamos de lograr un desarrollo sustentable en un medio ambiente hidrológico.
- Proporciona una mayor consciencia de la importancia que representa el preservar y ,sobre todo, el mejorar el medio ambiente al considerar la toma de decisiones de político-ambientales.
- Enriquece el estado del arte de la evaluación del impacto ambiental en un sistema hidrológico.
- Contribuye a determinar que datos e información son relevantes en la planeación de cuencas hidrológicas para su posterior acopio e implementación en sistemas de información.
- Produce una caracterización del medio ambiente hidrológico.

Además de lo anteriormente indicado sobresale lo siguiente:

- La gran limitante del desarrollo sustentable es la disponibilidad del recurso natural, tanto en cantidad como en calidad.
- La tecnología nos a llevado a generar una disponibilidad artificial.
- No es suficiente en conocer las modificaciones ambientales ocasionadas por los aprovechamientos hidráulicos localmente, sino que se debe tener una perspectiva de mitigar las alteraciones ambientales y definir políticas para la mejor conservación de la cuenca hidrológica y posteriormente extender las acciones a otras escalas.
- El considerar a la subcuenca, donde se ubica el proyecto hidráulico, como unidad geográfica mínima y estudiar sus repercusiones en el resto de la cuenca, marca el inicio de una nueva manera de socioeconomía inter-regional con un claro sentido ambientalista.
- La percepción de la importancia del agua como recurso difiere sustancialmente en base a su disponibilidad. La calidad del agua, no su cantidad, es el tema principal en países donde hay abundancia del líquido, y donde hay escasez se suma a la calidad la cantidad.
- Es indudable que para la futura prosperidad humana incluso para la supervivencia, necesitamos desarrollar con urgencia nuevos métodos de planeación y técnicas de administración para superar la creciente incertidumbre y riesgos.

Glosario

Ecología.- Parte de la biología que estudia la relación de los seres vivos con la naturaleza.

Hidrología.- Ciencia que estudia las aguas.

Ambiente.- Dícese del fluido que rodea un cuerpo; lo que rodea en sentido figurado.

Medio Ambiente.- Compendio de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinados que influye en la vida material y psicológica del hombre.

Desarrollo.- Progreso cualitativo y duradero de la economía de un país o de una empresa.

Conservación.- Contribuciones para mantener en buen estado.

Control.- Observación de las normas (comprobación, inspección).

Protección.- Conjunto de medidas tomadas por el sistema protector.

Preservación.- Tomar acciones adelantadas para defender contra algún daño o peligro.

Autosustentabilidad.- Acciones del hombre encaminadas para sostenerse o mantenerse.

Disponibilidad.- Calidad de que está disponible.

Calidad.- Conjunto de cualidades de una persona o cosa.

Disponible.- Dícese de aquello que puede utilizarse o usarse.

Impacto.- Repercusión, influencia importante en sentido figurado.

Alteración.- Modificación.

Anaerobio,- Dícese de los seres microscópicos que no necesitan para vivir el oxígeno del aire.

BIBLIOGRAFÍA:

1. José López de Sebastián y Gómez de Agüero, Evaluación Económica del Impacto ambiental, Cuadernos del Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales (CIFCA); Madrid 1977.
2. Arturo Fuentes Zenón, El Enfoque de Sistemas en la Solución de Problemas (la elaboración del modelo conceptual), 3a. impresión, DEPI, UNAM, enero de 1993.
3. Sandra Postel, Administración del agua en época de escasez, Colección Universo del Agua, Serie Agua y Ecología; SARH, CNA, IMTA.
4. Programa de Modernización de Manejo del Agua, Adjunto 3; CNA y consultores internacionales.
5. Joel Arthur Barker, PARADIGMAS, El negocio de descubrir el futuro; McGRAW-HILL.
6. Vujica Yevjevich, Futuras actividades profesionales de la Asociación Internacional de Recursos Hidráulicos, Revista Ingeniería Hidráulica en México, Vol. VI Núm. 1 II Época, enero/abril de 1991.
7. Programa Hidrológico Internacional, Directrices Metodológicas para la Evaluación Ambiental Integrada del Desarrollo de los Recursos Hídricos; Programa de las Naciones Unidas para El Medio Ambiente; UNESCO, 1987.
8. Ismail Serageldin, Cómo lograr un desarrollo sostenible; Finanzas y Desarrollo; Publicación trimestral del fondo monetario internacional y del Banco Mundial, diciembre de 1993.
9. Carl A. Servín Jungdorf, Evaluación del Impacto Ambiental en los Proyectos de Control de Inundaciones; IMTA, 1991.
10. Programa Hidrológico Internacional, Applied hydrology for technicians, IPH-IV ProjeT E-1.2; Volume 1; UNESCO, París, 1994.
11. María-Teresa Estevan Bolea, Las evaluaciones de impacto ambiental; CIFCA, Madrid, 1977.
12. Gerencia de potabilización y tratamiento de agua, Diagnóstico de las acciones de saneamiento a nivel nacional; CNA, México, 1994.
13. Genady N. Golubev, Sustainable Water Development: Implications for the Future; Water Resources Development, Vol. 9, No. 2, 1993.
14. Comisión Nacional del Agua; Programa Nacional Hidráulico, 1994.
15. Michael M. Cernea, El sociólogo y el desarrollo sostenible; Finanzas y Desarrollo; Publicación trimestral del fondo monetario internacional y del Banco Mundial, diciembre de 1993.
16. Colín Rees, El ecólogo y el desarrollo sostenible; Finanzas y Desarrollo; Publicación trimestral del fondo monetario internacional y del Banco Mundial, diciembre de 1993.
17. Mohan Munasinghe, El economista y el desarrollo sostenible; Finanzas y Desarrollo; Publicación trimestral del fondo monetario internacional y del Banco Mundial, diciembre de 1993.
18. Andrew Steer y Ernst Lutz, Medición del desarrollo ambientalmente sostenible; Finanzas y Desarrollo; Publicación trimestral del fondo monetario internacional y del Banco Mundial, diciembre de 1993.

19. Asit K. Biswas, Modelación ambiental para los países en vías de desarrollo: problemas y perspectivas; Nota técnica; International Water Resources Association; Revista Ingeniería Hidráulica en México, septiembre-diciembre de 1991.
20. Asit K. Biswas, Agua para el mundo en desarrollo en el siglo XXI: temas e implicaciones; Consejo Mundial del Agua; Revista Ingeniería Hidráulica en México, septiembre-diciembre de 1996.
21. Asit K. Biswas, El manejo de la calidad del agua de los ríos para los países en desarrollo; Sociedad Internacional para el Modelado Ecológico; Revista Ingeniería Hidráulica en México, mayo-agosto de 1994.
22. Sergio Fuentes Maya, ¿Cómo llegar a ser líderes?; División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería; Departamento de Sistemas, Agosto de 1995.
23. Shlomo Reutlinger y Marcelo Selowski, Dimensiones económicas de la desnutrición infantil; Finanzas y Desarrollo; Publicación trimestral del fondo monetario internacional y del Banco Mundial, junio de 1979.
24. Abdun Noor, Créditos educativos para los pobres; Finanzas y Desarrollo; Publicación trimestral del fondo monetario internacional y del Banco Mundial, junio de 1979.
25. Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jorgen Randers; Más allá de los límites del crecimiento; ediciones El País S.A./Aguilar S.A., Madrid, febrero de 1993.