

UNAM
1978

MANEJO DE CUENCAS

Una Solución al Problema del Desarrollo Integrado

Facultad de Filosofía y Letras
Colegio de Geografía
UNAM.

Para título de Doctor en Geografía



Juan Antonio Soto Romero

1978

TGg 0417



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

PROLOGO	II
INTRODUCCION	1
CAPITULO I EL FACTOR HUMANO EN EL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES	3
CAPITULO II EL MANEJO DE CUENCAS	13
CAPITULO III EL RECURSO AGUA	20
CAPITULO IV EL MARCO FISICO	37
CAPITULO V INTEGRANTES SOCIOECONOMICOS	65
CAPITULO VI IMPORTANCIA DE LAS ESTRUCTURAS	76
CAPITULO VII LAS NECESIDADES	85
CAPITULO VIII PLANEACION	95
CAPITULO IX LEGISLACION	103
CAPITULO X EL MANEJO DE CUENCAS EN MEXICO	112
CAPITULO XI UNA METODOLOGIA	118
RECOMENDACIONES	128
BIBLIOGRAFIA	130

PROLOGO

La experiencia adquirida al través de la historia, desde épocas remotas, respecto al uso de los recursos hidrológicos, muestra que en el devenir el tiempo existió un período que bien pudiera calificarse de desorden en el empleo de los recursos hidrológicos, que no motivó el desarrollo de la ciencia y tecnología para su conservación y aprovechamiento racional.

En la medida que la población ha aumentado y diversificado sus actividades, el agua se ha ido aprovechando cada día más y más para satisfacer necesidades de agua potable, riego y agua para usos industriales, asimismo se han ido adoptando diversas medidas, algunas sumamente tecnificadas, para la distribución del agua, racionalizando su uso, otras para optimizar el riego, como los métodos de aspersión y goteo, planteándose además que la industria pueda utilizar aguas residuales tratadas en plantas especiales para su reuso. Como consecuencia de todo lo anterior, se ha pensado que en las cuencas hidrológicas deben adoptarse medidas para normar el aprovechamiento y conservación del agua, con tendencia hacia una justa administración de este recurso vital.

Este movimiento, quizá tuvo sus orígenes en los Estados Unidos de América, en la cuenca del Río Mississippi con las primeras obras de protección en 1717, sin embargo, es hasta el presente siglo, cuando las ideas conservacionistas toman auge y los problemas del empleo del

agua se agudizan por la creciente demanda y contaminación del recurso, conjugándose ambos para buscar soluciones integradas al ritmo de desarrollo de los países. Rápidamente se idearon técnicas de control de inundaciones, construcción de presas, riego, potabilización, conducción, saneamiento, prevención y control de la contaminación, extendiéndose las experiencias a nivel de todos los países del mundo, por que los problemas hidrológicos afectan a todos y las soluciones deben ser para todos.

En México, desde hace cincuenta años dió comienzo la política hidráulica, con la creación de la Comisión Nacional de Irrigación, que años más tarde se convirtió en la Secretaría de Recursos Hidráulicos; y que en nuestros días ha sido fusionada con la Secretaría de Agricultura y Ganadería, para formar la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Las primeras acciones de la Comisión estuvieron encaminadas a poner superficies bajo riego que impulsaran el desarrollo del sector primario y del país en general, en la medida que se incrementó el empleo de este recurso fue aumentándose la diversidad de usos, haciéndose necesaria la planeación de la administración del agua y la adopción de medidas para su conservación y control de la creciente contaminación que la deteriora y estrecha su disponibilidad, provocando graves problemas en los asentamientos humanos y en las áreas rurales, que de una u otra forma dependen en forma decisiva de la presencia del líquido en estado natural, sin elementos extraños que pongan en peligro la salud y bienestar de la población y la perdurabilidad de los recursos naturales, base de todo desarrollo económico

equilibrado.

Como una sencilla contribución, para el desarrollo del manejo de cuencas como un instrumento de planeación para la administración equilibrada de los recursos naturales del país, he realizado el presente trabajo, con la idea de aportar algo, que quizá contribuya a mejorar las condiciones actuales del uso de los recursos naturales y en particular del uso y administración del agua, de la que en gran medida se carece y en gran medida se desperdicia.

El Autor.

INTRODUCCION

Es en épocas recientes cuando el conocimiento de las relaciones e interacciones de los seres vivos con el medio inanimado cobra interés, al darse cuenta el hombre que sus tierras de cultivo, pastos, bosques y sobre todo el agua, sufren una grave degradación, estrechándose cada vez más su disponibilidad y haciéndose, a su vez, más difícil su aprovechamiento, con la consiguiente depauperización de la economía local, regional y nacional.

Partiendo de estas consideraciones, el presente trabajo pretende aportar algunos lineamientos en la forma de llevar adelante una sólida política de desarrollo, cuyos objetivos y programas de acción correspondan a la realidad física, económica y social en la que se desenvuelve nuestra patria, para asegurar de esta manera, si no un éxito rotundo, por lo menos no llegar a los ruidosos fracasos que podrían citarse en gran número.

Bajo este punto de vista, se trata el factor humano en el manejo de los recursos naturales, haciendo énfasis en el uso que el hombre ha hecho de los elementos que la naturaleza le ofrece para su supervivencia y desarrollo, así como en la necesidad de promover su aprovechamiento racional, mediante el empleo de técnicas de manejo de cuencas, tomando en consideración primordial que el agua es el factor vital y que de su disponibilidad y uso adecuado depende en gran medida el desarrollo económico de la población.

Se consideran los factores mesológicos de carácter físico en relación con el agua, así como los factores sociales y económicos que influyen en su modificación, que resulta en una contaminación cada vez mayor de este recurso y de la legislación que se ha desarrollado para la prevención y control de la misma, y el logro del buen uso del preciado líquido.

A este respecto, la Geografía, disciplina de síntesis, es- ta llamada a jugar un papel de suma importancia en esta tarea, partiendo de la descripción del medio que se propone transformar, analiza las reac- ciones mutuas de los elementos físicos, sociales y económicos que lo componen, bajo el efecto de la modificación de alguno de ellos, para con- cluir en un marco de conjunto de lo que será éste después de la realiza- ción del programa. Su contribución al manejo racional del espacio es muy significativa, al traducir sobre el plano geográfico, el cuidado de explotar racionalmente todos los medios de producción, que el hombre es capaz de emplear para beneficio de la colectividad y del país en general.

CAPITULO I

EL FACTOR HUMANO EN EL MANEJO DE RECURSOS NATURALES

Los múltiples efectos positivos y adversos que han tenido lugar en el territorio nacional, debido a la presencia física y activa del hombre, a través del período relativamente corto de su desarrollo, tienden a ser dinámicos y se entrelazan. El País fue diferente antes de que el hombre usara las herramientas y el fuego, teniendo inmensas riquezas en recursos naturales, orgánicos e inorgánicos. Pero esta forma de expresión es un tanto colocar la carreta antes que el caballo, los recursos naturales no fueron recursos absolutamente, hasta que el hombre estuvo, tanto presente como apto, para hacer uso de ellos 1/. La habilidad para identificar, obtener y usar los recursos naturales, ha sido un proceso continuo del hombre por lo que se debe tener una clara comprensión de los diferentes grados de explotación alcanzados; de los cambios repentinos de intensidad y modo causados por alteraciones en las condiciones sociales en general y del grado acelerado de desarrollo dentro del presente siglo 2/.

Desde la iniciación del poblamiento de nuestro suelo, el hombre ha venido alterando los procesos del medio ambiente a medida que ha venido extrayendo la materia orgánica de los ecosistemas para satisfa

1/ Zimmerman, Erich W. Recursos e Industrias del mundo. Fondo de Cultura Económica, México (1957).

2/ Organización de las Naciones Unidas (UNESCO). Biosphere use and preservation. Paris, Francia, (1968).

cer sus necesidades 3/. Aún la luz de un fuego, alimentado con madera muerta, que proporciona calor, es una desviación del proceso natural de descomposición, hacia la producción de cenizas inorgánicas, que de otro modo quizá, podría dar como resultado la formación de humus. Por largo tiempo, la actividad del hombre no pudo haber sido algo más que el equivalente a la de un grupo de limitada capacidad y de reducida producción de cambios, pero con la revolución neolítica, que superó a los hombres cazadores y recolectores de alimentos, se cambió su mundo más o menos en forma involuntaria, el fuego, que puede desplazar o cambiar los complejos vegetacionales, dejó de ser usado para ayudar a dirigir los animales de caza, lo cual era un gasto dispendioso de materia orgánica por conveniencia momentánea.

Los hombres eran pocos y el territorio aparentemente bastante grande, tanto, que éstos pudieron haber sido un elemento más del paisaje, sin embargo, a través del tiempo el número de individuos de la especie humana se incrementó enormemente y la explotación de los recursos naturales igualmente se amplió, de tal forma, que ahora, mucho tiempo después, nos detenemos a pensar con cierto temor, si podremos rehabilitar las áreas que se han explotado indebidamente y si las causas y las consecuencias de nuestras acciones repercutirán con una amplitud que no podamos controlar 4/.

3/ Organización de las Naciones Unidas (UNESCO). Ob. cit.

4/ Cruickshank García, Gerardo. Conservación y Manejo de Cuencas. Octava Reunión del Comité Central Coordinador de Programas para el Mejoramiento del Ambiente. México, (1972).

Vale la pena intentar alguna clasificación de los impactos que el hombre ha causado en el medio ambiente, sus posibilidades de desenvolvimiento y categoría cualitativa, que pueda ser flexible y capaz de iniciar la redistribución en un diagrama ecológico de factores interrelacionados.

Los impactos del hombre no deben ser siempre considerados por entero como acciones en detrimento de su bienestar, aunque esto pudiera llegar a ser cierto 5/. Algunos habitats modificados por el hombre pueden representar ecosistemas de igual o mayor producción que el original y por este motivo, pueden ser fuente de mayor riqueza, por la acumulación de capital que de ellos se obtiene, durante mucho tiempo. 6/

Entre los impactos que el hombre ha originado dentro de su medio ambiente pueden mencionarse dos que corresponden a épocas distintas y sucesivas: el uso del fuego para la cacería de animales, destruyendo incidentalmente los bosques y evitando su regeneración, y la quema intencionada de los mismos para producir pasto joven, iniciando el proceso de empobrecimiento de la vegetación, que se practica en las áreas tropicales, lo cual trastorna la flexibilidad de los complejos de pastos en cuanto a su resistencia a las variaciones climáticas estacionales.

El cultivo nomádico ha dado lugar a la destrucción de la

5/ Colman, E.A. *Vegetation and Watershed Management*. Ronald Press, New York, (1955).

6/ Barlowe, Raleigh. *Economía de la Utilización del Suelo*. Editorial Herrero, México, (1965).

vegetación en forma sistemática, debido a que año con año se abandonan tierras de labranza y se abren otras, sobre todo en declives con pendientes pronunciadas y en suelos desarrollados en algunas formaciones geológicas que son fácil presa de la erosión, produciéndose efectos a corto, mediano y largo plazo que en ocasiones no es posible detectar, como en el caso de la región de bosques tropicales 7/.

La agricultura sedentaria inicia el empobrecimiento del suelo, si no se reemplazan los elementos químicos obtenidos por los cultivos mediante el uso de abonos y fertilizantes 8/, dando lugar al desarrollo de zonas áridas, que se observan en diversas regiones del país.

Tan pronto como se presentó la domesticación de especies, combinada con la sedentarización, tuvo lugar el sobrepastoreo al quedar limitados los movimientos del ganado, obligando a que las áreas de pastizales tuvieran que soportar una excesiva población de ganado de diversas especies. Sin embargo el sobrepastoreo que se observa, puede ser superado si el ganado doméstico, habilmente utilizado en distintas condiciones climáticas, puede mantener el habitat.

La deforestación, que ha tenido lugar desde épocas muy remotas, por la tendencia a explotar irrestrictamente los recursos naturales, conduce a la devastación que ha sido registrada en numerosas áreas.

7/ Organización de las Naciones Unidas. Desarrollo Integrado de Cuencas Hidrográficas. Simposio sobre Las Ciencias del Ambiente en los Países en Desarrollo. Kenya, (1974).

8/ Stallings, H.H. El Suelo. Su uso y mejoramiento. Editorial Continental, México, (1972).

La historia, en lo que respecta a la utilización de los bosques, suelos pastizales, vida silvestres y fuentes de agua, es la más violenta y destructiva que nadie haya descrito en el desarrollo de la civilización 9/.

La tala de los bosques tropicales es una forma de clara extinción.

La masiva e impresionante acumulación de materia orgánica de la más antigua forma de vida en el planeta, tiende a cegarnos sobre su fragilidad. Semejante a la mayoría de las formas forestales, los tropicales son, en primer término, una fábrica de celulosa fotosintética, con ninguna o muy secundaria protección. El piso de los bosques tropicales ha sido protegido del sol por miles de años, de tal modo que cuando el bosque es talado, el delicado suelo subyacente que queda expuesto al sol, se oxida rápidamente y desaparece, peligro que amenaza a todas las nuevas áreas que se han abierto al cultivo o al pastoreo en las zonas cubiertas por este tipo de asociación vegetal 10/.

El drenaje de tierras húmedas que en general son altamente productivas en proteínas animales, como el realizado en Tabasco, ha proporcionado más tierras agrícolas y posiblemente tierras hortícolas especialmente fértiles, pero a su vez ha hecho disminuir la fauna, ocasio

9/ Soto Romero, J.A. Integración de la ecología en los programas que realiza la Secretaría de Recursos Hidráulicos, para el desarrollo de los distritos de riego y protección de las obras hidráulicas. SRH, México. (1973).

10/ Organización de las Naciones Unidas (UNESCO). Ob. cit.

nando la pérdida de especies, que adecuadamente aprovechadas pudieron significar mayores recursos 11/. Igualmente la cacería de especies seleccionadas como deseables, en todo el país, en ocasiones ha implicado la desaparición o la disminución de éstas, habiéndose alterado el ecosistema y el habitat.

El riego, que tiene una larga historia en México, es aún un renglón del desarrollo que crea muchos problemas. Como los proyectos de riego están frecuentemente situados en zonas áridas, o semiáridas en donde una elevada evaporación permite la concentración de sales en el suelo, el agua tiende a disolverlas y las deposita formando costras de cristal cercanas a la superficie, como ha ocurrido en otras ocasiones, el exceso de riego favorece el lavado de los suelos inutilizándolos, tal como ha acontecido en el Distrito de Riego del Bajo Río Bravo, Tamps.

El riego por bombeo de aguas dulces fósiles se ha incrementado, como en el caso de la Región Lagunera, con el consiguiente peligro de extinción de los depósitos de estas aguas, que no se reponen por infiltración.

Los humos tóxicos liberados por las fundiciones e instalaciones industriales matan a las plantas y a veces a algunos animales, tal como ocurre en las grandes ciudades, la esterilización de sus áreas circundantes es muy notoria, por este motivo. La descarga de desechos

11/ Soto Romero, J.A. Integración de Ob. cit.

en los ríos y cuerpos de agua de lo cual es trágico ejemplo el Distrito Federal, ha provocado también una grave forma de contaminación destruyendo la flora y la fauna que se desarrollaba en ellos, produciendo desiertos árcueos, en donde todo intento de producción es nulo 12/.

En resumen, debido al rápido desarrollo de grandes áreas del país y a la difusión de nuevos métodos tecnológicos, las variadas comunidades bióticas que lo integran, están ahora sufriendo cambios radicales y extensos: desforestación, riego, introducción de plantas exóticas y animales, el uso en gran escala de herbicidas, la erradicación de ciertos agentes patógenos, etc. Para agregar algo más, las innegables o inmediatas ventajas económicas de esta "Reordenación de los ecosistemas", en algunas ocasiones ha dado lugar a un repentino colapso del equilibrio entre el hombre y su medio ambiente, ocasionando la aparición de diferentes dificultades inesperadas 13/.

Los movimientos internos de población provocados por la atracción que representan las ciudades y centros industriales, como las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey, comprenden desplazamientos de población sin precedente, los cuales son la causa de un desequilibrio demográfico que va en detrimento del desarrollo armónico 14/.

12/ Buenrostro Hernández, César. Manejo de Cuencas. Primer Seminario Latinoamericano FAO/PNUD, sobre Evaluación Sistemática de Tierras y Aguas. México, (1971).

13/ Organización de las Naciones Unidas (UNESCO). Ob. cit.

14/ López Cámara, Francisco. La infancia y la juventud en la planificación del desarrollo. Fondo de Cultura Económica, México, (1965).

Estas migraciones son además frecuentemente selectivas y tienden a dejar los grupos menos emprendedores o atrasados individualmente en las áreas rurales, y a condenar a la mayoría de los mejores elementos a un desempleo crónico 15/.

Poblaciones biológicamente bien adaptadas a medios ambientes especiales, a veces por sí mismas y obligadas por la realización de un proyecto, como la construcción de una presa, se trasladan en estas migraciones a regiones climáticamente desfavorables para ellas, lo que ocasiona una sensible baja en el rendimiento de su trabajo y por lo tanto realizarán una subutilización de los recursos naturales con posibles pérdidas 16/.

Estos problemas y muchos de este tipo requieren estudio urgente por equipos de especialistas que incluyan ecólogos, médicos, psicólogos, economistas, geógrafos y otros profesionistas, integrados en grupos interdisciplinarios, con vistas a encontrar soluciones satisfactorias tan rápidamente como sea posible, debido a que los ecosistemas son numerosos, complejos y delicados, en los que nada puede actuar más en detrimento de los seres humanos que los habitan, que una simple y pura "transplantación de técnicas" (a veces aún de ideas) que ha probado su eficacia en otras latitudes, pues el preocuparse por extender los modos

15/ Correa, Héctor. Economía de los Recursos Humanos. Fondo de Cultura Económica. México, (1970).

16/ Soto Romero, J.A. Las obras hidráulicas y sus efectos sobre el medio ambiente. SRH. México, (1974).

de vida de las naciones industrializadas, sobre la totalidad de las regiones económicas mexicanas es peligroso y fuera de la realidad 17/. Las "normas" occidentales son adaptadas a medios ambientes y a idiosincrasias diversas sin importar si se efectúa una transformación perjudicial. Estas aplicaciones no solamente se realizan en lo que compete a tecnología y economía sino en aspectos tales como alimentación, habitación e indumentaria 18/.

Sin embargo, independientemente de errores pasados y presentes y de los nuevos problemas creados por el aceleramiento del desarrollo debido al crecimiento demográfico, económico y social, las nuevas orientaciones de conceptos y cambios tecnológicos han originado el deseo y las posibilidades de construir o reconstruir el medio ambiente, que tenga las características requeridas para la salud, así como también lo necesariamente útil para proporcionar insumos para el desarrollo 19/.

La concentración de la agricultura en los mejores suelos y el consecuente abandono de tierras marginales debe abrir el camino al desarrollo de áreas rurales basadas en la formación y conservación de bosques para que a su vez pueda asegurarse la conservación del suelo, así como el manejo de los bosques para reproducción de madera y recreación, garantizándose así la conservación y manejo intensivo de los recursos na-

17/ Bassols Batalla, Angel. La división económica regional de México. UNAM, México, (1967).

18/ López Cámara, Francisco. Ob. cit.

19/ Organización de las Naciones Unidas. Ob. cit.

turales.

Como es posible darse cuenta, el factor humano es esencial en el manejo de los recursos naturales 20/, pues de él depende el uso atinado de cada uno de los elementos que integran el sistema ecológico de las áreas en explotación. En todos los planes de desarrollo, así como en los programas que se hagan para su realización, se hace imperiosa la necesidad de considerar este factor con mayor profundidad de lo que hasta ahora se ha venido haciendo. Numerosos proyectos han fracasado porque en ellos se han empleado tecnologías que la población no está capacitada para aplicar o que no eran las adecuadas al grupo humano que se pretendía desarrollar.

Esto hace necesario promover la educación y la organización de la población para que emplee masivamente las técnicas de protección de los recursos naturales, haciendo énfasis en la protección de los sistemas hidrológicos, en su dinámica interacción 21/.

20/ Correa, Héctor. Ob. cit.

21/ Cruickshank García, Gerardo. Ob. cit.

CAPITULO II

EL MANEJO DE CUENCAS

Una de las preocupaciones que más aquejan a las generaciones actuales es el deterioro originado en los distintos medios ecológicos en los que hemos desarrollado nuestra cultura y tecnología a base de una explotación irrestricta de los recursos naturales, que ha roto los circuitos de energía y las cadenas tróficas, alterando el delicado equilibrio que guarda la naturaleza.

Los graves trastornos ocasionados se traducen día a día en una erosión generalizada que hace presa de todos los suelos del país en mayor o menor grado, sean estos de cultivos, pastizales o forestales, destruyéndose aceleradamente el equilibrio hidrológico, al romperse el ciclo natural que el agua recorre en la tierra.

Un medio que ha sido modificado, sin haberse tomado en consideración las repercusiones que sobre sus elementos iba a producir esto, no puede más que ir decayendo rápida o paulatinamente según la intensidad del cambio, las fuerzas desencadenadas parecen tornarse contra el hombre mismo, que cada vez tiene que esforzarse más para mantener un ritmo de producción en un medio que a cada momento ofrece menos.

La desforestación en gran escala, la agricultura de grandes extensiones y el sobrepastoreo propician en gran medida la aridización del territorio nacional, que incide directamente en factores ya de por

sí adversos como el desempleo, la carencia de recursos financieros y de educación que padece la gran masa rural, creándose un ámbito de desolación en el campo, del cual el campesino trata de escapar abandonando su parcela para ir a trabajar a las grandes ciudades, en donde sólo puede prestar servicios de baja remuneración, engrosando la fila de los desempleados o subempleados, creándose además, por este motivo, un descenso en la producción agrícola y un aumento de presión en la población de bajos salarios que radica en las concentraciones urbanas, al disminuir proporcionalmente el ingreso de ésta 22/.

Es por esto que, mientras no se manejen en forma integral los recursos naturales, cada vez tendremos menos suelos, menos vegetación, el clima se ira tomando cada vez más incierto y árido y como consecuencia última y funesta, los recursos hidrológicos disminuirán en tal forma que no alcanzarán para mantener a la creciente población.

Si tomamos en consideración que la vida misma de la especie humana depende del agua y que esta constituye un factor limitante en muchas de las actividades, bien vale la pena realizar estudios que conduzcan a conocer la disponibilidad de agua de las cuencas y las demandas presentes y futuras que del líquido vital son y serán necesario satisfacer y por lo mismo, realizar acciones para preservar, incrementar y mejorar este recurso, sin escatimar esfuerzos físicos y económicos, pero

22/ Puente Leyva, Jesús. Distribución del Ingreso en un Area Urbana: El Caso de Monterrey. Siglo XXI Editores, S.A. México, (1969).

siempre dentro de un plan perfectamente concebido, analizado y orientado a resolver estos problemas, pensando que el desarrollo de una cuenca, región o localidad, depende en primera instancia de sus recursos hidrológicos, más que de sus recursos de capital, tecnológicos, científicos y humanos; en síntesis, podría decirse que el desarrollo de una cuenca es directamente proporcional a la disponibilidad de recursos hidrológicos y al adecuado manejo que de ellos se haga.

El concepto cuenca puede ser objeto de numerosas definiciones, pero en nuestro caso la cuenca representa una unidad física, económica y social, es un área geográfica constituida esencialmente por el drenaje del terreno que contribuye a que las aguas fluyan a una corriente principal o colectora 23/. Es pues una unidad de "recogida y manejo de agua"24/. Es una unidad topográfica circunscrita por otras unidades de la misma naturaleza 25/.

La cuenca es una superficie grande o pequeña donde la topografía y la precipitación dan lugar al nacimiento y formación de un sistema de corrientes que por su naturaleza forman una unidad geográfica, en la que se realiza el desarrollo social y económico de las comunidades, cuya vida a su vez depende de la conservación del agua, el suelo, los bosques y otros recursos 26/; la cuenca se puede concebir como un área

23/ Stallings, H.H. Ob. cit.

24/ Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Hydrology for use in watershed planning. Bureau of Land Management. Manual 7121.21. Washington, D.C. (1966).

25/ Cruickshank García, Gerardo. Ob. cit.

26/ Buenrostro Hernández, César. Ob. cit.

que cuenta con un conjunto de recursos ligados íntimamente a través de complicados procesos geofísicos, geoquímicos y biológicos 27/.

Partiendo de este concepto, el manejo racional de los recursos naturales por cuencas recibe el nombre de manejo de cuencas u ordenación de recursos por cuencas, que considera, a partir de la evaluación de los recursos, el estudio de las técnicas para su conservación, incremento o regeneración, así como la planeación del adecuado aprovechamiento de los mismos, tratando los problemas de suelo y de agua en una forma conjunta, ya que están interrelacionados, es decir, uno depende del otro, dado que el uso que se haga de uno afecta al otro 28/.

Esto significa que para manejar racionalmente una cuenca es necesario conocer con precisión los procesos que han contribuido a darle sus formas de relieve, sus suelos, sus niveles hidrostáticos, su cobertura vegetal, cosa que no puede hacerse simplemente contemplando el paisaje, pues el conocimiento de una cuenca no significa constatar hechos o ver fenómenos, sino diagnosticar problemas y proponer vías de solución, sobre todo en materia de planeación económica y social.

De aquí que se deba insistir sobre la importancia de las investigaciones científicas que se relacionen a las transformaciones orientadas del medio físico y a la utilización de las condiciones naturales, o bien a trabajos destinados a transformar el régimen de humedad y

27/ Organización de las Naciones Unidas (UNESCO). Ob. cit.

28/ Organización de las Naciones Unidas. Ob. cit.

de temperatura de las cuencas a fin de aumentar su rendimiento, a disminuir o eliminar las pérdidas que causan las inundaciones, la sequía, la erosión y otros factores naturales desfavorables, recalcando la necesidad de saber cómo operar estas cosas, pues si no lo sabemos puede resultar que estemos haciendo más daño que beneficio 29/.

Renglones principales de esta actividad son las técnicas de cultivo de la tierra, como surcado en contorno; la formación de terrazas y de bordos para la conservación del suelo; los programas de pastización y repoblación forestal; la constitución de áreas de reserva de recursos naturales para su regeneración, para parques nacionales, para preservar una belleza natural; las medidas para propiciar el desenvolvimiento de la flora y la fauna silvestres, dulceacuñcolas y marítimas; la formación de terracerías para aguajes y zanjas para retención e infiltración del agua; la construcción de muros y diques para control de torrenteras; la ejecución de obras de almacenamiento para control de avenidas; las prácticas para la prevención y el control de la contaminación de los suelos y las aguas y, en general, todas las actividades para la preservación de las condiciones propicias que el medio ambiente presenta 30/.

Considerando que en las cuencas se pueden desarrollar numerosos objetivos, incluyendo el control del flujo, generación de ener-

29/ Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Ob. cit.

30/ Fogel, Martín M.; Duckstein, Lucien; Kisiel, Chester C. Predicting the hydrological effects of land modification. Water Resources Rev. 8(2): 420-30. Washington, D.C. (1974).

gía hidroeléctrica, suministro de agua para la industria, municipalidad, irrigación agrícola, pesca, navegación, esparcimiento; el manejo de cuencas es el instrumento idóneo para lograr en gran medida el desarrollo armónico e integral que tanto necesita el país, ya que en su realización interviene toda una gama de elementos como son la geología, geomorfología, uso del suelo y agua, evaluación, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales, etc. aplicados esencialmente a la protección de los recursos hídricos, que redundaría en beneficio de la colectividad, mediante una serie de acciones cuidadosamente planeadas y programadas para su ejecución, que comprenda un nuevo concepto de interrelación e interacción de las numerosas dependencias gubernamentales, lo cual indudablemente conduciría a logros bastante exitosos, evitándose pérdidas en las inversiones, al hacerse más rentables.

El logro de objetivos dependerá de la habilidad para elevar al máximo el rendimiento de los recursos de la cuenca, con el fin de lograr el desarrollo económico y el bienestar humano y minimizar los efectos adversos generados por el proceso de desarrollo.

Podría decirse que las cuencas hidrológicas, usualmente cuencas de los ríos, pero también a veces cuencas subterráneas, constituyen la unidad fundamental para el desarrollo de los recursos del agua. Muchas de tales cuencas son interestatales y la gente que vive en la misma vertiente de escurrimiento es interdependiente. Existe una ventaja considerable para todos si sus recursos comunes son conservados y admi-

CAPITULO III

EL RECURSO AGUA

De todos los recursos naturales, el agua probablemente tiene la más grande variedad de usos, partiendo del consumo doméstico, el cultivo de peces, la agricultura, el uso industrial, incluyendo la producción de fuerza hidroeléctrica, navegación, transporte de desperdicios, uso recreativo y deportivo 32/.

Antiguamente, la utilización de los recursos hídricos constituía un proceso simple. Generalmente había bastante agua para todos los usos y los conflictos entre usos variables eran generalmente pocos o únicamente de importancia local. Pero con el aumento de la tecnología industrial, la urbanización y las presiones demográficas, los patrones de utilización del agua han cambiado considerablemente y se ha tomado conciencia que los recursos de aguas continentales no son inagotables y que la explotación de ciertos tipos de recursos puede tener efectos perjudiciales sobre éste.

El agua, básica para todas las formas de vida animal o vegetal, así como también para casi todas las actividades humanas, es al mismo tiempo muy sensible a las modificaciones del medio ambiente, como resultado de esas actividades que inevitablemente dan cabida a agudos problemas para la humanidad 33/.

32/ Buenrostro Hernández, César. Ob. cit.

33/ Fogel, Martín M.; Duckstein, Lucien; Kisiel, Chester. C. Ob. cit.

Estos problemas surgen del constante aumento de los requerimientos de agua del *Homo sapiens* y de las repercusiones en el ciclo hidrológico por las numerosas actividades del mismo. Esta interrelación cambiante entre el agua y el hombre que ha existido desde el origen de la humanidad, actualmente está teniendo consecuencias cruciales puesto que el hombre posee conocimientos y medios que le permiten intervenir con un gran efecto en el ciclo hidrológico, algunas veces perjudicial o benéficamente, por lo que deben evitarse equivocaciones cuyas consecuencias a largo plazo puedan ser catastróficas.

EL CICLO HIDROLOGICO.

Durante su ciclo el agua se ve afectada por una serie de fenómenos que repercuten en su cantidad o disponibilidad para los usos a que el hombre la destina en cualquiera de sus actividades vitales, productivas o recreativas 34/.

. A la ciencia de la hidrología le concierne el estudio del movimiento y distribución del agua a través de las distintas fases del ciclo hidrológico 35/. El manejo de cuencas usa el conocimiento de hidrología para controlar inundaciones, para evitar erosión, para aumentar el rendimiento de agua de la cuenca y, de éste, proporcionar abastecimiento adecuado de agua a los propósitos agrícolas, industrial y urbano que se encuentren dentro y adyacentes a la fuente de abastecimiento. Estos

34/ Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Ob. cit.

35/ Meinzer, D.E. Hydrology. Mc Graw-Hill Book, Co. New York, (1973).

propósito se logran manejando los usos de vegetación y de terrenos de la cuenca, y construyendo las distintas estructuras para controlar el flujo y el almacenamiento del agua 36/.

Una cuenca hidrográfica es una unidad natural, la cual muestra las interrelaciones de las condiciones de superficie que influyen o controlan las fases del ciclo hidrológico, es decir la geomorfología, el suelo, la vegetación y sus usos, que dan como producto común: el escurrimiento o corriente de agua.

Ella también muestra como los cambios en uno o en todos esos elementos, afectan al flujo de la corriente que es un medio aceptado para juzgar las condiciones de la cuenca fluvial. Y ello, a su vez, muestra también la eficiencia del manejo de la cuenca, de tal modo que los cambios en este manejo afectan dicho flujo. Cuando el manejo mejora, el flujo de la corriente disminuye, y si el manejo es menos efectivo la corriente aumenta, puesto que la corriente de agua es un producto de las condiciones del terreno 37/.

El conocimiento del ciclo hidrológico, la forma que influye en el área de la cuenca, permite al hidrólogo predecir el rendimiento perenne del agua disponible en lugares y tiempos específicos, mediante el empleo de métodos por los cuales se establezca un balance en el que la precipitación menos las pérdidas, sea igual al rendimiento de agua, es-

36/ Fogel, Martín M.; Duckstein, Lucien, Kisiel, Chester C. Ob. cit.
37/ Colman, E. A. Ob. Cit.

timando de algún modo la medida en que la naturaleza distribuye la precipitación en forma de escurrimiento, almacenamiento, infiltración o evapotranspiración 38/.

Pero antes de que se pueda pronosticar el rendimiento de agua o potencial hídrico de la cuenca, se deben conocer las pérdidas probables (pérdidas potenciales) o pérdidas reales de agua. El rendimiento, se calcula en forma de precipitación menos pérdidas 39/.

Las pérdidas más grandes que se deben a la cuenca, se producen a través de los procesos de intercepción, evaporación y transpiración que se relacionan estrechamente con las condiciones de superficie 40/, estas formas de pérdidas se pueden tratar individualmente o en conjunto, lo cual depende de las necesidades del trabajo, tomándolas en conjunto, particularmente cuando se combinan con el uso de agua para cultivar, como cuarta forma de pérdida, que se conoce como "uso consuntivo" 41/.

Con frecuencia se produce la pérdida que se llama infiltración profunda, pero para el manejo de cuencas es menos importante que el uso consuntivo.

INTERCEPCION

38/ Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América.
Ob. cit.

39/ Pase, C.P. y Fogel, Martín M. Increasing water yield from forest, chaparral and desert shrub in Arizona. Conferencia Internacional sobre Agua para la Paz. México, (1972).

40/ Meinzer, D.E. Ob. cit.

41/ Meinzer, D.E. Ob. cit.

Se producen pérdidas por intercepción cuando se evapora el agua que cae en la superficie de las plantas y no alcanza el terreno. Esta pérdida es igual a la diferencia entre la precipitación bruta que alcanza la vegetación y la precipitación neta que alcanza realmente el terreno. La cantidad de pérdida de agua por éste concepto varía con la intensidad y duración de las tormentas y con el tipo y densidad de la vegetación, que intercepta lluvia, nieve y niebla, al grado que ésta intercepción afecta la distribución y uso que dan las plantas al agua 42/.

Durante tormentas ligeras se puede interceptar casi toda el agua de precipitación, en cambio la pérdida puede llegar a uno o dos porcientos de la precipitación durante tormentas fuertes 43/.

Esto significa que no toda el agua que llega a la vegetación se pierde por intercepción de la parte aérea de la vegetación, sino que gran parte alcanza el terreno haciendo escala en el dosel de vegetación (lluviaescale), la cual pasa a través de los espacios del dosel o goteo de hojas, ramitas y tallos 44/.

Otra parte de la lluvia que intercepta el dosel y que alcanza el terreno corriendo hacia abajo por los tallos, es lo que se llama flujotallo y que en ocasiones adquiere notable importancia 45/.

Finalmente, la lluvia bruta es la cantidad de lluvia que

42/ Zinke, Paul J. The influence of a stand of *Pinus coulteri* on the soil moisture regime of a large San Dimas lysimeter in southern California.

43/ Zinke, Paul J. Ob. cit.

44/ Colman. E.A. Ob. cit.

45/ Kittredge, J. Forest influences. Mc Graw-Hill Book, New York, (1948).

se mide en los claros o por encima del dosel de vegetación, y es el dato que proporcionan las estaciones climatológicas o meteorológicas 46/.

Por otra parte, la variable más importante que debe relacionarse con la pérdida por intercepción es la densidad media del dosel de vegetación, ya que la intercepción varía con la composición de especies, con la edad y con la densidad del herbaje; con la estación del año y con las diferencias regionales de la forma en que se recibe la lluvia 47/.

Se obtiene la densidad media del tapiz de vegetación de la cuenca, multiplicando la densidad media de cada clase por el porcentaje del área total que ocupa y se totaliza los productos. En seguida de las curvas o datos patrón regionales de pérdidas por intercepción, se obtiene la cantidad de intercepción de agua para una cuenca dada. Cabe mencionar que en el país hay pocos patrones al respecto, pero que es posible realizar cálculos indirectos muy aproximados con los datos existentes en el extranjero 48/.

EVAPOTRANSPIRACION

La evapotranspiración es el proceso por el cual el agua se mueve del suelo a la atmósfera. Es el componente principal de las pérdidas de agua que se originan en el área de la cuenca 49/.

46/ Colman, E.A. Ob. cit.

47/ Kittredge, J. Ob. cit.

48/ Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. Guide for selection of practices for soil and water conservation. Washington, D. C. (1965).

49/ Meinzer, D.E. Ob. cit.

Se produce por el proceso de transpiración, movimiento del agua a través de las plantas hacia la atmósfera y por evaporación o sea el movimiento del vapor de agua del suelo y de la superficie de vegetación.

Generalmente el hidrólogo combina estos procesos, ya que es difícil medirlos separadamente, su suma representa la parte de la precipitación que regresa a la atmósfera, en oposición a la parte que participa en el escurrimiento o en la infiltración.

El más importante de los dos procesos durante la estación de desarrollo o periodo vegetativo de las plantas, es con mucho, la transpiración, que involucra una considerable cantidad de agua, ya que durante la estación del estado latente o periodo inactivo, que comprende desde la primera helada hasta el fin del invierno, la evaporación es la responsable de la mayor parte de pérdidas de humedad 50/.

La cantidad de transpiración depende del poder de evaporación del aire, el cual lo determinan la temperatura del aire, el viento, el déficit de saturación, la cantidad de luz, la cual en parte controla la apertura de los estomas, y la disponibilidad de humedad del suelo 51/.

La temperatura del aire y la luz, dos de los factores de mayor influencia, son controlados por la radiación solar. Estos explica la asombrosa diferencia entre la transpiración nocturna y la diurna de casi

50/ Colman, E.A. Ob. cit.

51/ Linsley, R.K.; Kehler, M.A. y Paulhus, J.L. Applied hydrology. Mc Graw-Hill Book, Co. New York, (1949).

la totalidad de las plantas. El esfuerzo de transpiración es más grande durante el día, a causa de que el periodo de temperatura más alta y de luz más brillante, es más largo ya que estos factores adquieren su intensidad combinada más alta a medio día o al empezar la tarde. La luz aumenta la transpiración más que la evaporación, mientras que el viento aumenta más la evaporación que la transpiración 52/.

La transpiración difiere de la evaporación que se origina en superficies de agua, en que está sujeta a los efectos de las características estructurales y funcionales peculiares de la planta y en que la luz la influye vigorosamente. No se puede suponer que las cantidades de evaporación indican cantidades de transpiración, aún cuando las dos curvas se corresponden muy cerca en ciertas condiciones 53/.

La proporción de humedad que transpiran las plantas o que se evapora, depende también en parte de la distribución de la lluvia. Cuando las lluvias son escasas e infrecuentes se pierde por evaporación de superficie gran porcentaje de precipitación anual. A la inversa, es más pequeña la proporción que se evapora de las lluvias más abundantes 54/.

Cuando el suelo está húmedo, pierde agua rápidamente por evaporación. No obstante, a medida que se seca la capa de superficie, disminuye rápidamente la pérdida de agua, aún cuando el subsuelo

52/ Linsley, R.K.; Kehler, M.A. y Paulhus, J.L. Ob. cit.

53/ Meinzer, D.E. Ob. cit.

54/ Linsley, R.K.; Kehler, M. A. y Paulhus, J.L. Ob. cit.

permanezca húmedo. La evaporación de superficie puede desecar al suelo normal hasta una profundidad de 20 a 30 centímetros o más en áreas con largos períodos de sequía 55/.

El agua se evapora de suelos compactos más rápidamente que de suelos sueltos y de suelos de color obscuro, que de suelos de color claro. Los suelos que tienen partículas de tamaño medio permiten evaporación más grande, la formación de estructura de migajón reduce la evaporación. Asimismo, la evaporación del suelo es considerablemente menor en cobertura de bosque o arbórea que en áreas de pastizal y áreas de xerofitas 56/.

El método usual de cálculo de pérdidas por evapotranspiración, es establecer la pérdida potencial que ocurrirá si se dispusiera continuamente de agua para las plantas o para las superficies desnudas; después para estimar el abastecimiento de humedad de que puede disponer realmente la planta o la superficie, se "traslada" la precipitación conocida y la humedad, y finalmente se compara el abastecimiento con la pérdida potencial de evapotranspiración para determinado periodo. Cuando el abastecimiento es menor que la pérdida potencial se está estimando el abastecimiento para reponer pérdidas por evapotranspiración de determinado periodo (en las áreas de cultivo de riego, es cuando se debe aplicar la lámina adecuada). La pérdida potencial por evapotranspira-

55/ Linsley, R.K.; Kehler, M.A. y Paulhus, J.L. Ob. cit.

56/ Gavande, Sampat A. Física de Suelos. Principios y Aplicaciones. Editorial Limusa-Wiley. México, (1973).

ción se puede determinar con fórmulas Thornthwaite y Mather 57/, y la evaporación real se puede calcular a partir de las mediciones de pérdidas de agua, en los evaporómetros 58/.

Es también importante valuar algunos de los factores que afectan el potencial hidrológico de las cuencas como: profundidad y pedregosidad que afectan la humedad del suelo; almacenamiento, presencia de aguas subterráneas y de infiltración que se suman al abastecimiento de que disponen las plantas y áreas riparianas (márgenes de lagos o ríos) en las cuales el agua siempre se encuentra disponible para llenar las pérdidas potenciales 59/.

Las pérdidas de evapotranspiración de la cuenca también se pueden estimar recopilando un plano de tipos de vegetación y estimando la pérdida anual de cada tipo. En forma similar se hace la estimación de las pérdidas consuntivas vaciando en el plano base los tipos de cultivo de los cuales se conocen las cantidades de pérdida. Se puede confiar en este método sólo cuando se conoce el uso del agua (del potencial hídrico de la cuenca) de los distintos tipos de vegetación 60/.

Pueden ser útiles los estudios detallados de uso del agua de las especies de vegetación características de la cuenca, como por ejemplo, el estudio del uso del agua del suelo que se encuentra deba-

57/ Thornthwaite, C.W. y Mather, J.R. The water balance. John Hopkins University Laboratory of Climatology. Publications in Climatology, Vol. 8 N° 1, (1955).

58/ Linsley, R.K.; Kehler, M.A. y Paulhus, J.L. Ob.cit.

59/ Meinzer, D.E. Ob. cit.

60/ James, L.D. y Lee, R.R. Economies of water resources planning. Mc Graw-Hill Book, Co. New York, (1949).

jo del bosque de pinos, en comparación contra un terreno desforestado de la misma especie, etc. 61/.

En el manejo de cuencas se debe destacar bastante la importancia de los estudios de evapotranspiración, si uno de los fines del manejo de la cuenca es aumentar el rendimiento de agua, se le debe dar atención especial a las áreas que tienen grandes pérdidas por evapotranspiración, ya que en éstas es en donde se puede llevar al cabo el aumento más grande del rendimiento de agua por unidad de esfuerzo. Algunas de las medidas correctas que se pueden tomar para reducir las pérdidas de evapotranspiración son desfoliar la vegetación ripariana y reemplazar las freatofitas con especies de poca penetración que usan menos agua 62/.

INFILTRACION

Otro de los factores hidrológicos que es necesario tomar en consideración es la infiltración, que se relaciona con el movimiento del agua dentro del suelo. Algunos la han considerado como un fenómeno que lo gobiernan por completo condiciones de superficie, particularmente la porosidad no capilar de la superficie del suelo. Otros han usado la infiltración para describir el movimiento del agua dentro del suelo como si la gobernara la permeabilidad del perfil entero 63/.

Es evidente que la infiltración se ve influida vigorosamente por la textura y la estructura del suelo, las cuales gobiernan la po-

61/ Zinke, Paul J. Ob. cit.

62/ Pase, C.P. y Fogel, Martín M. Ob. cit.

63/ Gavande, Sampat A. Ob. cit.

rosidad no capilar y la humedad del suelo, y que la vegetación le ofrece gran cantidad de protección contra el impacto de la lluvia 64/.

La cantidad de infiltración potencial del suelo se encuentra en el máximo cuando el suelo está favorablemente seco, por que después de que se agrega agua se llenan los espacios capilares.

La vegetación de bosque, debido al desarrollo radicular posee un potencial de infiltración más grande en comparación con los suelos de cultivo y con los pastizales 65/. Se ha encontrado que la vegetación de raíz fibrosa, como la raíz de yerbas y gramíneas, es mucho más efectiva para controlar escurrimientos, que las yerbas anuales de raíz pivoteante 66/.

Un factor importante que influye en la infiltración, es el grado de compactación del suelo de superficie. Cuando el suelo se compacta, disminuye su porosidad total; la reducción más importante se lleva al cabo en la porosidad no capilar. La compactación es una de las razones por qué los campos cultivados que compactan los vehículos agrícolas tienen cantidades más bajas de infiltración, que los terrenos arbolados vecinos. La compactación por pastoreo de tierras de pastos inducidos y de pastizales naturales, tienen efectos similares en la infiltración. La congelación del suelo también reduce la capacidad de infiltración hasta

64/ Kittredge, J. Ob. cit.

65/ Zinke, Paul J. Ob. cit.

66/ Colman, E.A. Ob. cit.

cero 67/.

La infiltración es más grande en las plantaciones densas que en las abiertas, más grande en las plantaciones viejas que en las jóvenes y más grande en los herbajes sin clarear o ligeramente aclarados que en los que se aclaran mucho, puesto que ésta práctica reduce sensiblemente la infiltración y la recarga de acuíferos 68/.

También las cuencas pueden perder agua por infiltración profunda al través de roca permeable. La pérdida por infiltración profunda de una cuenca puede ser ganancia en otra, de aquí que en el manejo de cuencas resulte imprescindible la realización de estudios geohidrológicos 69/.

RENDIMIENTO

El rendimiento de agua de la cuenca es igual a la diferencia entre la precipitación total y las pérdidas totales. El rendimiento puede ser en forma de agua de superficie o puede almacenarse en forma de agua subterránea 70/.

El rendimiento en forma de agua de superficie o de flujo de corriente, resulta del "escurrimiento de superficie" que fluye directamente en las superficies de la cuenca hacia su canal principal; resulta del interflujo que va por debajo, entre el manto de suelo y en los canales

67/ Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Manual de Conservación de Suelos. Editorial Limusa-Wiley. México, (1974).

68/ Colman, E.A. Ob. cit.

69/ Todd, D.K. Ground water hydrology. John Wiley and Sons. New York, (1959).

70/ Pase, C.P. y Fogel, Martín M. Ob. cit.

de la cuenca, y resulta del retorno de agua de infiltración profunda que entra al suelo, percola entre las rocas de abajo y más tarde aflora en forma de flujo de manantiales (aún cuando algo de éste puede perder la cuenca cuando se inyecta en el mar) 71/.

De manera que el rendimiento perenne que se debe a ciertas áreas de la cuenca se puede estimar de suposiciones y deducciones que se derivan del estudio del patrón del sistema de drenaje, del tamaño y forma de los canales de corriente y de la presencia de manantiales 72/.

Para medir el escurrimiento relativo a la superficie de las áreas que constituyen la cuenca, se pueden usar fotografías aéreas. La cantidad de escurrimiento varía con la capacidad de infiltración del suelo, con la cubierta vegetal y con la geología del área 73/.

La cantidad de escurrimiento de la cuenca se puede estimar en la forma que sigue: Se establecen categorías de escurrimiento del potencial hídrico de la cuenca, cuya exactitud depende de lo que se sepa acerca del clima, suelos, vegetación, geología y geomorfología. Así que, áreas escarpadas que tienen expuesto suelo impermeable desnudo o roca, poseen escurrimiento potencial alto; áreas de guijarros de rocas sueltas, arena y otro material permeable o que tienen vegetación espesa, deben tener escurrimiento potencial bajo. Cuando se consideren estos

71/ Pase, C.P. y Fogel, Martín M. Ob. cit.

72/ Meinzer, D.E. Ob. cit.

73/ American Society of Photogrammetry. Manual of Photographic Interpretation. Washington. D.C. (1960).

factores y se determine su efecto sobre el escurrimiento en cada corriente del área de la cuenca, se puede estimar en forma preliminar el hidrograma de la cuenca 74/.

La densidad de drenaje, o longitud total de la corriente por unidad de área de la cuenca, es expresión de capacidad de infiltración y frecuencia de lluvias, y se puede considerar como una descripción físico-cuantitativa de la cuenca. Mientras más alta sea la permeabilidad, más baja será la densidad de drenaje 75/.

AGUA SUBTERRANEA

Son todavía muy incompletos los conocimientos cuantitativos sobre la geología y la hidrología de las aguas subterráneas aún en los países altamente desarrollados; sin embargo las técnicas geohidrológicas se han mejorado con la introducción de materiales radioactivos, para rastrear el movimiento de las aguas en el subsuelo 76/.

Un problema que se presenta para la explotación del agua subterránea, ha sido el de distinguir las reservas de aguas fósiles que han quedado atrapadas desde épocas geológicas remotas, de las aguas que se están renovando por infiltración. Las últimas pueden ser explotadas dentro de un límite impuesto por la recarga; las aguas fósiles llevan a la extinción del abastecimiento disponible después de un periodo de uso.

74/ Howe, Robert L. The application of aerial photographic interpretation to the investigation of hydrologic problems. Photogrametric Engineering, Vol. 26, N° 1. Washington, D.C. (1960).

75/ Linsley, R.K.; Kehler, M.A. y Paulhus, J.L. Ob. cit.

76/ Todd, D.K. Ground water hydrology. Ob. cit.

Razón por la cual es necesario estimar la profundidad y origen de las aguas subterráneas de las distintas partes de la cuenca, tomando en consideración los tipos y patrones de vegetación y las formas de relieve, que influyen en la recarga de acuíferos.

La recarga de acuíferos en forma artificial ha sido confundida, teniéndose problemas por salinidad de los estratos rocosos o por obstrucción del acuífero por la carga suspendida en el agua, de manera que todavía esta técnica no representa una forma segura de almacenar agua para el futuro 77/.

Como el agua que rinde la cuenca es en forma de escurrimiento, de interflujo y de retorno de infiltración, este rendimiento se va a encontrar en corrientes o en forma de agua subterránea en la planicie de los valles, donde la puede usar el hombre intensamente. En algunas regiones la fuente principal de agua es el agua subterránea que entra a los acuíferos al través de la infiltración profunda, desde la superficie inmediata o desde las subcuencas que se encuentran en elevación más alta. El plano geohidrológico debe mostrar los lugares más apropiados para explorar el agua subterránea reduciéndose en esta forma las posibilidades de que se falle en su explotación para el desarrollo urbano e industrial 78/.

Los planos de agua subterránea son un gran servicio para el establecimiento de instalaciones industriales en lugares en que el abastecimiento de agua es requisito primario. Para el hombre la localización

77/ Todd, D.K. Ob. cit.

78/ Todd, D.K. Ob. cit.

y la calidad del agua subterránea es de particular importancia 79/.

Como puede apreciarse, la relación de prácticas de manejo de cuencas que se empleen, se debe basar en la información que se recabe del ciclo hidrológico; generalmente esta información es más útil en forma de planos que muestren la distribución de los factores que afecten el potencial hídrico de la cuenca (intercepción, evapotranspiración, infiltración, rendimiento, aguas subterráneas, climas, suelos, vegetación, geomorfología y socioeconomía). Cuando se conocen la distribución y áreas proporcionadas de influencia de éstos, los datos obtenidos se pueden emplear como base, para asignar prioridad de acción y jerarquización de áreas, para los distintos aspectos del manejo de cuencas.

79/ Todd, D. K. Ob. cit.

CAPITULO IV

EL MARCO FISICO

Como se ha mencionado con anterioridad, el conocimiento de otra serie de factores y elementos que integran el marco físico de las cuencas, es imprescindible en el estudio del sistema hidrológico y su comportamiento con fines de manejo y mejoramiento en la disponibilidad de agua, básicamente son el clima, suelo, vegetación y geomorfología, que a continuación se analizan en forma integrada al manejo de cuencas; sin embargo, cabe hacer notar que las leyes naturales no están limitadas por linderos de un valle o cuenca fluvial, pero de todas formas rigen los fenómenos naturales que tienen lugar en ella.

Clima

El conocimiento de las variables climáticas que integran y caracterizan el clima de una cuenca, es de enorme importancia, pues en una porción considerable, éstas imprimen su sello en los suelos y en la vegetación que el hombre utiliza como satisfactores de sus necesidades primarias.

La marcha de las temperaturas en un día, un año o varias décadas, incide directamente en la distribución de calor en la atmósfera, en los valores de humedad, en la evapotranspiración y en el suelo, que en todo caso determinan la fisonomía de los biotipos y algunos de sus caracteres, fenológicos, al igual que de las asociaciones o fitobiomas;

Los climas macrotermales con grandes oscilaciones térmicas, por lo general presentan fitobiomas que se desarrollan, crecen y decaen en corto lapso, mientras que los mesotermiales sostienen vegetación de tipo más o menos perenne 80/.

Un elemento esencial, tan importante como el anterior o más todavía lo es la precipitación, el agua que cae al suelo en forma de lluvia, nieve o granizo, representa la principal fuente de abastecimiento de agua para los habitantes de una cuenca, pero también es importante la distribución que guarda la precipitación durante el transcurso de las estaciones del año y durante décadas; pues las plantas, principalmente las que el hombre cultiva, tienen sus regímenes térmico y fotosintético determinados, de manera que si no cuentan con agua en los periodos de mayor actividad orgánica, mueren por la falta de ésta, que puede precipitarse, quizá en grandes cantidades, pero, en forma extemporánea; de ahí la aleatoriedad de la agricultura de temporal y la necesidad de asegurar el abastecimiento de agua para las plantas y aún más para los hombres.

La evaporación ha recibido poca atención por parte de las autoridades que manejan las estaciones climatológicas y meteorológicas, a pesar de que es uno de los elementos básicos para determinar el balance hidrológico de una cuenca, es decir, la relación que existe entre la demanda de agua y la disponibilidad que se tiene para satisfacer ésta 81/.

80/ Odum, E.P. *Ecología*. Nueva Editorial Interamericana. México (1972).
81/ Thornthwaite, C.W. y Malthus, J.R. *Ob. cit.*

El poder evaporante de la atmósfera determina cambios en la estructura de las plantas, tales como sustitución de hojas por espinas, para reducir la transportación y otras formas que las plantas emplean para conservar su dotación de agua cuando ésta es escasa 82/.

También el hombre y los animales sufren los efectos de este fenómeno, demandando mayor líquido para mantener su equilibrio con el medio y no sufrir deshidratación, que puede ocasionar la muerte.

En el suelo, los efectos de la evaporación pueden tener consecuencias graves, debido a que las sales solubles son conducidas a la superficie por el agua que asciende desde las partes bajas del suelo, para compensar la tensión capilar creada por la deficiencia de humedad en la superficie desecada, estas sales se van acumulando y echan a perder los suelos agrícolas 83/.

El viento interviene en forma determinante al sumarse a la fuerza evaporante de la atmósfera; un viento cálido y seco produce mayor evaporación que una calma cálida y seca; la intensidad de éste en épocas de floración y polonización resulta decisiva porque así como puede tirar las flores, también puede transportar el polen; en épocas de fructificación, suele ocurrir que un viento fuerte tire los frutos, con las consecuentes pérdidas económicas.

La energía radiante del sol que en la superficie terrestre

82/ Odum, E. P. Ob. cit.

83/ Gavande, Sampat A. Ob. cit.

recibimos como insolación, es componente esencial del análisis climático a que debe someterse la cuenca que se pretende desarrollar 84/.

La insolación pone en movimiento los circuitos de energía de las cadenas tróficas de los ecosistemas, es decir representa la fuente primaria de donde las plantas comienzan su ciclo vital, energía que se transmite a los hombres y animales que las consumen 85/.

El periodo de iluminación solar (fotoperiodo) es básico para el desarrollo de las especies naturales o cultivadas y debe tomarse en cuenta cuando se pretende introducir nuevas variedades de vegetales en un ecosistema 86/.

El clima también ejerce una marcada influencia en los procesos pedogenéticos que originan los grandes grupos en que se clasifican los suelos.

En un clima tropical con lluvia todo el año, la alta temperatura y abundante lluvia, provocan la rápida descomposición de la materia orgánica que cae en el suelo y el rápido transporte de las partículas, producto de su disgregación, a los horizontes profundos del suelo en donde se acumulan sobre todo capas de sesquióxidos de aluminio (bauxita) y hierro (limonita), por los procesos de iluviación y eluviación (lixiviación), que adquieren mayor importancia 87/.

84/ Gavande, Sampat A. Ob. cit.

85/ Turk-Turk-Wittes. Ecología-Contaminación, Medio ambiente. Nueva Editorial Interamericana. México, (1973).

86/ Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de America. Manual de Conservación de Suelos. Ob. cit.

87/ Gavande, Sampat A. Ob. cit.

Pero también debe considerarse que hay suelos en los que el clima no imprime su huella, pero que por lo general ocupan poca extensión.

Por estos motivos, el análisis climático es básico en el conocimiento de los ecosistemas, puesto que en gran medida determina las características de los suelos y la vegetación. Razones por las cuales debe contarse con una red de estaciones bien localizadas, con criterio ecológico y no únicamente con el criterio de tener información de las variables, sin relación alguna con el ecosistema, en donde éstas se producen y actúan.

Suelo

Durante su ciclo el agua realiza una serie de acciones fundamentales, su primera acción se inicia en el origen del suelo del cual el hombre obtiene la mayor parte de sus medios de subsistencia.

La descomposición química y desintegración física de las rocas son factores gobernados por la precipitación del agua y por la temperatura existente; los fenómenos de hidrólisis, disolución e hidratación son los procesos principales en la intemperización de las rocas, en las formaciones del suelo y en las etapas subsecuentes de la evolución pedológica 88/.

Estos procesos dimanar de los cambios y de la absorción de la energía derivada del suelo y de la acción de los agentes atmosféri-

cos, principalmente la precipitación, la cual controla la humedad del suelo, que debido a su permeabilidad, penetrabilidad y naturaleza oxidable, es capaz de iniciar la hidratación y caldeamiento que permite el desarrollo de la vida microbiana y de la vegetación, que aprovechan los elementos minerales de las rocas puesto a disposición por la hidrólisis 89/.

De tal suerte que puede decirse que el suelo es la parte del medio ambiente que resulta de la acción de la atmósfera sobre las rocas y de la biocenosis. Esta formación es consecuencia de una serie de procesos de destrucción o simplificación de los componentes minerales y no minerales de la corteza terrestre.

El suelo, de este modo, juega una parte esencial en todos los ecosistemas, en la superficie del globo terrestre; el suelo ejerce una influencia moderada sobre las variaciones térmicas y las condiciones de humedad en el medio ambiente biótico. Cuando el suelo ha sido formado, sus propiedades físicas le permiten convertirse en una reserva de humedad que queda a disposición de la vida vegetal.

Para un estudio edafológico aplicado a manejo de cuencas es necesario el estudio de las características principales del suelo a fin de poder realizar su manejo, conservación y mejoramiento más adecuado a los fines de desarrollo y manejo de los recursos hidrológicos que se tengan planeados; entre estas características se analizan principalmente, las que siguen: fertilidad, humedad, estructura, propiedades físi-

89/ Organización de Las Naciones Unidas (UNESCO). Ob. cit.

co-químicas, espesor y uso 90/.

Fertilidad. El suelo es fértil en tanto pueda sostener vegetación; en un sentido más práctico, cuando este puede producir cultivos. Un suelo verdaderamente sin fertilidad pocas veces se encuentra 91/.

La fertilidad del suelo no puede ser definida por un solo aspecto sino por la totalidad de sus características, la influencia de cada una de ellas en la fertilidad y en la posible productividad, depende a veces del valor de las otras.

De esta manera en una zona húmeda tropical o ecuatorial la producción de arbustos de café puede ser la misma en dos suelos, uno de los cuales tiene un total de bases de cambio más bajo que el otro; si el primero tiene una elevada porosidad, permite una mejor circulación de las soluciones del suelo; además, el efecto de varias de las propiedades del suelo en su producción, depende muy ampliamente de las condiciones ecológicas del lugar donde se encuentra 92/.

Humedad. El elemento más esencial que las plantas cultivadas deben encontrar en el suelo es el agua proporcionada por la lluvia, inundación, riego y aún por elevación del nivel freático. Debe ser capaz, si es necesario, de retener la reserva en la época en que el agua llega, de manera que pueda ser utilizada por el sistema radicular de la

90/ Organización de las Naciones Unidas. Ob. cit.

91/ Stallings, H.H. Ob. cit.

92/ Organización de las Naciones Unidas. (UNESCO). Ob. cit.

planta cuando la necesite posteriormente 93/.

El agua en el suelo no sirve solamente para abastecer a la planta, sino también para transportar, de un lugar a otro, las sustancias nutritivas que las plantas necesitan, ya que estos procesos facilitan la alimentación de plantas con minerales.

La posibilidad total de retención de agua por el suelo depende del valor del "agua útil" de cada nivel en las diferentes capas, es decir, la diferencia entre la cantidad de agua hasta el máximo posible de humedad "en el campo" y el llamado punto de marchitez, prácticamente consta para un tipo de suelo cualesquiera que sea la planta cultivada en él. Al mismo tiempo éste depende del espesor del suelo afectado por los valores calculados de agua útil 94/.

La evaluación de sus posibilidades totales de retención de agua, desde la superficie del suelo hacia abajo, hasta la base de contacto con el material de la roca original, no debe presentar grandes dificultades. En ciertos casos, dos factores pueden hacer difícil prever la cantidad de agua que puede ser usada por los cultivos durante el año, aún cuando la lluvia sea regular de un año al siguiente: a) el material subyacente del suelo por sí mismo puede servir frecuentemente como un "reservorio" de agua si éste es poroso y si no hay solución de continuidad entre los dos; y b) es esencial, por lo tanto, que el sistema redicu-

93/ Gavande, Sampat A. Ob. cit.

94/ Linsley, R.K.; Kehler, M.A. y Paulhus, J.L. Ob. cit.

lar de los cultivos pueda, a su debido tiempo, elevar el nivel donde el agua se acumula o es retenida 95/.

Este crecimiento del sistema radicular depende ampliamente de las condiciones del suelo.

Las investigaciones que fueron llevadas a cabo en algunos países sobre la evolución de perfiles hídricos en el suelo y en el crecimiento del sistema radicular, de los principales cultivos durante el año 96/, deben ser proseguidos más intensamente y aplicados en el país. Ellos son esenciales para cualquier trabajo de investigación sobre la mejor adaptación de los cultivos (cada especie, cada variedad, si no es cada cepa, tiene diferentes necesidades), que dependen de las condiciones de suministros de agua ofrecidas por los variados tipos de suelos en cada zona ecológica.

Si bien las cantidades de agua varían en un grado muy amplio, dependiendo de los diferentes tipos de arcillas, ellas no se ven influidas por el contenido del suelo en estos elementos (entre 15-55%). Por otro lado, ellas dependen muy ampliamente de la riqueza de material orgánico suficientemente descompuesto, en especial de restos orgánicos, que yacen entre la cubierta vegetal y el humus estable. Es aún necesario que las condiciones climáticas permitan rápidamente al suelo alcanzar y mantener un porcentaje de humedad más elevado que el punto de marchitez.

95/ Linsley, R.K.; Kehler, M.A. y Paulhus, J.L. Ob. cit.

96/ Gavande, Sampat A. Ob. cit.

En una región semiárida, en consecuencia, un suelo muy rico en humus puede ser fisiológicamente un suelo seco y en una zona tropical, los suelos arenosos son los únicos que están adaptados para ser cultivados en condiciones muy lluviosas, porque ellos son agrónomicamente húmedos por un tiempo más largo, que los cercanos suelos arcillosos 97/.

Las características del terreno determinan la infiltración y la capacidad de almacenaje del suelo; cuando los índices son altos, el escurrimiento superficial de una tormenta dada será más baja; cuando los índices son bajos, el escurrimiento superficial será alto, ya que poca agua es absorbida por el suelo 98/.

Estructura. Una estructura claramente definida de media a fina, con partículas redondeadas y con porosidad, aseguran la fertilidad del suelo, porque proporcionan una buena circulación de los gases, particularmente de oxígeno y bióxido de carbono, así como del agua necesaria para el desarrollo de la vegetación 99/.

Propiedades físico-químicas. Las condiciones físico-químicas del suelo (oxidación, reducción, así como también reacción) ejercen una influencia muy grande, no sólo en el crecimiento de los cultivos, sino también en el desarrollo de ciertos procesos microbianos y químicos, esencialmente para el crecimiento de la planta, como son la formación de productos nitrogenados, orgánicos y la solubilización y circula-

97/ Gavande, Sampat A. Ob. cit.

98/ Pase, C.P. y Fogel, Martín M. Ob. cit.

99/ Gavande, Sampat A. Ob. cit.

ción de oligoelementos 100/.

Espesor del suelo. El espesor del suelo juega parte importante en cualquier ecosistema; varía de acuerdo a zonas ecológicas y es el resultado de dos fenómenos contrarios: profundización del suelo por procesos pedogenéticos o adelgazamiento por erosión natural.

El primero no puede continuar indefinidamente y es la consecuencia de condiciones bióticas, edáficas y topográficas, pudiendo ser detenido por obstáculos tales como la formación de una costra laterítica o una corteza calcárea o por la presencia de un filón rocoso particularmente resistente.

El segundo es lento, ocurriendo principalmente bajo una densa cubierta de vegetación que intercepta las gotas reduciendo y haciendo lento el escurrimiento 101/.

Uso del suelo. En su forma más elemental la utilización del suelo consiste en la recolección de lo que produce la vegetación natural, o en recolectar la fauna silvestre periódicamente, sin causar ningún deterioro al equilibrio ecológico.

Una forma más desarrollada de utilización es la propagación de plantas y animales bastante bien adaptados a los requerimientos deseados. Los suelos pueden así mismo sustentar y nutrir plantas cuyos productos son principalmente de interés industrial.

100/ Gavande, Sampat A. Ob. cit.

101/ Gavande, Sampat A. Ob. cit.

Es esencial que el suelo tenga una producción o utilización balanceada, esto requiere una cierta proporción de tierras maderables y de tierras cultivadas y asimismo praderas y pastizales. Este equilibrio es necesario por varias razones 102/.

1. Mantenimiento de condiciones locales, climáticas y ecológicas.
2. Acción de equilibrio hidrológico en cada cuenca de drenaje.
3. Protección del suelo por sí mismo contra la degradación bajo la acción de agentes atmosféricos.

Pocos comprenden la relación entre suelo, planta y agua, de manera que las verdaderas bases de este equilibrio entre suelos agrícolas, bosques y pastizales no son conocidas con suficiente precisión y nuevas investigaciones son esenciales para definir las más claramente.

Los suelos asimismo juegan una parte muy importante en relación a la vegetación que los cubre y como un factor en el paisaje, cuyo valor para el hombre puede ser considerado desde los aspectos psicológicos, culturales, estéticos, recreativos y turísticos.

Mirando hacia la gran variedad de usos posibles el hombre debe elegir constantemente, observando las limitaciones debidas a las condiciones climáticas del lugar y con el criterio de prioridad frecuentemente aceptado al respecto, en la utilización de cualquier recurso natural,

102/ Organización de las Naciones Unidas (UNESCO). Ob. cit.

adoptado por la UNESCO y la FAO que es el siguiente: 103/.

- a) Grado de urgencia de la necesidad en la utilización de los recursos.
- b) Satisfacción de necesidades generales de un grupo de población.
- c) Los resultados a obtenerse y probable efectividad de las operaciones al ser llevadas al cabo.
- d) Permanencia de los recursos en largo término.
- e) Costos de la operación.
- f) Efectos probables, posibilidades de extensión y extrapolación.

El beneficio de los habitantes de una región se logra mediante el adecuado uso de las aptitudes de los suelos, el manejo racional de las áreas vegetales, especialmente de bosques y pastizales, el aprovechamiento de las aguas y en general de todos los recursos de la propia región.

Toda autoridad que intente usar cada porción de tierra con el fin de asegurar el mejor desarrollo posible para la población que dependa de ésta, deberá preparar una alternativa en relación al tipo de desarrollo que se pretenda llevar al cabo.

La elección hecha deberá conservar ciertas áreas o sectores en el estado más natural posible, para mantener los habitats originales

de las especies y variedades de plantas y animales o los representantes más típicos de los grupos de plantas y animales. Son particularmente importantes las regiones montañosas o lluviosas que tienen la función de regular el flujo del agua 104/.

Los tipos de utilización designados para la producción de cultivos para consumo nacional o para exportación, requieren de suelos suficientemente fértiles o de fácil rendimiento productivo, cuyo grado de fertilidad pueda mantenerse o mejorarse en el curso de su desarrollo. Por lo tanto, tienen prioridad en caso de elección, bajo la cual existe por supuesto una decisión política que implica consideraciones sociales, al igual que económicas. Sin embargo, no se debe olvidar que en muchos casos la misma naturaleza de los suelos y sus características guiarán la elección.

Es raro encontrar en una región dada que todas las áreas utilizables estén desarrolladas. La elección deberá evitar la distorsión regional, con sus consecuencias de tipo económico y mantener un equilibrio relativo en el desarrollo de cada región, con excepción de zonas que estén poco pobladas 105/.

Es también cierto que el gobierno está obligado a tomar en consideración el costo de desarrollo de cada región o cuenca comparado con el valor y los resultados esperados; pero deberá también considerarse la relativa facilidad de obtención de los fondos necesarios, por me-

104/ Kittredge, J. Ob. cit.

105/ Bassols Batalla, Angel. Ob. cit.

dio de organismos financieros .

Finalmente , a pesar de todas las dificultades presentadas a consecuencia de la elección entre varias posibles utilizaciones de los suelos de un sector o cuenca , ésta elección tendrá que modificarse con el tiempo como resultado de cambios en el mercado debido a las necesidades de la población o finalmente como resultado de cambios que podrían surgir en los métodos de utilización agrícola de los suelos , en la conservación de su fertilidad y en el aumento de su productividad por medio del progreso de las técnicas agronómicas 106/.

En síntesis , para el manejo afortunado de la cuenca hidrográfica , es necesario el conocimiento de los procesos naturales que gobiernan el desarrollo del suelo , sus relaciones con el agua y las plantas , combinadas con el uso que se haga de él 107/.

Vegetación

La asombrosa diversidad de la cubierta natural de vegetación se debe , en primer lugar , al hecho de que refleja fielmente la variedad de climas y suelos . Esto se muestra primeramente en la fisonomía de la vegetación , la cual queda gobernada por las leyes de zonación causadas principalmente por la evolución histórico-genética de los seres vivientes y de las comunidades 108/. Pero los contrastes entre poblaciones bióticas como un todo , son también originados por la naturaleza dinámica de

106/ Barlowe , Raleigh . Ob . cit .

107/ James , L.D . y LEE , R.R . Ob . cit .

108/ Odum , E.P . Ob . cit .

las fitocenosis. Las fitocenosis cambian, se adaptan, desarrollan y decaen, dependiendo de los cambios rápidos o graduales de los factores ambientales 109/.

En suma, las variaciones en los paisajes naturales reflejan la zonación, la diversidad de climas, suelos, y el dinamismo particular en que la vegetación permanece, el cual es frecuentemente puesto en movimiento por trastornos exógenos o procesos internos, y la temporal o permanente detención de estos cambios sucesivos, bajo la influencia de factores restrictivos, en varias etapas de la fisonomía. Estas causas básicas también actúan entre sí y dan lugar a muchas variaciones menores en el mosaico de la cubierta vegetal 110/.

Cualquier tipo de vegetación, ya sea natural, manejada por el hombre o puramente artificial, es signo de un ecosistema. Donde la cubierta vegetal parece estar estabilizada, se debe a que ha alcanzado un estado de equilibrio dinámico, el cual está indudablemente lejos de ser estable y sí sujeto a amplias fluctuaciones, siendo indicador de un sistema de energía y materia en donde la entropía es mínima 111/.

Hoy día, el impacto del hombre sobre los paisajes vegetales no está limitado de ninguna manera, a sus actividades agrícolas, zootécnicas o aún silvícolas, cuyos métodos han sido poco tratados. La "antropización" de la naturaleza se debe también a la urbanización, industrialización y desarrollo de las comunicaciones, así, el hombre crea de-

109/ Organización de Naciones Unidas (UNESCO). Ob. cit.

110/ Colman, E.A. Ob. cit.

111/ Odum, E.P. Ob. cit.

siertos de concreto que crecen al azar sobre suelos de alta fertilidad y tristemente reduce su herencia agrícola 112/.

Para el ecólogo no hay diferencia fundamental entre vegetación natural, silvestre o modificada, seminatural o desarrollada, domesticada o puramente artificial. Las leyes que gobiernan estos ecosistemas son idénticas 113/.

El manejo de las fitocenosis es ciertamente una técnica particularmente promisoría. El hombre solo tiene un pequeño número de especies vegetales domesticadas a su disposición, pero los recursos del mundo vegetal no han sido por ningún medio, eficientemente investigados. Aún tenemos muy pocos conocimientos sobre las especies útiles. Es urgente que estas investigaciones se desarrollen.

En tales casos, debemos obviamente recurrir a la genética. La selección ha alcanzado grandes progresos, pero sería inconcebible creer que sus posibilidades se han acabado en el plano ecofilológico y no es solamente la eficiencia fotosintética, como tal, la que deba considerarse, sino también el ajuste de los ecotipos a las condiciones bajo las cuales existe el propósito de explotarlos. Ahora sabemos cuán diferente pueden ser la conducta de los sujetos con diferentes fotoperiodismos o termoperiodismos 114/.

Modificar la vegetación natural no es solamente dañarla

112/ Turk-Turk-Wittes. Ob. cit.

113/ Organización de las Naciones Unidas (UNESCO). Ob. cit.

114/ Odum, E.P. Ob. Cit.

o mejorarla, transformarla o reemplazarla por otras, es también asignarla a un lugar definido en el tiempo y en el espacio, por la introducción de consideraciones sociales y económicas.

La idea del manejo es inseparable de su subestructura, aunque, en realidad, varía apreciablemente en circunstancias particulares. Su propósito está asociado con el incremento de la productividad, la prosperidad social y económica y un bienestar mayor de los habitantes de un distrito, territorio o país. Su objetivo es el desarrollo del hombre y el mantenimiento o restauración de la armonía entre los recursos naturales y el progreso económico 115/.

Areas viejas sujetas a explotación, o nuevas áreas abiertas al aprovechamiento, territorios industrializados y distritos puramente rurales, regiones con una alta densidad de población y aquello con población dispersa, todos pueden beneficiarse del manejo, si éste está adaptado a las circunstancias y sus implementos técnicos corresponden a las dimensiones locales y a sus medios.

El manejo puede ser concebido y llevado al cabo, ya sea a nivel de una empresa individual, sector por sector, o para un territorio tomado como un todo, para llenar los requisitos locales, provinciales o nacionales 116/.

A nivel de cada empresa agrícola, forestal o ganadera,

115/ Colmán, E.A. Ob. cit.

116/ Barlowe, Raleigh. Ob. cit.

la producción de mercancías y servicios debe estar organizada en la forma necesaria para alcanzar las metas fijadas por el propietario, ya sea el estado, una colectividad o individuos privados 117/.

Mucho se ha dicho hasta el presente sobre la administración de manejo de propósitos múltiples. Que puede ser llamada silviganadera, silviturística, silviagrícola, etc., cuyos propósitos son tomar en cuenta los diferentes usos del suelo. Teóricamente, tal manejo es benéfico, pero su control práctico en el sitio es difícil. Es por esto que el desarrollo se basa a menudo en una prioridad de usos del suelo y de la vegetación.

El desarrollo de la vegetación concierne no sólo al paisaje rural y al paisaje natural, sino también a poblados, ciudades o aún a distritos industriales. Consiste en un esfuerzo para integrar los diferentes programas y lograr alguna coherencia en los diversos sectores. Aún en áreas industriales, el planeador del desarrollo debe dejar sitio para los "cinturones verdes" indispensables para la sanidad y la salud 118/.

El manejo de la vegetación debe ser siempre uno de los propósitos de cualquier plan de desarrollo general o especial, nacional o local. Pero los problemas tienen una prioridad especial en el caso de desarrollos de áreas que aún posean una extensa cubierta vegetal.

117/ Merino Sanders, Roberto. Programa de Rehabilitación de Cuencas en el Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán. Conferencia Internacional sobre Agua para la Paz. México, (1972).

118/ Tinbergen, J. Planificación del Desarrollo. Ediciones Guadarrama, S.A. Madrid, (1967).

El manejo y desarrollo agrícola, silvícola o ganadero, de tales áreas corresponden, desde el punto de vista ecológico, a una redistribución de los ecosistemas naturales, desarrollados o completamente artificiales, con el fin de obtener la máxima productividad y las mejores cosechas compatibles con las necesidades económicas y sociales en armonía con las leyes de la cubierta vegetal. De aquí que incluya la corrección de los balances internos, la restauración de la tierra dañada, el drenaje de las tierras para habitación, la armonización del campo al igual que su valorización y el incremento del rédito en las inversiones hechas en él. Estos son, de hecho, los medios de domesticar la naturaleza sin ningún deterioro 119/.

Una vez que se ha decidido desarrollar un territorio, sobre una base clara y bien definida, es necesario asignar las zonas que son más favorables para los diferentes tipos de cultivo, en el entendido de hacer entrar en ella, la plantación de huertos o árboles jóvenes, el establecimiento de pastizales naturales, mejorados o artificiales, reservas forestales, situación de villas, centros comerciales, sociales o culturales o aún industrias de transformación. Debe hacerse el mejor uso del suelo y de la vegetación. Sería absurdo clarear un bosque si su potencial económico es más alto que el de los pastizales que pudieran reemplazarlo. Desafortunadamente esto sucede en muchas regiones, especialmente en las zonas tropicales, en donde los habitantes los están devastando,

ya sea para subsistir o por la ignorancia de las soluciones económicas.

El manejo apropiado de la vegetación aumenta la infiltración, la cantidad de agua almacenada, la profundidad a la cual el agua puede ser almacenada y la capacidad de retención del agua del suelo; contrariamente el funcionamiento impropio de la cubierta vegetal inicia el proceso de erosión del suelo, como una consecuencia de que prevalece el escurrimiento sobre la infiltración.

El primer efecto directo de la intervención del hombre en la vegetación ha sido precisamente la erosión del suelo, con cargas abundantes de sólidos suspendidos en las crecientes de los ríos. El papel de la vegetación resulta entonces esencial en el mantenimiento de la infiltración dentro del suelo y en la regulación del caudal de las corrientes mediante el retraso del escurrimiento, así como en el grado de la evapotranspiración 120/.

La planeación del uso de la vegetación, por lo tanto, debe tomar en consideración los recursos acuíferos, y la estructura de las plantas es muy confiable en este aspecto. Sería de poca utilidad sugerir que cierta colina deba ser cubierta con pastos si no hay fuentes de agua para el ganado, o no planear la irrigación sin haber checado la existencia de reservas acuíferas satisfactorias en calidad y cantidad 121/.

120/ Horton, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Bull. Geol. Soc. of America, Vol. 56 Washington, D.C. (1945).

121/ Soto Romero, J.A. Las Obras Hidráulicas Ob. cit.

Finalmente, la planeación debe tomar en cuenta el aspecto estético del campo, la importancia de proveer acceso a las zonas verdes para la recreación esencial y para asegurar la conservación de cubiertas protectoras contra la contaminación del aire y de las aguas. La planeación debe ir tan lejos como sea posible para proveer hileras de árboles cerca de las mayores líneas de comunicación y de centros industriales para amortiguar el ruido, porque es importante para el campo, conservar o recuperar la calma que debe ser su característica esencial.

Se puede decir que el manejo de la vegetación es el resultado de un grupo de trabajo en el que todas las disciplinas deben estar representadas, para alcanzar una solución de síntesis.

Geomorfología

En el desarrollo de los estudios sobre las cuencas hidrológicas, y en la formulación de planes y programas de mejoramiento y conservación, se requiere el criterio geomorfológico, disciplina que se aboca al conocimiento exhaustivo de la dinámica de las formas de relieve comprendidas en el medio físico.

La Geomorfología es, en la actualidad, la rama más importante de la Geografía Física que se encarga del estudio sistemático de la zona de contacto de la litósfera y de las envolturas acuosa y gaseosa que, a su vez, constituye el ámbito de las actividades del hombre. No se orienta exclusivamente a la descripción de las formas del relieve sino que las clasifica y explica, es decir, va del análisis de las formas del terreno, a

la síntesis de los procesos que las han modelado.

Las formas del relieve terrestre son las formas de una superficie de contacto, como se ha mencionado, resultando de la acción de dos fuerzas: internas unas, que dan lugar a la formación del relieve tectónico y externas las otras que modifican dicho relieve y le imprimen nuevas características 122/.

Entre ambas puede existir un determinado equilibrio, pero al modificarse algunas de ellas se modifica el equilibrio existente y tienden a buscar uno nuevo, lo cual origina cambios en las formas de relieve.

Dentro del campo de estudios de la Geomorfología, es la evolución de las formas, al igual que su origen uno de los aspectos en los que se apoyan las investigaciones con aplicación concreta. En algunos casos la evolución es normal, es decir, lenta desde el punto de vista de la escala geológica, razón por la que casi no se toma en consideración; pero en otros casos es intensa y si no la tomamos en cuenta en la ejecución de obras de infraestructura o conservación de recursos naturales, podría dar como resultado la destrucción de las obras en un corto lapso 123/.

Un mapa con las características geomorfológicas de primera importancia en donde están representadas las diferentes unidades geomorfológicas del terreno, tales como extensión y naturaleza del material,

122/ Unión Geográfica Internacional. Conferencia Regional Latinoamericana. Tomo III Memoria. México, (1966).

123/ Soto Romero, J.A. Las Obras Hidráulicas Ob. cit.

drenaje, microrrelieve, existencia de bloques sueltos, grados de erosión y procesos morfogenéticos, representa un instrumento básico para la planeación del uso del suelo, evaluación de posibilidades agronómicas y clasificación de tierras para riego y para su conservación, ya que permite decidir que medio hay que emplear para combatir la erosión y si hay justificación para ello 124/.

Tal sería el caso de mapear las fuentes de sedimentación para su control, pues en algunos estudios empíricos se ha visto que aproximadamente el 90% de los sedimentos en una cuenca, provienen de solamente el 10% de la superficie de la cuenca en cuestión, cuyo control resulta poco oneroso y de gran utilidad; también se podrían señalar sitios en que la cuenca tiene erosión potencial, para facilitar el trabajo del control de la erosión; en otros casos, conociendo los procesos de erosión y materia que se deposita se pueden rastrear los movimientos de sedimentos e identificar el carácter de los depósitos aluviales 125/.

Asimismo, el conocimiento de las condiciones físicas y topográficas de las estructuras geológicas, sirve para proporcionar información básica de utilidad para construir las estructuras de regulación, almacenamiento y distribución, que intercepten parte del potencial hidrológico de la cuenca, para que se use en los propósitos domésticos, agrícolas y generación de fuerza eléctrica 126/.

124/ Unión Geográfica Internacional. Ob. cit.

125/ Horton, R.E. Ob. cit.

126/ Merino Sanders, Roberto. Ob. cit.

Por ejemplo, un agrónomo decide, en determinado lugar, la construcción de terrazas a nivel sin conocer previamente las características geomorfológicas del terreno, el cual tiene una alta cantidad de arcillas y torna peligrosa la construcción de éstas; sin embargo, se construyen; durante algún tiempo detienen la erosión, pero una vez hidratadas las arcillas por infiltración, se desencadena un proceso de solifluxión que en poco tiempo las destruye, con las consecuentes pérdidas de tiempo y recursos. Lo indicado en este caso, tomando en cuenta las características geomorfológicas, era haber trazado curvas de nivel y sembrarlas con líneas de vegetación para retener el suelo 127/.

Es por esto que el establecimiento de programas de conservación de recursos naturales y sistemas hidrológicos, debe tomar como base un estudio geomorfológico con mapeo y análisis de los procesos contra los que hay que luchar.

En cuanto a los suelos, se puede decir que el medio geomorfológico es el cuadro donde se forman y evolucionan.

En donde la dinámica geomórfica no es muy intensa el suelo se forma normalmente, pierde materiales en su horizonte superficial por erosión, pero sigue desarrollándose a partir de la roca intemperizada de la parte inferior del perfil. Por el contrario, si la dinámica es intensa como sería el caso de una ladera sujeta a procesos de escorrentía, no se forma suelo, dando lugar a la aparición de litosoles y al pie de ella, debido

al transporte, tendremos suelos coluviales con material evolucionado, no relacionado con la roca subyacente.

Otro ejemplo lo tenemos en las llanuras de inundación de algunos ríos, que durante las crecidas reciben aportes de material que se deposita en ellas; si éstas tienen mal drenaje, consecuentemente tendremos formación de suelo hidromorfos llamados gleysoles.

Estudios en diversos climas comprueban la estrecha vinculación que existe entre la edafología y la geomorfología. El conocimiento exacto del cuadro geomorfológico del suelo, sus características y posibilidades, resulta esencial para su manejo adecuado, con el fin de proteger el sistema hidrológico de las cuencas.

Lo anterior resulta evidente si se toma en consideración que la ocupación de la superficie terrestre por vegetales con o sin clorofila guarda una estrecha relación con los factores geomórficos que determinan principalmente adaptaciones estructurales en las plantas, modificando su forma y función, ya que las grandes áreas de vegetación se encuentran definidas por el clima y las características del suelo, pero las pequeñas asociaciones se rigen más por la morfología del terreno que por las características del clima 128/.

El estudio hidrológico de un área incluye necesariamente los procesos de erosión y sedimentación, siendo el control de estos parte

128/ Odum, E.P. Ecología. Ob. cit.

importante del manejo de cuencas; el hecho de localizar áreas de erosión, como se ha mencionado, estudiando el transporte de sedimentos de las corrientes y estimando cantidades y áreas de depositación, al igual que determinar áreas y tipos de terreno que se inundarán con diferentes torrentes de avenida, son datos que pueden obtenerse mediante la utilización de la técnica geomorfológica y morfométricas que han sido desarrolladas y que ponen en nuestras manos un instrumento de gran utilidad para la planeación del desarrollo de una cuenca 129/.

Después del estudio de la erosión se pueden recomendar grandes categorías de métodos de conservación de suelos, como arar en curvas de nivel en taludes abiertos, en fajas los taludes escarpados y formando terrazas en los canales y cárcavas 130/.

Al detenerse la erosión y controlarse la carga de sedimentos en el río, se combate un aspecto de la contaminación de las aguas por arenas, arcillas y limos 131/.

Por otra parte, al estudiarse las características del terreno se puede prevenir la contaminación de los mantos freáticos por aguas de infiltración cargadas de contaminantes 132/.

En síntesis, puede decirse que los estudios geomorfológicos al contemplar los cambios que tienen lugar en el medio ambiente, to-

129/ Horton, R.E. Ob. cit.

130/ Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Conservación de Suelos. Ob. cit.

131/ Cruickshank García, Gerardo. Ob. cit.

132/ Buenrostro Hernández, César. Ob. cit.

mando en cuenta una serie de elementos tanto climáticos, como geológicos, edáficos, ecológicos, etc. que conjuntan la dinámica del modelado superficial, tienen como objetivo fundamental, proporcionar el diagnóstico de las condiciones actuales de todos aquellos lugares integrantes de una cuenca, que requieren de la acción coordinada para su manejo, estableciendo prioridades en la proposición de obras que favorezcan la mayor infiltración de agua, la disponibilidad y la conservación de recursos y el control de la erosión.

Es válido decir, entonces, que la geomorfología al relacionarse con el clima, los suelos y la vegetación, torna nuestro conocimiento de la naturaleza, más completo, más íntimo, lo que permite el logro de un mejor aprovechamiento y una mejor conservación de los recursos naturales de las cuencas.

CAPITULO V

INTEGRANTES SOCIOECONOMICOS

La economía de la cuenca está ligada básicamente a los aspectos físicos y ecológicos que se han tratado en los capítulos anteriores, pues las actividades del hombre y su productividad dependen en gran medida del uso adecuado que éste haga de sus recursos naturales y de la protección que les proporcione para asegurar su productividad continua y creciente, para satisfacer las también crecientes necesidades de la población que día a día aumenta en número 133/.

Al estudiar una cuenca probablemente se encontrará que posee una economía esencialmente agrícola o industrial o que combina ambas modalidades del desarrollo 134/, y que debemos partir del conocimiento detallado de sus características para estar en posibilidades de diagnosticar su funcionamiento y establecer los planes y programas de manejo, que conjuguen los aspectos ecológicos con las metas económicas que sea necesario alcanzar, para lograr el desarrollo integrado de la cuenca y evitar los grandes desequilibrios económicos que padecen actualmente las cuencas y regiones del país 135/.

El estudio de la economía de una cuenca debe tener la característica de ser fiel y representativo de las verdaderas condiciones en

133/ Comité de Recursos Nacionales de los Estados Unidos de América.
Ob. cit.

134/ Cruickshank García, Gerardo. Ob. cit.

135/ Bassols Batalla, Angel. Ob. cit.

que evoluciona la población, el uso de estadísticas generales servirá tan solo, como una base en la que se apoyarán estudios más concienzudos y profundos sobre los recursos humanos y de capital con que cuenta la cuenca, para conocer sus necesidades y posibilidades de desarrollo 136/.

La integración económica de una cuenca o sea su infraestructura y superestructura no siempre es la más adecuada a sus posibilidades de desarrollo y a su disponibilidad de recursos; en no pocas ocasiones se encuentran áreas de subutilización o sobreexplotación de suelos y vegetación, dentro de una misma cuenca, razón por la que debe vigilarse el equilibrio entre áreas de explotación y fuerzas explotadoras.

Las áreas de explotación están representadas por las tierras de cultivo, pastizales, bosques, y otras asociaciones vegetales que componen el ecosistema de la cuenca, sujeta al manejo del hombre, para producir materias primas que satisfagan sus necesidades y que a la vez produzcan excedentes, para establecer relaciones de comercio con otras regiones que producen satisfactores, que en su sistema ecológico no es posible obtener. 137/.

Estas áreas por lo general nunca se muestran bien distribuidas dentro de una cuenca, ni tampoco se basan en el mejor uso del suelo según su capacidad agrológica; más bien están distribuidas al azar y capricho de los productores, debido a una economía no planeada; se ta-

136/ Soto Romero, J.A. Ob. cit.

137/ Organización de Las Naciones Unidas. Ob. cit.

lan bosques para establecer pastizales, que tal vez sean menos productivas que aquellos; los asentamientos urbanos ocupan tierras muy fértiles; se siembra en suelos que debieran tener pastizales y así, la disposición de las áreas dista mucho de guardar un orden ecológico y económico que implica en ocasiones, graves pérdidas y emigración de la población que las ocupa, hacia otras cuencas o polos de desarrollo urbanos o industriales 138/.

La baja productividad, derivada de este hecho, obliga a realizar una agricultura extensiva que avanza a costa de pastizales y bosques, utilizando indiscriminadamente, suelos forestales, laderas con elevada pendiente, tierras pedregosas, etc. que aumenta el volumen de la producción, pero no los rendimientos por hectárea, que van descendiendo paulatinamente, hasta que el hombre abandona la tierra; algo similar ocurre con la ganadería que al aumentar su número de cabezas, ejerce mayor presión sobre los pastos, que al no mejorarse, son presa de una sobreexplotación que los va arruinando hasta convertir los suelos en extensos eriales improductivos 139/.

El manejo de la productividad de las fitocenosis y los biomas, como se había mencionado en los capítulos antecedentes, se torna imperioso, para no transgredir los límites de explotación de los recursos naturales 140/.

138/ Correa, Héctor. Ob. cit.

139/ Buenrostro Hernández, César. Ob. cit.

140/ Organización de Las Naciones Unidas (UNESCO). Ob. cit.

Por otra parte, las fuerzas explotadoras están representadas por el hombre y su tecnología, que es el que va obtener de la naturaleza los productos necesarios para su satisfacción y su desarrollo económico, social y cultural 141/.

Las fuerzas explotadoras pueden diferir o de hecho difieren mucho de un área explotada a otra, la cantidad y calidad de la fuerza aplicada, depende del desarrollo alcanzado por la población, de la organización social en que ésta se haya estructurado y de los recursos de capital con que ésta sociedad cuente, para aplicarlos a la obtención de materias primas y de productos de la industria de transformación 142/.

Debe examinarse la cantidad de la fuerza explotadora. La cantidad puede expresarse en términos absolutos como población total o en términos relativos como densidad de población. La natalidad, la mortalidad y la migración determinan el tamaño o cantidad de la población 143/.

Es evidente y bien conocida la relación que existe entre el tamaño de la población y los tres fenómenos mencionados. Por lo tanto, lo que nos interesa, ante todo es establecer el grado en que los fenómenos en cuestión son determinados por otros fenómenos socioeconómicos, por lo que en un estudio de la economía de los recursos humanos de una cuenca, resulta interesante considerar las modificaciones que los

141/ Correa, Héctor. Ob. cit.

142/ Correa, Héctor. Ob. cit.

143/ Correa, Héctor. Ob. cit.

cambios económicos generan en el proceso de formación de los recursos humanos 144/.

Entre los fenómenos que afectan al desarrollo de los recursos humanos están: el ingreso per capita; Hagen propone la hipótesis de que las tasas de natalidad y mortalidad disminuyen al aumentar el ingreso per capita 145/, y Malthus sostuvo que la tasa de incremento en el ingreso debe ser mayor a la tasa máxima posible de incremento demográfico, para que pueda mantenerse un aumento en el ingreso per capita 146/.

Pero el ingreso no es el único fenómeno socioeconómico que se incluye en las tasas de natalidad y de mortalidad. Deben tomarse en cuenta, entre otros, la distribución de la población en clases sociales, en actividades económicas y en áreas geográficas. Por ejemplo, si se conocen las diferentes características demográficas de los grupos de población activa en la agricultura, industria, servicios, etc. Los cambios en la importancia relativa de estos sectores económicos, originados por el desarrollo económico, producen a su vez cambios demográficos 147/.

La migración debe estudiarse como una determinante de la población total, además de los factores ya mencionados, pues el volumen de la migración, en ausencia de barreras legales, está condicionado por

144/ Correa, Héctor. Ob. cit.

145/ Hagen. E.E., Population and Economic Growth. The American Economic Review. Junio de 1959.

146/ Leibstein, H.A. A theory of Economic-Demographic. Princeton University Press. 1954.

147/ Correa, Héctor. Ob. cit.

las diferencias interregionales, en la disponibilidad de oportunidades de trabajo y por la distancia 148/.

Por otra parte, el tamaño de la población es un indicador general del volumen de la fuerza de trabajo, que está en función de su estructura por edad y sexo, aunque hay que tomar en cuenta que ésta no sólo afecta al número de trabajadores, sino también sus capacidades, es decir, la calidad de la fuerza explotadora de los recursos naturales.

Las relaciones que existen entre la estructura de la población por sexos y edades y la migración son menos conocidos; sin embargo, se puede afirmar que la migración genera una pérdida de población en edad activa en el lugar de origen, y una ganancia en el lugar de destino. Esto es especialmente cierto si los inmigrantes son solteros y en edad activa 149/.

Por otra parte, la relación existente entre la proporción de la población en edad activa y la proporción de la población incluida en la fuerza de trabajo, puede ser modificada por varios factores socioeconómicos. Es posible que los más importantes entre ellos sean la escasez relativa de la fuerza de trabajo, el ingreso per capita y la estructura industrial de la economía 150/.

Cuando aumenta la escasez relativa de la fuerza de trabajo, es más fácil que encuentren empleo las personas que están fuera de

148/ Correa, Héctor. Ob. cit.

149/ Puente Leyva, Jesús. Ob. cit.

150/ Correa, Héctor. Ob. cit.

los límites de edad activa, y los salarios elevados son incentivos para ello 151/.

El ingreso per capita influye en la oferta y la demanda de trabajo de dos maneras contrarias. Cuando hay un ingreso per capita bajo algunas necesidades se quedan sin satisfacer. Por ésta razón, personas que en circunstancias diferentes no ofrecerían su trabajo se ven obligadas a hacerlo. Esto explica el volumen relativamente elevado de trabajo infantil en los países subdesarrollados, o en vías de desarrollo, como el nuestro, que se presenta aún cuando haya leyes que prohíben esa clase de trabajo; éste fenómeno se acentúa aún más en las áreas rurales donde los niños desde corta edad ayudan a la familia en ciertas labores que no requieren de una capacidad física mayor 152/.

Se da el nombre de estructura industrial de la economía a la división en sectores de las actividades económicas, especialmente las de la producción 153/. En ciertas actividades productivas existen funciones que pueden desempeñar los niños y los ancianos. El ejemplo más sencillo de esto lo encontramos en la agricultura, como se había mencionado en el párrafo anterior.

La escasez relativa de la fuerza de trabajo, el ingreso per capita y la estructura económica, influyen también en la participación de

151/ Correa, Héctor. Ob. cit.

152/ Correa, Héctor. Ob. cit.

153/ Zimmerman, Ench W. Ob. cit.

las mujeres en la fuerza de trabajo 154/, fenómeno que también se debe estudiar en las cuencas.

La calidad de las fuerzas explotadoras, puede definirse como las capacidades de la fuerza de trabajo, que están determinadas por la naturaleza humana y por los factores que influyen en ellas 155/.

De los muchos elementos que constituyen la naturaleza humana son importantes en nuestro caso las necesidades y las aptitudes o capacidades 156/.

Se ha visto que las necesidades estimulan la acción de la naturaleza humana; sin embargo, no se han clasificado todas las necesidades y tampoco se conoce la importancia relativa de cada una de ellas, es decir, que en el estado actual de nuestros conocimientos resulta imposible predecir siempre con exactitud la conducta de una persona, cuando se sabe que tiene dos necesidades insatisfechas. La misma persona puede tratar de satisfacer una de las necesidades algunas veces, y en otras la otra. Sin embargo, existe un consenso más o menos general en cuanto a que las necesidades fisiológicas usualmente tienen preferencia sobre las demás 157/.

154/ Heist, P. The entering college students-Background and Characteristic. Review of Educational Research. Vol. XXX N°4 octubre de 1960.

155/ Correa, Héctor. Ob. cit.

156/ Correa, Héctor. Ob. cit.

157/ Reynolds, L.G. Economics of labor, en A Survey of Contemporary Economics, Vol. I American Economic Association (Irwin Press, 1954).

El hecho de que no entendamos la conducta de personas aisladas no impide que se formulen hipótesis relativas a la conducta de los grupos sociales, las cuales pueden ser comprobadas estadísticamente. Las ilustraciones más conspicuas se encuentran en la teoría económica, por ejemplo, la función entre el consumo y el ingreso. Esto es cierto aún cuando no pueda predecirse la conducta de cada una de las personas del grupo 158/.

Aún cuando estos hechos puedan parecer sorprendentes a primera vista, para entenderlos basta recordar que las leyes estadísticas expresan regularidades para los grupos de individuos, no para las unidades individuales 159/.

El estudio de las capacidades o aptitudes de la naturaleza humana se refiere básicamente al rasgo general de un individuo, que determina el límite de realización que puede alcanzar en diferentes áreas.

Una primera división para conocer éstas, es la que distingue un área psicomotriz y otra intelectual, en la que se indentifican nueve aptitudes básicas que son: la inteligencia, aptitud verbal, aptitud numérica, aptitud espacial, percepción de formas, percepción secretarial, coordinación motriz, destreza de los dedos y destreza manual; los factores que determinan estas aptitudes son: la nutrición, la salud, la educa-

158/ Correa, Héctor. Ob. cit.

159/ Correa, Héctor. Ob. cit.

ción y el ingreso 160/

En muchos casos la capacidad de trabajo se puede duplicar o aún triplicar, simplemente mejorando la nutrición, es decir aumentando el consumo de calorías según el trabajo que se ejecute 161/.

También se puede afirmar que las tasas de mortalidad elevada corresponden a ingresos bajos y viceversa, que se traduce en una mayor o menor esperanza de vida; igualmente importante es la morbilidad por la reducción en la capacidad de trabajo de una persona enferma que continúa trabajando y la otra es la reducción debida a la ausencia del trabajador, de hecho el factor salud, es determinante para la buena marcha de la economía en cualquier sector que se desarrolle o pretenda desarrollar 162/.

Por otra parte, los niveles de educación de la población son factores decisivos en el desarrollo económico de una cuenca; de ellos depende el grado de asimilación de tecnología que se aplique para buscar ciertos desarrollos, de la pronta aplicación de éstas y de los mejores resultados que podrían esperarse de ellas; sucede que en muchos lugares donde la población carece de educación se aplican técnicas modernas para el desarrollo, pero éstas están condenadas a fracasar por falta de preparación de los individuos; para evitar esto, entonces se lleva mano de obra calificada, relegándose a la población local a prestar servicios auxiliares

160/ Spengler, J.J. "Population Theory". A survey of contemporary Economics. Vol.II American Economic Association (Irwin Press 1952).

161/ Correa, Héctor. Ob. cit.

162/ Correa, Héctor. Ob. cit.

de baja categoría, derramándose por este concepto, un beneficio mucho menor que se hubiera planeado para tal o cual zona 163/.

Finalmente, el ingreso de una población está determinado por sus aptitudes para el trabajo, pero a su vez éste está determinado por aquellos, cayendo en el círculo vicioso del subdesarrollo tecnológico y económico que hay que romper para poder alcanzar el equilibrio social entre la gente del campo y la ciudad.

163/ Soto Romero, J.A. Ob. cit.

CAPITULO VI

IMPORTANCIA DE LAS ESTRUCTURAS

Desde la aparición del hombre en la tierra, comenzó la explotación de los recursos naturales, en una escala ascendente a medida que aumentaba el número de individuos y las necesidades eran mayores; con el paso del tiempo la creciente población comenzó a demandar ciertos tipos de organización interna, que les permitiera protegerse y alimentarse mejor 164/.

De esta manera comienzan a aparecer las estructuras socioeconómicas, en las que la explotación de recursos naturales guarda un papel preponderante, puesto que es la base para la obtención de materias primas minerales, animales y vegetales, que alimentan al desarrollo económico en sus diversas modalidades 165/.

Las tribus de cazadores y recolectores ejercieron escasa influencia sobre el paisaje, al concretarse a obtener solamente los recursos necesarios, que la naturaleza les ofrecía de primera mano para su sobrevivencia, tomaban los frutos y animales que les eran accesibles, conservándose la ley natural de la supervivencia del más apto 166/.

A medida que la tribu fue creciendo, su movilidad fue tornándose más difícil, apareciendo los primeros asentamientos y con ellos

164/ Organización de las Naciones Unidas (UNESCO). Ob. cit.

165/ Tinbergen, J. Ob. cit.

166/ Organización de las Naciones Unidas (UNESCO). Ob. cit.

la domesticación de especies animales y vegetales, surgiendo la necesidad de contar con pastizales y tierras de cultivo, que determinaron la transformación de los ecosistemas, al roturarse los suelos y quemarse los bosques para aumentar las superficies cubiertas de pastos. En esta etapa comienza a gestarse el desequilibrio ecológico, que más tarde va a acentuarse con el crecimiento de la población y la proliferación de asentamientos humanos, formando ligas, confederaciones y más tarde países y naciones, que requirieron cada vez mayor cantidad de recursos, para satisfacerse y desarrollar su economía, a la vez que aumentaban sus necesidades de intercambio de recursos con otros pueblos que producían lo que unos no tenían.

Surge la necesidad de producir a escala comercial vegetales y animales; cada vez se abren más campos de cultivo y más pastizales; la economía se diversifica, se demanda madera de los bosques para combustibles, para fabricación de habitaciones y transportes, y el bosque retrocede, pues la demanda supera la reproducción; los cambios en los diversos habitats se acentúan y los países se ven obligados a buscar sus materias primas en otros lugares, surgen los viajes a tierras lejanas y con ellos la idea del colonialismo e imperialismo, para asegurarse riquezas que serían arrebatadas a los nativos de aquellas tierras 167/.

La estructura del sistema colonial es feroz en cuanto a explotación de recursos se refiere; los colonizadores hambrientos de riqueza, roturan suelos, queman pastos, talan bosques, exterminan especies y modi-

fican a tal grado los ecosistemas, que muchos de ellos ahora son totalmente diferentes de lo que fueron hace algunos años 168/.

Con la revolución industrial el hombre cuenta con una mayor fuerza de transformación de las materias primas, por lo que aumenta la demanda de éstas. A medida que el hombre alcanza más altos niveles de civilización, su demanda de productos industriales crece y por consiguiente se abren más tierras de cultivo, crecen los pastizales, se sobrexplotan y los fenómenos erosivos se hacen más comunes y frecuentes, provocándose un progresivo desequilibrio en las cuencas hidrológicas, al alterarse el ciclo hidrológico que en ellas tenía lugar, las variaciones climáticas son más frecuentes y de mayor amplitud y las pérdidas económicas por falta o exceso de agua son frecuentes y de graves proporciones 169/.

Hace apenas 20 años que comienza el movimiento conservacionista, cuyo objetivo original fue el dominio de la amenaza de la erosión, pero la idea ha crecido y ahora el objetivo es usar cada hectárea de terreno para el fin a que mejor se adapta. La conservación del suelo aboga también por el tratamiento del suelo en concordancia con sus necesidades de protección y mejoramiento 170/.

El problema principal que ahora afrontamos en el tratamiento de las cuencas es la estructura de tenencia de la tierra, derivada de la estructura política y económica en que se desarrolla el país 171/.

168/ Odum, E.P. Ob. cit.

169/ Buenrostro Hernández, César. Ob. cit.

170/ Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Manual de Conservación de Suelos. Ob. cit.

171/ Soto Romero, J.A. Integración Ob. cit.

Por un lado se presenta el sistema ejidal con parcelas que van de 20 a 0.5 hectáreas y en ocasiones a unos cuantos metros cuadrados, produciéndose el parvifundismo que impide la cabal explotación de los recursos; además los ejidatarios por lo general, no cuentan con capital para realizar los trabajos de conservación y muchos de ellos alquilan su parcela a otras personas; en un sistema como éste ¿qué puede hacer la conservación de suelos? ¿invertir capital?, son interrogantes que deben plantearse antes de organizar programas de manejo de recursos en terrenos ejidales 172/.

Debe organizarse al ejidatario para que pueda realizar las tareas conservacionistas en forma adecuada, para que su pequeña superficie produzca más y mejor; para esto es necesario realizar una labor de promoción y sensibilización muy amplia, a fin de que exista una rápida aceptación por parte de éste y se decida a colaborar en forma masiva en los planes o programas; otro punto que debe considerarse es, que él mismo participe en la elaboración de éstos y que sugiera lo que a él le gustaría obtener de dichos programas 173/.

Esta sería la forma de romper la estructura tecnocrática y centralista que padecemos, en la que las soluciones del campo se dictan desde atrás de un escritorio, sin conocer la dolorosa realidad en la que se desarrollan las gentes dedicadas al cultivo.

De este problema pasamos al del pequeño propietario, que

172/ Soto Romero, J.A. Integración de Ob. cit.

173/ Cruickshank García, Gerardo. Ob. cit.

con notables esfuerzos obtiene rendimientos de regulares a buenos, emplea algo de fertilizantes y un poco de maquinaria, siembra, cultivos redituables, pero no emplea técnicas de conservación y sus suelos poco a poco se van empobreciendo, a pesar de su esfuerzo por producir; generalmente carece de créditos oportunos, tiene que ocurrir al prestamista 174/; una persona así no puede realizar técnicas de conservación, porque siente que el terreno lo va a perder y no vale la pena cuidarlo; el trabajo de manejo de recursos es arduo aquí porque es necesario quebrar esta estructura de cosas y resulta en verdad muy difícil hacerlo.

Finalmente, nos enfrentamos a los grandes terratenientes y latifundistas, que son las clases que más pudieran realizar trabajos de conservación de suelo y agua, porque cuentan con los recursos suficientes de capital y maquinaria, pero no lo hacen porque sólo les interesa obtener los máximos beneficios al menor costo y como la conservación implica erogación de divisas, éstos se resisten a hacerlo, con perjuicio de los suelos, que se van perdiendo por erosión.

Por otra parte, la pobreza de los campesinos que no pueden adquirir energéticos como petróleo u otros, los obliga a obtener la leña de los montes, desforestándolos poco a poco; pero su actividad no es tan devastadora como la quieren hacer aparecer algunas personas involucradas en la tala de los montes, sino más terrible es la acción de los rapamontes, que amparados por permisos de explotación y solapados por las autoridades, dan

174/ Soto Romero, J.A. Integración de Ob. cit.

rienda suelta a su codicia, exterminando hectárea tras hectárea de bosque, sin cuidar su recuperación, poniendo al descubierto el suelo con pendientes fuertes, que al cabo de unos cuantos años se erosiona totalmente, quedando inutilizado para cualquier uso 175/.

La estructura burocrática es también un grave lastre para realizar obras de conservación; estamos empeñados en lograr un desarrollo industrial fenomenal, que no se alcanza, fincado sobre una base falsa, pues si no cuidamos los recursos, ¿con qué materia prima van a trabajar las industrias?, tal vez con las que se puedan obtener durante 5 ó 10 años, antes que las exigencias industriales acaben por exterminar los recursos naturales 176/.

La pesada estructura burocrática, hace que los créditos no lleguen al campo, que los programas se elaboren muy lentamente y que su aplicación se haga fuera de tiempo, asegurándose de esta manera un rotundo fracaso, que va a dejar al campesino peor que como estaba, antes de la aplicación de los "fabulosos" programas de desarrollo que los van a redimir de la miseria.

También la estructura económica, de un capitalismo colonialista muy sui generis, en el que se desarrolla el país, no permite que se atienda a las necesidades de desarrollo del sector primario, porque éste no es rentable a corto plazo 177/ y el campesino que quiere progresar, se tie-

175/ Colman, E.A. Ob. cit.

176/ Organización de las Naciones Unidas (UNESCO). Ob. cit.

177/ Bassols Batalla, Angel. Ob. cit.

ne que enganchar a alguno de los fuertes consorcios de empresas agroindustriales transnacionales, que solo buscan una elevada tasa de rendimiento del capital, sin importarles el suelo y su conservación, pues tarde o temprano tendrán que dejar el país, pero cuando suceda, ya se habrán llevado un enorme caudal de riqueza y habrán dejado empobrecido nuestro máximo patrimonio, que son las tierras productivas 178/.

Es interesante también ver como en los distritos de riego, que son la base de la producción, no hay obras de conservación de suelo y el manejo del agua es tan malo, que es necesario drenar para dar salida al exceso de agua, o en otras ocasiones se drenan tierras a tal grado que es necesario regarlas; este hecho es tan patente que se ha creado el Plan de Mejoramiento Parcelario (PLAMEPA) para tecnificar el riego, después de casi 30 años de política de riego, lo que resulta sumamente tardío, desde el punto de vista del desarrollo integrado de los recursos 179/.

También existen los extensos programa de desmontes en todo el país, para abrir tierras al cultivo y para pastizales, tierras que en general son de suelos tropicales, que con el tiempo decaen, si no se tienen programas de conservación; se desmonta al rape para después solicitar capital para establecer cortinas de árboles rompevientos, y podrá seguirse citando ejemplo tras ejemplo, pero no es el caso.

De esta manera se observa como las estructuras represen-

178/ Soto Romero, J.A. Integración de Ob. cit.

179/ Soro Romero, J.A. Las Obras Hidráulicas Ob. cit.

tan un peso tremendo para todas las personas y organismos que quieren realizar conservación de suelos y agua. Es cierto que se tienen algunos logros, pero a escala muy reducida, en pequeñas áreas de conservación, que son sólo de conservación y no de desarrollo; como se había mencionado con anterioridad, hay que conservar para desarrollar y no conservar para amontonar recursos.

Es por esto que el manejo adecuado de los recursos naturales ha venido a significar, el empleo apropiado de éstos contra todas las formas de agotamiento. Esto incluye rehabilitación del suelo erosionado, conservación de la humedad para el uso de las plantas, provisión de drenaje y riego agrícola adecuado, reconstrucción de la fertilidad del suelo y aumento en los rendimientos e ingresos del campesino, todo en forma simultánea 180/.

Los métodos modernos de manejo de recursos y conservación comprenden el aumento en la productividad del suelo, y aspiran a mejorar el estandar de vida de la población rural hoy, mañana y para la posteridad. Es decir, que los modernos métodos de manejo y conservación combinan el objetivo del bienestar nacional, con la vida también mejor para las gentes que trabajan el campo. Significa en nuestros días, producción eficiente y abundante sobre una base económica sostenida.

No cabe duda que se han hecho algunos progresos en con-

180/ Organización de Las Naciones Unidas. Ob. cit.

servación; sin embargo, no por esto podemos quedarnos cruzados de brazos, pues la tarea es muy grande y el tiempo muy poco para lograr los fines del manejo de recursos naturales de las cuencas que integran el territorio nacional.

Las demandas de la agricultura de hoy son mayores que en cualquier otra época. La necesidad de una producción mayor es inmediata y será continua, o sea que crecerá progresivamente al través de los años. La población del país está creciendo en la proporción de 1.7 millones de personas por año; nuestra esperanza de vida ha alcanzado más de 60 años. Por consiguiente, seremos más en el futuro los que necesitemos alimentación, vestido y vivienda. Así, por ejemplo, según el índice actual de incremento, la población para el año 2,000 será casi tres veces mayor que la de ahora 181/.

No podemos buscar un nuevo terreno para satisfacer las demandas crecientes del futuro, sino que en lugar de ello tenemos que depender del aumento de los rendimientos por hectárea. Por tanto, debemos comenzar hoy a mejorar cada hectárea de nuestra tierra de pastos, de nuestro terreno de bosques y de nuestro terreno cultivado, para asegurar la supervivencia y bienestar de las generaciones futuras y proporcionarles una tierra que, quizá, con nuevas técnicas que diseñe el ingenio del hombre, sea capaz de producir aún más y no legarles una heredad totalmente inútil, que dichas generaciones nos reprocharán con toda justicia.

181/ Merino Sanders, Roberto. Ob. cit.

CAPITULO VII

LAS NECESIDADES

Cuando el hombre apareció sobre la tierra, empezó a cambiar el equilibrio original del ciclo hidrológico; con el asentamiento permanente, el aumento de la población y el advenimiento de una industrialización avanzada, fue que la presión sobre los recursos del ambiente se incrementó y para poder solucionar las siempre crecientes demandas de agua, el ciclo hidrológico se vió afectado más radicalmente 182/.

Sabemos que el agua se necesita en cantidades considerables para el consumo doméstico e industrial, para la eliminación de los desperdicios, para la agricultura, la navegación, la generación de energía hidroeléctrica, para fines tanto recreativos como estéticos y que la mayoría de las actividades dependen considerablemente de la disponibilidad del recurso en el momento oportuno 183/.

En general el mayor uso que se da al agua dulce en las cuencas es para la disolución y transporte de desperdicios de cualquier índole, pero para hacer el mejor uso del agua disponible en el presente, surgen dos clases de problemas: uno de cantidad y otro de calidad 184/.

Cantidad de Agua.

En la actualidad el hombre no puede ejercer una gran influencia en la ecuación del equilibrio de agua; el manejo de la cubierta ve-

182/ Organización de las Naciones Unidas (UNESCO). Ob. cit.

183/ Organización de las Naciones Unidas. Ob. cit.

184/ Buenrostro Hernández, César. Ob. cit.

getal, la iniciación local de precipitaciones mediante el sembrado de nubes, los métodos de cultivo, el drenaje, el almacenamiento en presas, el riego, el bombeo y la recarga de los acuíferos subterráneos en forma deliberada aumentan la disponibilidad momentánea de agua, pero lo que representa un grave problema es saber, cómo calcular y cómo satisfacer las necesidades de agua de una población creciente, tanto para el futuro inmediato como a largo plazo 185/.

El hombre no puede controlar todavía el tiempo y el clima, pero puede intervenir en forma efectiva en el momento en que la superficie terrestre recibe las precipitaciones y sobre todo en la distribución de dichas aguas 186/.

Con el fin de utilizar mejor el potencial hidrológico de las cuencas, es necesario equilibrar el rendimiento de agua del área contra las distintas formas de pérdida y de uso como se ha visto con anterioridad. Una de las formas de estimar el uso consuntivo de la cuenca, es dividir su área en clases de uso de la tierra, encontrar el área total que ocupa cada clase, multiplicar ésta por el factor que representa el uso consuntivo por unidad de área y sumar los productos, agregando a este resultado las estimaciones hechas sobre el consumo humano, industrial y del ganado, cálculo que puede ser realizado con alguna dificultad, pero en la mayoría de los casos se cuenta con datos directos o se pueden obtener extra-

185/ Colman, E.A. ob. cit.

186/ Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Hydrology Ob. cit.

poblaciones, sobre los distintos usos consuntivos del agua, mismos que pueden ser utilizados para determinar las plazas de abastecimiento potencial de agua para el desarrollo integrado en la cuenca 187/.

Al determinar el uso consuntivo de una cuenca es posible planear las instalaciones adecuadas de almacenamiento y distribución, así como el uso del agua y control de la contaminación para hacer frente a las demandas actuales y futuras 188/.

Tomando en consideración lo anterior, todos los embalses, desde los pequeños agujeros formados por un escurrimiento repentino en una corriente efímera, hasta la presa que crea un lago artificial, pueden ser juzgados bajo tres puntos de vista principales 189/.

El primero, es la eficacia del almacenamiento, o sea la cantidad de agua almacenada y que puede utilizarse frente a la que se pierde por infiltración y evaporación.

El segundo, es el costo por unidad de agua almacenada, en relación con su valor para el desarrollo, generación de energía, para riego o para otros usos.

El tercero, es la vida activa del embalse, ya que la sedimentación reduce su capacidad en forma constante y rara vez es costeable su dragado para reponer la capacidad perdida por este concepto.

187/ Comité de Recursos Nacionales de los Estados Unidos de América. Ob. cit.

188/ Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Hydrology Ob. cit.

189/ Organización de las Naciones Unidas. Ob. cit.

En algunas circunstancias puede ser de gran importancia un cuarto punto de vista: los efectos hidrológicos sobre el control de las crecientes y sobre el mantenimiento de un escurrimiento mínimo en tiempo de seca, por lo que se hace necesario que en las partes altas de los sistemas de los grandes ríos, se contruyan muchas pequeñas presas, principalmente para el control de las crecientes, para retrasar los escurrimientos máximos a los distintos afluentes y así prevenir su rápida descarga en el colector principal 190/.

Si se toma en consideración que los requerimientos biológicos humanos y las necesidades animales se calculan en 10 toneladas de agua por tonelada de materia viviente; 250 toneladas de agua para producir una tonelada de papel; 600 toneladas para elaborar una tonelada de fertilizantes de nitrato y 1,000 toneladas evaporadas y transpiradas para regar cosechas que rinden 1 tonelada de azúcar o maíz 191/, el hecho de conocer la cantidad de agua disponible, en una cuenca, es de suma importancia para planear el desarrollo social y económico de la población que en ella crece y se multiplica.

Por otra parte, debe considerarse que si la escasez de agua limita las actividades humanas, tenemos la obligación de cuidar la conservación de este recurso y de procurar un aprovechamiento óptimo, utilizando los métodos más avanzados en la aplicación del agua a los dis-

190/ Organización de las Naciones Unidas. Ob. cit.

191/ Organización de las Naciones Unidas (UNESCO) Ob. cit.

tintos usos, para aumentar su rendimiento.

Calidad del Agua.

El agua frecuentemente es alterada en su pureza, debido a su uso. Esto puede a su vez ocasionar una disminución en su calidad o sea en su potencial anterior. Debe ser tratada entonces para que pueda servir una vez más a un propósito dado 192/. Así, el hombre puede dañar la calidad del agua o restaurarla.

Cabe sin embargo señalar, que la evaluación del aspecto calidad ha merecido comparativamente más atención en el caso de las tierras, que en el de las aguas 193/. Para diversos trabajos relativos a la tenencia de la tierra y para el proyecto de distritos o sistemas de riego, se llevan al cabo estudios detallados de carácter agrológico y en otros casos, en áreas más amplias, estudios de gran visión, con el auxilio de las técnicas más avanzadas. Cuando existen mejores elementos, la evaluación de la calidad de las tierras y su productividad se complementa con investigación en campos agrícolas y laboratorios agrológicos.

Por lo que respecta a la evaluación de la calidad del agua, esta se lleva a cabo principalmente en aquellos puntos de las fuentes de abastecimiento, en los que se capta para fines domésticos o para fines agropecuarios y sólo eventualmente cuando es para otro tipo de uso. Además, en una parte de las redes hidrométricas se lleva al cabo la medición sistemática del acarreo de azolves en suspensión en las corrientes 194/.

192/ James, L.D. y LEE, R.R. Ob. cit.

193/ Merino Sanders, Roberto. Ob. cit.

194/ Horton, R.E. Ob. cit.

Es hasta nuestros días que se registra un despertar de conciencia, originado en el crecimiento acelerado del problema de la contaminación del agua, en el sentido de otorgar la debida importancia al estudio de la calidad del agua y a la prevención y control de su degradación, que en ocasiones la inutiliza totalmente 195/.

El agua, como recurso vital es base de la actividad del hombre y por este motivo, con el crecimiento demográfico y el desarrollo económico de la humanidad, cada vez van siendo mayores los volúmenes de agua que se utilizan y con ello, más cuantiosos y en mayor grado, los volúmenes de agua que se contaminan con desechos industriales y municipales 196/.

La contaminación, también denominada polución cuando reviste caracteres incipientes, consiste en la degradación de la calidad natural, en este caso del agua, y puede clasificarse en biológica, física, química y radioactiva, según las características del contaminante 197/.

En ocasiones, la degradación de la calidad del agua es un efecto local, del cual ese elemento por su efecto autodepurador, logra recuperarse; sin embargo, muchas otras veces se trata de un efecto tan perdurable, que hay que considerarlo como un caso permanente, de contaminación 198/.

195/ Buenrostro Hernández, César. Ob. cit.

196/ Turk-Turk-Wittes. Ob. cit.

197/ Turk-Turk-Wittes. Ob. cit.

198/ Turk-Turk-Wittes. Ob. cit.

Una carga excesiva de materia contaminante satura la capacidad autodepuradora de las aguas y las convierte en ríos, lagos o mares muertos.

El agua acarrea y mezcla los residuos de la actividad humana. Muchos tipos de contaminación del agua son sinérgicos con otros tipos, esto es, dos tipos combinados provocan mayor daño que la suma de los daños que provocarían aisladamente 199/.

Las fuentes de contaminación del agua más importantes son: las aguas residuales provenientes de usos domésticos y municipales, industriales, agrícolas, termoeléctricos, así como por desechos de minas, actividad petrolera, sólidos como basuras y otro tipo de residuos.

La contaminación del agua compromete el aprovechamiento de ésta, aguas abajo del punto en que se produce el fenómeno y daña la flora y la fauna de los ríos y de los mares; en suma, altera el equilibrio ecológico, provocando con frecuencia fenómenos irreversibles que inciden directamente en perjuicio de la colectividad y van ocasionando mayor grado de dificultad al desarrollo.

Las pirámides o cadenas tróficas que sustentan la vida del hombre, muestran que se requiere una tonelada de alimento primario para lograr un incremento de un kilogramo de peso en el ser humano 200/. La flora y la fauna alimenticias son afectadas directamente en cantidad y ca-

199/ Turk-Turk-Wittes. Ob. cit.

200/ Turk-Turk-Wittes. Ob. cit.

lidad por la contaminación de las aguas; determinados contaminantes destruyen los alimentos de los que el hombre requiere para su supervivencia y en otros casos, sin llegar a destruirlos, los afecta en su calidad con sustancias tóxicas, que al ser ingeridas por el hombre, muchas veces sin posibilidades de ser eliminadas, se van acumulando con el consiguiente daño a la salud 201/.

Dentro de la misma pirámide alimenticia se ha registrado el efecto acumulativo de ciertas sustancias tóxicas o dañinas, que al pasar de especie a especie van aumentando su concentración por unidad de peso. Así mismo, se han encontrado en el plancton, ubicado en áreas en las que existe derrama de petróleo, elementos carcinógenos y cuyos efectos en los organismos que se abastecen de ese alimento primario, habrá que estudiar a fondo 202/.

El DDT que acarrear las aguas, procede principalmente de la aplicación de pesticidas en áreas dedicadas a la ganadería y en algunos países ya prohíben o restringen el uso del mismo. Tal es el caso de Suiza, Australia y partes de Estados Unidos de América 203/.

La contaminación de las aguas favorece la proliferación de enfermedades como el cólera, la fiebre tifoidea y otras igualmente graves, incluyendo trastornos mentales cuando tienen determinadas sustancias tóxicas como el mercurio 204/.

201/ Organización de las Naciones Unidas (UNESCO). Ob. cit.

202/ Organización de las Naciones Unidas (UNESCO). Ob. cit.

203/ Comité de Recursos Nacionales de los Estados Unidos de América.
Ob. cit.

204/ Turk-Turk-Wittes. Ob. cit.

Otros problemas que provoca son los del crecimiento desmedido del lirio acuático o algas, cuando contiene demasiados nutrientes químicos, tales como nitratos de los desechos domésticos y fosfatos de los detergentes, ocasionando la pérdida de agua por evapotranspiración, inhibición de los procesos de fotosíntesis y de reaeración, necesarios para la autodepuración de las aguas, dificultando la operación de los canales de los sistemas de riego, como es el caso que se presenta en muy distintas partes de nuestro país 205/.

El fenómeno de eutroficación, consistente en el envejecimiento de un depósito de aguas, se origina en la fuerte concentración de nutrientes que causan el crecimiento desmedido de microorganismos, que si bien es cierto que producen oxígeno necesario para la depuración, cuando se llega a un determinado límite, no alcanzan a compensar el oxígeno requerido para su descomposición cuando mueren. La eutroficación es propiciada por las aguas negras, las aguas de lluvia que lavan un campo agrícola fertilizado o las aguas residuales de una fábrica de pulpa y papel, etc. 206/.

Sobre la contaminación radioactiva es necesario investigar profundamente, para determinar hasta qué límites, más allá de los dramáticamente ya conocidos, afecta a la humanidad. Determinar la forma en que influye al incorporarse en la cadena alimentaria, su ingestión y los efectos por las dosis que el hombre recibe.

205/ Organización de las Naciones Unidas (FAO). Handbook of utilization of aquatic plants. A compilation of the world's publications. Roma, (1968).

206/ Odum, E. P. Ob. cit.

Las pruebas del mal uso que el hombre ha hecho de su medio, pueden medirse por la erosión de los suelos y por la contaminación del agua. La anterior abundancia de tierras y agua, respectivamente, ha alentado su despilfarro. El vaciado de aguas negras en los ríos para diluirla en concentrados inofensivos y para transportarlos hasta el mar, fue aceptable cuando la población era reducida, pero hoy día, la contaminación por desperdicios industriales, por pesticidas e insecticidas adquiere proporciones alarmantes, que amenazan la vida de cientos de especies animales y vegetales, y aún la supervivencia del hombre mismo.

CAPITULO VIII

PLANEACION

El país está ahora pendiente del agua como no lo había estado nunca antes. Cada día se dedica más atención a nuestra provisión de agua, habida cuenta que el agua es el factor limitante en el desarrollo de ciudades, industrias, y agricultura; así como, el agua es la clave para nuestro futuro progreso. La cantidad y calidad del agua que nosotros tengamos depende del modo como la manejemos, conservemos, utilicemos y controlemos.

Cada gota de agua retenida en el área donde cae es sustraída a una posible inundación y agregada a nuestra provisión de agua útil 207/.

Cuando el hombre se enfrenta con el problema de la utilización de los recursos hidrológicos, debe planear su acción en función de una estrategia global, que aproveche al máximo el agua disponible, para poder satisfacer los requerimientos a corto, mediano y largo plazo 208/.

Tal planeación presupone primeramente, una estimación de los recursos acuáticos y necesidades de agua para el desarrollo; seguida por una confrontación de ellas a la luz de los prospectos futuros. Implica, en segundo término, establecer prioridades y coordinar los diferentes usos que se van a hacer del agua. Por último se necesita la selección de uni-

207/ Colman, E.A. Ob. cit.

208/ Organización de Las Naciones Unidas. Ob. cit.

dades de planeación, siendo generalmente la unidad más apropiada, el área de captación o cuenca, porque en esta área es en donde hay ventajas múltiples que pueden ser aprovechadas más fácilmente y los conflictos que surgieran de su utilización, pueden ser solucionados y pueden establecerse los mejores esfuerzos de coordinación 209/.

También presupone un análisis económico de los problemas involucrados y sus posibles soluciones 210/, tomando en consideración que cada cuenca está compuesta de un número determinado de comunidades individuales y cada una de estas comunidades tiene sus propios ingredientes físicos, económicos y sociales, como son el clima, el suelo, el agua, la vegetación, la geomorfología, el uso del suelo para cultivo, pastoreo, obtención de madera, recreo y para animales salvajes, incluyendo la condición del terreno de la cuenca con respecto a la erosión y agotamiento contra fertilidad y productividad del suelo. Y caso más importante, la cuenca incluye a las gentes con sus intereses comunales.

La manera como cualquiera de los recursos de una cuenca es usado o manejado, afecta generalmente a varios de los otros, un programa o planes de conservación de la cuenca de captación, deben tener en cuenta cada punto del terreno y también las plantas y animales que viven en él. Tal plan debe considerar cada riachuelo, estanque o corriente, así como cada estructura hecha por el hombre, y en general toda actividad

209/ Organización de las Naciones Unidas. Ob. cit.

210/ James, L.D. y LEE, R.R. Ob. cit.

realizada en el ámbito de la cuenca 211/.

Esto indica que debe lograrse el uso sistemático y racional del agua desde la cabecera de cada cuenca hasta su salida al mar.

Nos damos cuenta que existe una estrecha relación entre agua, suelo y bienestar económico, pero no hemos combinado nuestro planeamiento para su desarrollo, conservación y uso.

En un programa de protección de la cuenca debe incluirse al ejidatario, pequeño propietario, a la comunidad y en general a la gente que vive aguas abajo de las corrientes para sensibilizarla en el adecuado uso del agua, control de la contaminación y manejo de la cuenca, en sentido integral, en un complejo de recursos naturales-economía-sociedad-desarrollo, puesto que en la cuenca los impactos del desarrollo recaen sobre los recursos naturales así como en los hombres, por lo que es necesario analizar dichos impactos estableciendo un sistema distributivo de impactos sobre el medio ambiente 212/.

Para el éxito de la acción son necesarios planes seguros. El primer paso en un programa de manejo de cuencas hidrológicas, es la preparación de un plan en el cual deben mostrarse las clases, cantidades, costos y localización de todas las medidas necesarias para el suelo y el agua, encaminadas a proteger los recursos y favorecer el desarrollo.

Las medidas para la protección de la cuenca hidrográfica

211/ Soto Romero, J.A. Integración Ob. cit.

212/ Organización de las Naciones Unidas (UNESCO). Ob. cit.

pueden ser clasificadas por su propósito en 213/:

a) Medidas de uso y tratamiento del suelo. Efectivas en el aumento de la infiltración y la capacidad de retención del agua en el suelo y control de la erosión.

b) Medidas de control del escurrimiento, manejo del agua en y fuera de los campos, de naturaleza pública.

El pronóstico de los efectos hidrológicos por el empleo de estas técnicas es aún incierto, por lo que se hacen necesarios planes piloto, para establecer los detalles de dichos cambios en el régimen de las aguas 214/.

En un país en vías de desarrollo como el nuestro, todavía queda algo de tiempo y espacio para llevar al cabo tales estudios directos de los efectos hidrológicos y de propuestas modificaciones por uso de medidas de protección. Así que, decisiones de gran importancia que van a afectar la prosperidad de comunidades completas por muchas generaciones, podrán basarse en hechos, más que en opiniones.

El aspecto dual calidad-cantidad de estos problemas, no debe pasarse por alto, de hecho en algunas cuencas del país no hay escasez de agua, sino de agua que reúna la calidad requerida para satisfacer las necesidades, particularmente las necesidades vitales. Por lo tanto debe prestarse gran atención a las modificaciones en la calidad de las

213/ Comité de Recursos Nacionales de los Estados Unidos de América. Ob. cit.

214/ Fogel, Martín M. Duckstein, Lucien; Kisiel, Chester C. Ob. cit.

aguas durante el ciclo hidrológico. Es bien sabido que una gota de agua puede ser utilizada muchas veces antes de que llegue al mar o se evapore.

El primer requerimiento de cualquier forma de desarrollo de los recursos del agua, es contar con registros hidrológicos 215/; los datos de distribución, cantidad e intensidad de las precipitaciones; la cantidad y calidad del caudal y del almacenaje de los arroyos, ríos, lagos y presas; la cantidad, calidad y regímenes de recarga de las aguas subterráneas; los índices de evaporación y transpiración y las características físicas de las cuencas (topografía, geología, geomorfología, suelos y vegetación) son necesarios para el progreso de todas las comunidades y en las etapas iniciales del desarrollo acelerado 216/.

La base económica para el desarrollo de los recursos hidrológicos y ecológicos en zonas susceptibles de aprovechamiento agrícola, prático y forestal, estará sujeta a los requerimientos de recepción y control de agua y al difícil aspecto de la planeación, por la naturaleza ampliamente variable del abastecimiento tanto estacional como de año en año 217/.

Esto hace necesario contar con canales de drenaje y estructuras de control de agua, con capacidad para recibir los escurrimientos

215/ Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Hydrology for Ob. cit.

216/ James, L.D. y LEE, R.R. Ob. cit.

217/ James, L.D. y LEE, R.R. Ob. cit.

máximos esperados y así evitar inundaciones destructivas. Los almacenamientos deberán ser también mayores a las necesidades medias de la comunidad en previsión a las sequías más severas que se esperen. Todas estas inversiones dependen claramente para su diseño eficaz, de lo preciso de los registros hidrológicos recolectados durante años anteriores a su construcción, por lo que el establecimiento y mantenimiento de redes hidrográficas para obtener mediciones, debe tener gran prioridad en los países en desarrollo 218/.

La recolección y la interpretación de tales registros necesitan de equipos y especialistas, no sólo en hidrología sino también en agricultura, pesca, sanidad ambiental, geografía y en otras disciplinas involucradas directamente en estos problemas. La naturaleza multidisciplinaria de la investigación y el desarrollo de los recursos hidráulicos, crean dificultades especiales, debido a la actual escasez de técnicos y científicos especializados, por lo que el financiamiento público para la construcción de centros de investigación y entrenamiento, es esencial para mantener las instalaciones actuales, así como es necesario para el progreso futuro 219/.

La investigación de los recursos hidrológicos se enfoca mejor en problemas prácticos y es esencial que los estudios de cuencas hidrológicas no se den únicamente a ingenieros y meteorólogos. Aún cuando

218/ Organización de las Naciones Unidas. Ob. cit.

219/ Organización de las Naciones Unidas (UNESCO). Ob. cit.

es necesario establecer redes hidrológicas y meteorológicas para medir el comportamiento actual de las cuencas, el uso del suelo es un aspecto crítico del comportamiento de los ríos, especialistas agrícolas, silvícolas, y administradores deben evaluar la posibilidad de futuras modificaciones y donde éstas impliquen cambios importantes al uso del suelo, deben iniciarse sin demora, estudios piloto sobre cuencas experimentales para obtener pruebas y resultados cuantitativos 220/.

Estas consideraciones, revelan hasta qué grado el uso racional del agua exige un enfoque integral de los problemas y una acción multidisciplinaria. Todos los proyectos de investigación importantes necesitan del financiamiento y apoyo administrativo y político de las legislaturas.

En un plano general el uso racional del agua exige intervención multilateral, ya que los aspectos económicos sociales y políticos no deben estar disociados de los aspectos técnicos 221/.

También es de lamentarse que el interés de la población en los problemas del agua, sólo se despierte con inundaciones o sequías excepcionales que pueden ser de desastrosas consecuencias y que las soluciones aplicadas durante una emergencia estén lejos de ser satisfactorias.

Por lo tanto, la población y el gobierno deben estar con-

220/ Soto Romero, J.A. Las Obras Hidráulicas Ob. cit.
221/ Soto Romero, J.A. Las Obras Hidráulicas Ob. cit.

cientes de los problemas del agua y que este último, en forma directa, por medio de la información pública, forme conciencia de las necesidades de agua de la comunidad, mediante una presentación enérgica de sus problemas hidrológicos.

Es probable que la desalinización se convierta en la solución aceptada para las grandes conurbaciones y posiblemente para zonas especialmente desarrolladas en riego de alta productividad, pero a pesar de estos nuevos abastecimientos, las fuentes locales de agua deben seguir siendo principal recurso del hombre, en el futuro predecible 222/.

Es por esto que la condición del hombre, después de dos o tres décadas de incremento de la población, dependerá en gran medida de los recursos de agua y del éxito de los programas de desarrollo, de la investigación, del entrenamiento de personal y de la educación del público, respecto al uso y conservación de este recurso vital.

222/ James, L.D. y LEE, R.R. Ob. cit.

CAPITULO IX

LA LEGISLACION

Los recursos hidráulicos del país requerían de una nueva legislación, que regulara el aprovechamiento del agua para asegurar un desarrollo económico y social más justo, puesto que la misma Reforma Agraria, para ser integral, requiere de una moderna legislación de aguas, normada sobre el mismo principio rector de la distribución equitativa de la riqueza.

El Artículo 27 Constitucional, dispone que: "Corresponde a la Nación la propiedad originaria de las aguas y de las tierras comprendidas dentro de los límites del Territorio Nacional y que tendrá en todo tiempo, el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público" 223/.

Así, el Gobierno de la República, conciente de que al concepto del racional aprovechamiento de los recursos le es inherente el factor calidad de los mismos, para asegurar que no se altere el equilibrio ecológico, ha promulgado la Nueva Ley Federal de Aguas y la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, en beneficio del bienestar general, concepto dentro del que queda incluido el muypreciado, de la salubridad general.

La Ley establece la prohibición de "arrojar en las redes co-

223/ Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. IEPES, México, 1970.

lectoras, ríos, cuencas, cauces, vasos y demás depósitos de aguas o infiltrar en terrenos, aguas residuales, que contengan contaminantes, materias radioactivas, o cualquiera otra sustancia dañina a la salud de las personas, a la flora o a la fauna, o los bienes". Y faculta a la Secretaría de Recursos Hidráulicos para que, en coordinación con la de Salubridad y Asistencia, dicte "las medidas para el uso o el aprovechamiento de las aguas residuales" y fije "las condiciones que éstas deben cumplir para ser arrojadas en las redes colectoras, cuencas, cauces, vasos y demás depósitos y corrientes de agua, así como para infiltrarlas en los terrenos" (Artículo 14) 224/.

Asimismo señala "Las aguas residuales deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir: a) La contaminación de los cuerpos receptores, b) Interferencias en los procesos de depuración de las aguas, y c) Modificaciones, trastornos, interferencias o alteraciones en los aprovechamientos, en el funcionamiento adecuado de los sistemas y en la capacidad hidráulica de las cuencas, cauces, vasos y demás depósitos de propiedad nacional, así como de los sistemas de alcantarillado" (Artículo 15) 225/.

La Ley Federal de Aguas en su Artículo 17 Fracción V, señala lo siguiente:

"Administrar, controlar y reglamentar el aprovechamiento

224/ Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación. SRH, 1975.

225/ Ley Federal Ob. cit.

de las cuencas hidrográficas, cauces, vasos, manantiales y aguas de propiedad nacional, así como las zonas federales correspondientes, en coordinación con las Secretarías de Agricultura y Ganadería y de Industria y Comercio, cuando así proceda, excepto los que sean de la competencia de la Secretaría de Marina" 226/.

El mismo Artículo en la Fracción VII, asienta:

"Tomar a su cargo la conservación de las corrientes, lagos, esteros y lagunas; la protección de las cuencas alimentadoras y las obras de corrección torrencial ejecutando los trabajos correspondientes con la cooperación, en su caso, de las Secretarías de Marina, de Agricultura y Ganadería y de los Departamentos de Asuntos Agrarios y Colonización y del Distrito Federal" 227/.

Y en su Fracción XXII dice:

"Suspender todas aquellas obras que dañen los recursos hidráulicos nacionales, y en coordinación con las Secretarías de Agricultura y Ganadería y de Industria y Comercio, según proceda, las que degraden el equilibrio ecológico de una región" 228/.

El Artículo 27 de la citada Ley establece que:

Para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas de propiedad nacional que incluyen las del subsuelo, la Secretaría deberá observar el siguiente orden de prelación.

226/ Ley Federal de Aguas, SRH, 1975.

227/ Ley Federal de Aguas. Ob. cit.

228/ Ley Federal de Aguas. Ob. cit.

- I. Usos domésticos;
- II. Servicios públicos urbanos;
- III. Abrevaderos de ganado;
- IV. Riego de terrenos;
 - a) Ejidales y comunales.
 - b) De propiedad privada.
- V. Industrias.
 - a) Generación de energía eléctrica para servicio público.
- VI. Acuacultura.
- VII. Generación de energía eléctrica para servicio privado.
- VIII. Lavado y entarquinamiento de terrenos; y
- IX. Otros.

El Ejecutivo Federal podrá alterar este orden, cuando lo exija el interés público, salvo el de los usos domésticos, que siempre tendrán preferencia 229/.

En lo que concierne al empleo del recurso en la generación de energía eléctrica para la prestación de servicios públicos la iniciativa establece en el Artículo 102, que los aprovechamiento que realice la C.F.E. deberán armonizarse con los demás usos del agua para obtener un rendimiento planificado 230/.

229/ Ley Federal de Aguas. Ob. cit.

230/ Ley Federal de Aguas. Ob. cit.

Se regula el cuidado y conservación del agua, con objeto de lograr una máxima economía en su aprovechamiento disponiéndose el estudio y planeación de los recursos hidráulicos, para que a los usuarios se les asignen los volúmenes suficientes a sus necesidades, sin que toleren despilfarros; y la vigilancia en su uso y distribución para preservar las reservas acuíferas.

Son imperativos que el país exige para acelerar su desarrollo económico y social, conocer con mayor exactitud todos los recursos hidráulicos tanto superficiales como subterráneos, de que se dispone en el territorio, en función de los ciclos climáticos; controlar eficazmente las demandas actuales de agua, en razón de sus diferentes fines, y prevenir las futuras; regular y jerarquizar su uso, y establecer las bases para mejorar su aprovechamiento y explotación.

En tal virtud, la planeación integral del aprovechamiento de estos recursos es de carácter nacional y solamente tiene sentido si se efectúa técnica y jurídicamente, así en ésta iniciativa se reitera que la SRH (ahora SARH), es la dependencia administrativa facultada legalmente para regular y controlar la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas propiedad de la nación, ya sea que se realicen por otras dependencias, organismos descentralizados, empresas de participación estatal y de más instituciones paraestatales, gobiernos de los Estados, Ayuntamiento, y por ejidos, comunidades y particulares.

Así mismo otro documento de trascendental importancia pa-

ra el desarrollo del País, es la iniciativa de Ley General de Asentamientos Humanos "que tiene por objeto establecer la adecuada concurrencia de las Entidades Federativas, de los Municipios y de la Federación en dicha materia; fijar las normas básicas que regulen la función pública relativa a la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de centros urbanos de población; y definir los principios conforme a los cuales el Estado deberá ejercer sus atribuciones para determinar las provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques" 231/.

También se asienta que "sólo mediante planes elaborados y ejecutados por la Federación, los Gobiernos de las Entidades Federativas y los Ayuntamientos, de acuerdo con sus respectivas competencias y con una perspectiva semejante, podrá lograrse la ordenación de los centros urbanos de población, así como aprovechar al máximo los recursos de que dispone el país" 232/.

"A efecto de fundar, conservar y mejorar y dar cauce al crecimiento de los centros de población y al propósito Constitucional de regular el aprovechamiento de todos los recursos por la comunidad, con un sentido de beneficio social, a fin de lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de sus habitantes 233/.

231/ Echeverría Alvarez, Luis. Iniciativa de Ley General de Asentamientos Humanos. Presentada al H. Congreso de la Unión. México, 1976.

232/ Echeverría Alvarez, Luis. Ob. cit.

233/ Echeverría Alvarez, Luis. Ob. cit.

"La ordenación y regulación de los asentamientos humanos tiende a lograr entre otros propósitos el desarrollo equilibrado del país armonizando la interrelación de la ciudad y el campo, al integrar la atención de los centros urbanos en un desarrollo regional que rompa con anacrónicos desequilibrios que dan base a un neocolonialismo interno; por ello, también debe encaminarse a fomentar una adecuada vinculación socioeconómica de las ciudades en concordancia con un sistema nacional" 234/.

Se plantea "asimismo, la adopción sobre bases comunes de política a nivel nacional, local y municipal orientadas a promover una participación creciente de las comunidades y los individuos en la elaboración y ejecución de programas para el mejoramiento de sus asentamientos, constituye la fórmula más adecuada para solucionar el problema urbano de manera integral" 235/.

"En este orden de ideas, en el proyecto se establece que la Federación, las Entidades Federativas y los Municipios, en el ámbito de su jurisdicción, deberán hacer que las tierras, aguas y bosques sean utilizados conforme a la función que se les haya destinado, así como elaborar y aplicar los planes de desarrollo urbano" 236/.

La iniciativa en cuestión, considera que " una correcta planeación urbana requiere adecuarse a las bases generales de la planeación económica y social. Por este motivo, se impone al

234/ Echeverría Alvarez, Luis. Ob. cit.

235/ Echeverría Alvarez, Luis. Ob. cit.

236/ Echeverría Alvarez, Luis. Ob. cit.

Sector Público Federal la obligación de elaborar, en el ámbito de su competencia los planes y programas que respondan a las necesidades de desarrollo de los asentamientos humanos los que deberán estar de acuerdo con las bases y objetivos de la población económica y social, y realizarse de manera conjunta por las diversas dependencias del sector" 237/.

Más adelante considera que "el problema actual y futuro de los asentamientos requiere la adopción de una nueva ética de poblamiento y un cambio en las actitudes fundamentales frente al crecimiento de las ciudades. En esencia, es urgente adoptar medidas que reduzcan la brecha de servicios y oportunidades existentes entre el campo y las ciudades, y que aseguren la adecuada preservación y aprovechamiento de las tierras, aguas y bosques para los usos de beneficio social, que demanda el interés colectivo" 238/.

"La tierra y el agua son recursos esenciales tanto de los asentamientos humanos urbanos como de los rurales. Esta realidad ha hecho impostergable la necesidad de considerarlos como recursos sujetos en su uso y destino, al control público. La regulación y control público de ellos, no constituye un fin en si mismo, sino el medio fundamental que permite una eficaz aplicación de las políticas de asentamientos humanos con claros objetivos de reforma social y económica" 239/.

Resalta el hecho de que "Vigorizar en su contenido y pro-

237/ Echeverría Alvarez, Luis. Ob. cit.

238/ Echeverría Alvarez, Luis. Ob. cit.

239/ Echeverría Alvarez, Luis. Ob. cit.

yecciones el sentido de la función social que deben tener nuestros recursos naturales, representa fortalecer el espíritu y alcances de un nuevo derecho social" 240/.

Indudablemente contamos con la legislación necesaria para llevar adelante la planeación integrada del desarrollo social y económico del país, en la que el manejo de cuencas puede representar el eslabón o la solución de continuidad entre los planes y su cabal ejecución, dentro de la realidad nacional en la que desempeñamos nuestras funciones sociales, culturales y productivas.

CAPITULO X

EL MANEJO DE CUENCAS EN MEXICO

Prácticamente el manejo de cuencas en México, realizado como una acción de desarrollo integral fundamentada en una planeación global a corto, mediano y largo plazo, congruente con las necesidades de progreso económico y social del país, no existe. Sin embargo, desde 1947 se han venido realizando acciones tendientes a lograr este tipo de desarrollo con la creación de la Comisión del Papaloapan durante la gestión del presidente Miguel Alemán, organismo que tiene "las más amplias facultades para la planeación, proyecto y construcción de todas las obras de defensa en los ríos, las de aprovechamiento en riego, desarrollo de energía y las de ingeniería sanitaria, las de vías de comunicación comprendiendo vías de navegación, puertos carreteras, ferrocarriles, telégrafos, teléfonos y las relativas a creación y ampliación de centros de población y tiene también amplias facultades para dictar todas las medidas y disposiciones en materias industrial, agrícola y de colonización en cuanto todo lo anterior se refiera al desarrollo integral de la cuenca del Papaloapan". 241/

Han sido numerosas las obras realizadas por la Comisión, sin embargo por lo extenso de la cuenca 45,000 km², con un escurrimiento

241/ DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION. jueves 24 de abril de 1947
T. CLXI N° . 47

promedio anual de 25,000 millones de metros cúbicos, estas acciones han resultado aisladas o muy concentradas, por lo que el efecto integrador no se ha alcanzado y se dista mucho de ello todavía.

Cuatro años más tarde, en 1951, el presidente Miguel Alemán crea cuatro Comisiones más: el 19 de julio pone en marcha la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, que abarca el Distrito Federal y parte de los Estados de México e Hidalgo, en donde radica una parte importante de la población mexicana y donde se asienta la capital de la República.

Sus objetivos fueron, entre otros, la determinación de los recursos hidráulicos de la Cuenca del Valle, considerando los caudales que pudieran traerse de otras cuencas o los que pudieran conducirse fuera de ella; la planeación general y coordinada de las obras requeridas para la conservación de los recursos hidráulicos, a fin de guardar en todo lo posible el equilibrio hidrológico; planeación general de las obras de defensa requeridas para el control de avenidas en las corrientes que lo necesiten.

A pesar de las obras realizadas y debido al explosivo crecimiento de la Ciudad de México y de la zona metropolitana, se dista mucho de haber realizado tales objetivos, más bien se han creado problemas graves en cuencas vecinas por la extracción y conducción de aguas al Valle de México como es el caso de Lerma y en un futuro lo será el de Cutzamala.

En agosto y siguiendo el mismo tenor de la Comisión del Papaloapan, fueron creadas, el día 21 la Comisión del Río Fuerte cuya cuenca abarca 35,000 km² de ricas zonas de los estados de Sinaloa, Chihuahua, Sonora y Durango; el día 29 y después de 16 años de creada la Comisión de Estudios del Grijalva, se decreta la creación de la Comisión del Río Grijalva, que cubre una extensión de 49,900 km², abarcando zonas con gran riqueza potencial de los estados de Tabasco, Chiapas y Oaxaca.

Al igual que los Decretos que crean la Comisión del Papaloapan y las dos anteriores, la situación de desarrollo desarticulado vuelve a repetirse, insisto debido a la enorme extensión cubierta y a la falta de recursos financieros y humanos, y de una visión integral aplicada sobre planes a mediano y largo plazo.

En diciembre se crea la Comisión del Río Tepalcatepec, que estuvo operando durante casi nueve años y que en 1960, el 11 de noviembre, por Decreto del presidente Adolfo López Mateos fue absorbida por la nueva Comisión del Río Balsas, creada para el desarrollo integral de la cuenca, con un área de acción que comprendía parte del Distrito Federal y de los estados de Michoacán, Guerrero, Jalisco, México, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca y la totalidad del Estado de Morelos, cubriendo una superficie de 113,000 km². Esta Comisión por Decreto del presidente López Portillo, en enero de 1977 entró en liquidación por considerarse que no había cumplido satisfactoriamente los objetivos para los que fue creada.

El presidente Luis Echeverría Álvarez, el 18 de agosto de 1972, decretó la creación de la Comisión de Aguas del Valle de México, como resultado de las actividades realizadas por la Comisión Hidrológica del de la Cuenca del Valle de México y por la necesidad de realizar los programas con eficacia y rapidez, contar con la unidad de acción necesaria en lo técnico y en lo administrativo, para obtener la coordinación de esfuerzos y actividades a fin de que las obras y las inversiones produjeran los máximos beneficios. La nueva Comisión de Aguas sustituye a la Comisión Hidrológica.

Por otra parte, en febrero de 1971, dentro de la extinta Secretaría de Recursos Hidráulicos, se creó la Subsecretaría de Planeación y dentro de ella algunas Direcciones Generales como la de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación, que tenía como funciones la de levantar un inventario nacional de los usos del agua, controlar la contaminación del agua y realizar el manejo de las cuencas del país, creándose, para dar cumplimiento a esta última función, la Dirección de Manejo de Cuencas.

La Dirección de Manejo de Cuencas, distó mucho de lograr el propósito con el que fue creada, desviando sus objetivos hacia una labor netamente de promoción social, para enseñar al campesino obras de conservación de suelo y agua, llevándose al cabo algunas acciones en ejidos de Hidalgo, Nuevo León y Guanajuato; por tal motivo y con fundamento en la Nueva Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, de-

cretada por el Lic. José López Portillo el 29 de diciembre de 1976, ésta Dirección pasó a formar parte de la Dirección General de Conservación de Suelo y Agua, perdiéndose de este modo, una vez más otro instrumento de desarrollo integral.

A través de esta breve reseña, se puede observar cual ha sido la evolución histórica del interés por conseguir el desarrollo integral por cuencas o manejo de cuencas, también es posible vislumbrar las posibles fallas fundamentales en la concepción de las Comisiones, que entre otras sería la enorme extensión de las cuencas, la carencia del equipo humano especializado en planeación y administración integral a corto, mediano y largo plazos, y la falta de recursos económicos, debido a que el centro del país y en especial del Distrito Federal, absorben el grueso del presupuesto federal; también es innegable que se han logrado algunos resultados pero estos han sido parciales y muchas veces desarticulados.

A continuación se presenta un cuadro con los principales datos de las Comisiones Ejecutivas, de la ahora Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

COMISIONES EJECUTIVAS PARA EL DESARROLLO INTEGRAL DE CUENCAS. SEGUN
DECRETOS PRESIDENCIALES PUBLICADOS EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION

NOMBRE	FECHA CREACION	PRESIDENTE	EXTENSION km ²	OBSERVACIONES
Comisión del Río Papa- loapan	24-IV-47	M. Alemán V.	45,000	
Comisión Hidrológica del Valle de México	19-VI-51	M. Alemán V.	-	
Comisión del Río Fuer- te	21-VIII-51	M. Alemán V.	35,000	
Comisión del Río Gri- jalva	29-VIII-51	M. Alemán V.	49,500	
Comisión del Río Te- palcatepec	19-XII-51	M. Alemán V.	21,000	
Comisión del Río Bal- sas	11-XI-60	A. López M.	113,000	Absorbe a la Comi- sión del Río Tepal- catepec. En 1977 entra en liquidación.
Comisión de Aguas del Valle de México	18-VIII-72	L. Echeverría A.	-	Substituye a la an- tigua Comisión del Valle de México.

CAPITULO XI

UNA METODOLOGIA

Dado que a lo largo del texto del presente trabajo, se han expuesto los factores y aspectos que deben considerarse con fines de planeación, para el manejo de cuencas, a continuación se esboza una metodología para estudio de una cuenca, destacandose una vez más que esta tarea no corresponde a un especialista sino a un grupo interdisciplinario, en el que al geógrafo, por visión general y capacidad de síntesis, corresponde el papel de coordinador.

En el año de 1976, el autor coordinando a un grupo compuesto de cuatro geógrafos, dos biólogos, un economista, un ingeniero civil, un ingeniero agrónomo, un especialista en hidrología y un especialista en sistemas de computación, realizaron un proyecto para establecer una cuenca piloto en el área de captación de la presa El Marqués, situada en el municipio de Chapantongo, Hgo., el informe final constó de una memoria técnica de 350 páginas y un atlas con 30 cartas, creo que ha sido una magnífica experiencia en cuanto a método de análisis para la planeación, por lo que se hará una descripción del estudio en forma muy suscita, citando sus aspectos más relevantes.

El proyecto presa "El Marqués", tuvo por objeto establecer la metodología básica que debe seguirse para el análisis de los facto-

res físicos, sociales y económicos que integran una cuenca, con fines de manejo de ésta para proteger e incrementar los recursos bióticos que son puestos en juego durante el proceso de desarrollo.

También fue objetivo esencial del proyecto el lograr la implementación de una "cuenca piloto", en la que se pudieran experimentar, medir y registrar los efectos del manejo de cuencas en el mejoramiento de las condiciones hidrológicas, ambientales y de desarrollo socioeconómico, estableciendo un modelo de donde fuera posible obtener experiencias y parámetros que permitieran extrapolar los resultados a otras cuencas con condiciones similares a la piloto y que en general, cubren aproximadamente un 40% de la superficie del país.

La cuenca de la presa "El Marqués" se encuentra ubicada entre los 20°10'00" Lat. N y 20°17'30" Lat. N, y entre los 99°30'00" W.G. y 99°37'30" W.G.; comprende porciones de los municipios de Nopala y Chantongo del Estado de Hidalgo; pertenece a la cuenca general del Río Afajayucan, afluente del Río Pánuco, en la Región Hidrológica N° 28; cubre una superficie cercana a las 7,000 ha y tiene una población total de 3,300 habitantes aproximadamente. La presa data de principios de siglo y tiene una capacidad estimada de 1.500,000 m³, debido a que no se tiene datos del proyecto.

Dentro del plan general delineado para integrar los diversos estudios especiales de la cuenca, se comprendieron análisis detalla-

dos de las variables meteorológicas que caracterizan el clima de la cuenca; tales como temperatura, precipitación, heladas, evapotranspiración, etc., empleándose los sistemas de clasificación de Thornthwaite y Koeppen para determinar los tipos de clima.

Se estudiaron los suelos para su clasificación taxonómica dentro del sistema FAO/UNESCO y en capacidades agrológicas en ocho clases, de acuerdo a las normas establecidas por el Departamento de Agricultura de Los Estados Unidos de América, con el fin de apoyar solidamente los programas de uso y conservación del suelo y el agua, base fundamental para ordenar territorialmente las actividades productivas de la población.

Los aspectos geológicos, principalmente los que se refieren a la litología superficial y estratigrafía fueron tratados con mayor profundidad, por que intervienen decisivamente en la distribución superficial y subterránea del agua, es decir, tienen mayor impacto en el ciclo hidrológico de la cuenca.

Ligada a los temas antes citados, en el capítulo referente a la geomorfología, se adentró en el problema de la erosión, los mecanismos que la generan y las formas que produce, estos temas son tratados con cierto detalle que permite visualizar el problema total de la erosión y diseñar las técnicas adecuadas de control para proteger el suelo y conservar la humedad en el terreno, delimitándose áreas cuya vocación de uso está ligado a estos factores.

Se considera que la vegetación, juega un importante papel en el plan de manejo de cuencas, debido a la influencia que ejerce en el microclima y en el ciclo hidrológico por intercepción, infiltración y evapotranspiración; al efecto, se estudió el mosaico vegetativo delimitando las diferentes asociaciones vegetales, incluyendo áreas de cultivo; se seleccionaron las especies dominantes para su clasificación taxonómica y se investigaron las especies medicinales que en todo caso son de utilidad económica; así mismo se dan recomendaciones sobre el mejor manejo de la vegetación y sobre la introducción de nuevas especies de plantas y cultivos que pudieran adaptarse con mayor facilidad a las condiciones ecológicas de la cuenca.

En el proyecto se hace hincapié, especialmente en el funcionamiento hidrológico de la cuenca, tomando en consideración las estaciones climatológicas cercanas y la capacidad de la presa como datos básicos y de calibración, para establecer un modelo de simulación del ciclo hidrológico, en el que se analizan la precipitación, infiltración, intercepción, evapotranspiración y escurrimiento, que pudieran tener lugar en la cuenca y su probable funcionamiento; de esta manera se puede planear la administración del recursos hídrico, de acuerdo a las demandas actuales y futuras que tienen y tendrán lugar en la cuenca por efecto del desarrollo de cultivos, hatos ganaderos, crecimiento de la población y actividades agroindustriales.

Junto con el análisis de las condiciones físicas se llevó al cabo el estudio de las particularidades socioeconómicas de la cuenca, con un enfoque esencialmente dirigido a detectar la problemática del desarrollo y la conservación de recursos naturales, a manera de poder planear adecuadamente la solución integrada a los problemas de manejo de recursos y progreso económico.

Como corolario a los estudios se establece el plan y programa de manejo de la cuenca, parcela por parcela, en un plano a escala 1:5 000 en el que se registran el uso actual del suelo, su grado de utilización, la erosión y las prácticas de conservación a que deberá someterse dicha parcela; con base en este plano, se hizo la evaluación de los costos de tratamiento y el programa de inversiones necesario para llevar adelante el manejo global de la cuenca, basado en una adecuada administración de los recursos hidrológicos que son la base del desarrollo sostenido tanto en las áreas rurales como urbanas.

En seguida se presenta la forma en que se estructuró el estudio, que es en sí, el modelo y la metodología de investigación.

I INTRODUCCION

II CLIMATOLOGIA

1. Fuente de datos para el análisis climático.
 - 1.1 Determinación de estaciones meteorológicas para la cuenca El Marqués, mediante interpolación y corrección de los datos de estaciones cercanas.
 - 1.2 Ubicación y características de las estaciones meteorológicas inferidas en la cuenca.
2. Resumen climático.
 - 2.1 Condiciones climáticas que reflejan las estaciones meteorológicas inferidas en la cuenca.
 - 2.2 Tipos de clima (según la clasificación de W. Koeppen adaptada a México por E. García).
 - 2.3 Determinación de isotermas e isoyetas.
3. Análisis climático.
 - 3.1 Temperatura.
 - 3.2 Precipitación.
 - 3.3 Relación clima-vegetación.
 - 3.4 Condiciones climáticas generales (C.W. Thornthwaite).
4. Conclusiones.

III EDAFOLOGIA.

1. Descripción y localización de los grupos de suelos.
2. Clasificación por grupos de suelos y fases.
3. Capacidad agrológica.

IV GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA.

1. Geología.
 - 1.1 Formaciones geológicas.
 - 1.2 Litología.
2. Geomorfología.
 - 2.1 Erosión.
 - 2.1.a Datos hidrográficos.
 - 2.1.b Precisiones topográficas.
 - 2.1.c Estructuras.
 - 2.1.d Arroyada.

- 2.1.e Formas de ablación.
- 2.1.f Formas de acumulación.
- 2.1.g Modelado localizado.
- 2.1.h Modelado de entallamiento.
- 2.2 Unidades geomorfológicas.

V. VEGETACION.

1. Descripción de las comunidades vegetales.
 - A.1 Bosque de encino y A.2 Bosque de encino con pastizal.
 - B.1 Chaparral de encino.
 - C.1 Matorral espinoso, C.2 Matorral espinoso con pastizal y D.1 Pastizal con matorral espinoso.
 - C.3 Matorral crasicaule.
 - C.4 Matorral espinoso con encino.
 - D.2 Pastizal solo, D.3 Pastizal con encino, D.4 Pastizal con izotal, D.5 Pastizal con matorral espinoso y D.6 Pastizal con matorral crasicaule
2. Agricultura.
3. Ganadería.
4. Erosión.
5. Selección de especies nativas más aprovechables.
6. Especies con posibilidades de adaptarse a la región.
7. Recomendaciones.

VI HIDROLOGIA

1. Objeto del estudio.
2. Definición simplificada de la rama terrestre del ciclo hidrológico.
3. Tratamiento del problema según sea cuenca grande o cuenca pequeña.
4. Análisis del patrón de drenaje.
 - 4a Introducción.
 - 4b Generalidades.
 - 4c Particularidades de la cuenca.

- 4d Distribución de las formaciones geológicas y análisis de los patrones de corriente.
 - 4e Análisis de la textura del drenaje.
 - 4f Análisis de la textura del drenaje de la cuenca de la Presa El Marqués.
5. Coeficiente de infiltración de los suelos.
- 5a Introducción.
 - 5b Factores que afecta la infiltración.
 - 5b.1 Entrada a la superficie.
 - 5b.2 Transmisión al través del suelo.
 - 5b.3 Agotamiento de la capacidad de almacenamiento disponible del suelo.
 - 5b.4 Características del medio permeable.
 - 5b.5 Arreglo del uso del terreno.
 - 5b.6 Humedad inicial del suelo.
 - 5b.7 Acción refleja de los factores, con datos de infiltrómetro.
6. Infiltración en la cuenca de la Presa El Marqués.
- 6a Infiltración en los suelos.
 - 6b Infiltración en los tipos de roca base en la cuenca de la Presa El Marqués.
 - 6c Caminos que sigue el agua de lluvia según el coeficiente diferencial de infiltración.
 - 6d Distribución de coeficientes diferenciales de infiltración de la cuenca de la Presa El Marqués.
7. Evaporación.
- 7a Evaporación que se debe a superficie libre de cuerpos de agua.
 - 7a.1 Naturaleza del proceso.
 - 7a.2 Factores que afectan a la evaporación.
 - 7b Transpiración.
 - 7b.1 Naturaleza del proceso.
 - 7b.2 Factores que afectan la transpiración.
 - 7c Evapotranspiración.
 - 7c.1 Definición.
 - 7c.2 Ecuación de evapotranspiración potencial de Thornthwaite.
 - 7d Cálculo de coeficientes de evapotranspiración potencial mensual de la cuenca de la Presa El Marqués.
 - 7d.1 Datos de lluvia media mensual.
 - 7d.2 Aplicación de la ecuación de evapotranspiración potencial mensual de Thornthwaite.
 - 7d.3 Corrección del valor de U.

8. Intercepción.
 - 8a.1 Intercepción de lluvia.
 - 8a.2 Factores que influyen en la intercepción.
 - 8a.3 Estimación de la intercepción.
9. Modelo de simulación para la cuenca de la Presa El Marqués.
 - 9a Descripción del modelo.
 - 9b Implementación del modelo.
 - 9c Variables que intervienen en el modelo.
10. Conclusiones y análisis de los hidrogramas.

VII SOCIOECONOMIA

1. Introducción.
2. Análisis de las condiciones socioeconómicas.
 - 2.1 Población total y relativa.
 - 2.2 Educación: Escolaridad rural, analfabetismo, capacitación campesina.
 - 2.3 Salubridad.
 - 2.4 Vías de comunicación.
3. Análisis de las actividades económicas.
 - 3.1 Características de las actividades económicas.
 - 3.2 Características de la superficie de explotación.
 - 3.3 Explotación agrícola.
 - 3.3.1 Prácticas de explotación agrícola.
 - 3.3.2 Producción y rendimientos.
 - 3.4 Explotación pecuaria.
4. Corolario.

VIII TENENCIA DE LA TIERRA.

1. Antecedentes históricos de la tenencia de la tierra en la cuenca de la Presa El Marqués.
2. Estructura de la tenencia de la tierra.

IX PROGRAMA DE INVERSIONES PARA EL MANEJO DE LA CUENCA.

1. Descripción de las proposiciones y costos del proyecto Presa "El Marqués". (2)
 - 1.1 Surcado en Contorno.

- 1.2 Límites Físicos Vivos e Inertes .
- 1.3 Nivelación de Terrenos .
- 1.4 Bordos a Nivel .
- 1.5 Empastamiento .
- 1.6 Terrazas .
- 1.7 Reforestación .
- 1.8 Areas de Exclusión .
- 1.9 Pretil o Presa para Retener Azolve y Restar Velocidad a la Corriente .
- 1.10 Huertos .
- 1.11 Cultivo en Fajas .
- 1.12 Abonos Verdes .
- 1.13 Muros para Corregir Cauce .
- 1.14 Obras Antiguas de Conservación de Suelos .
- 1.15 Zona para Instalación de Estación Termopluviométrica .
- 1.16 Zona para Instalación de Estación de Aforo .
- 1.17 Estación Geomorfológica Experimental .

X. BIBLIOGRAFIA .

XI APENDICE FOTOGRAFICO .

XII ATLAS (ANEXOS) .

RECOMENDACIONES

1. Es necesario que los estudios integrados para manejo de cuencas, los realicen grupos interdisciplinarios, con una clara conciencia de lo que significa este concepto y de las relaciones, que las diversas especialidades que se reúnan, tienen con el uso y conservación de los recursos hidrológicos.

2. Que se lleve adelante una política de desarrollo de los recursos hidráulicos, basada en el apoyo legal y técnico, para que se haga la utilización adecuada del agua, conciliando las diversas necesidades y prioridades de uso.

3. Que esta política abarque a todos los sectores gubernamentales, de la iniciativa privada y populares, a modo de obtener resultados positivos al respecto, mediante una adecuada promoción y organización de las fuerzas políticas, económicas y sociales, para conjugar su participación en el desarrollo y protección de los recursos naturales.

4. Que en el Colegio de Geografía se establezca la cátedra o la especialidad de Manejo de Cuencas, tomando en consideración que, del buen uso que se haga del agua, dependerá en gran medida el progreso del país, y que el geógrafo es el profesionalista más abocado para realizar las tareas de coordinación o la elaboración de estudios específicos, dado su particular punto de vista, en la comprensión del todo, que significan los ecosistemas con sus interacciones dinámicas y circuitos tróficos.

5. Que los proyectos y programas de manejo de cuencas se implementen, para llevarlos a su cabal realización, con la participación coordinada de gobierno y pueblo a fin de procurar, que la brecha entre clases sociales no se siga ampliando, al participar todos en el desarrollo armónico del país, que es en todo caso, el objetivo que debe unirnos para lograr un México más justo y mejor.

B I B L I O G R A F I A

1. American Society of Photogrammetry. Manual of Photographic Interpretation. Washington, D.C. (1960).
2. Barlowe, Raleigh. Economía de la Utilización del Suelo. Editorial Herrero, México, (1965).
3. Bassols Batalla, Angel. La División Económica Regional de México. UNAM, México, (1967).
4. Buenrostro Hernández, César. Manejo de Cuencas. Primer Seminario Latinoamericano FAO/PNUD, sobre Evaluación Sistemática de tierras y Aguas. México, (1971).
5. Colman, E.A. Vegetation and Watershed Management. Ronald Press, New York, (1955).
6. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, IEPES, México, (1970).
7. Correa, Héctor. Economía de los Recursos Humanos. Fondo de Cultura Económica. México, (1970).
8. Cruickshank García, Gerardo. Conservación y Manejo de Cuencas. Octava Reunión del Comité Central Coordinador de Programas para el Mejoramiento del Ambiente. México, (1972).
9. Comité de Recursos Nacionales de los Estados Unidos de América. Regional Planning. Part. VI. Río Grande Joint Investigation in the upper Río Grande basin. Washington, D.C. (1958).
10. Echeverría Alvarez, Luis. Iniciativa de Ley General de Asentamientos Humanos Presentada al H. Congreso de la Unión, México, (1976).
11. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Manual de Conservación de Suelos. Editorial Limusa-Wiley. México, (1974).
12. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. Guide for selection of practices for soil and water conservation. Washington, D.C. (1965).

13. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Hydrology for use in watershed planning. Bureau of Land Management. Manual 7121.21. Washington, D.C. (1966).
14. Fogel, Martin M.; Duckstein, Lucien; Kisiel, Chester C. Predicting the hydrological effects of land modification. Water Resources Rev. 8(2): 420-30. Washington, D.C. (1974).
15. Gavande, Sampat A. Física de Suelos. Principios y Aplicaciones. Editorial Limusa-Wiley. México, (1973).
16. Hagen, E.E. Population and Economic Growth. The American Economic Review, Junio de 1959.
17. Horton, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Bull. Geol. Soc. of America, Vol. 56. Washington, D.C. (1945).
18. Howe, Robert L. The application of aerial photographic interpretation to the investigation of hydrologic problems. Photogrametric Engineering, Vol. 26, N° 1. Washington, D.C. (1960).
19. James, L.D. y LEE, R.R. Economies of water resources planning. Mc Graw-Hill Book, Co. New York, (1971).
20. Kittredge, J. Forest influences. Mc Graw-Hill Book, Co. New York, (1948).
21. Leibstein, H.A. A theory of Economic-Demographic. Princeton University Press (1954).
22. Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, SRH. México, (1975).
23. Ley Federal de Aguas. SRH. México, (1975).
24. Linsley, R.K.; Kehler, M.A. y Paulhus, J.L. Applied hydrology. Mc Graw-Hill Book, Co. New York, (1949).
25. López Cámara, Francisco. La infancia y la juventud en la planificación del desarrollo. Fondo de Cultura Económica, México, (1965).
26. Meinzer, D.E. Hydrology. Mc Graw-Hill Book, Co. New York, (1973).

27. Merino Sanders, Roberto. Programa de Rehabilitación de Cuencas en el Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán. Conferencia Internacional sobre Agua para la Paz. México, (1972).
28. Odum, E.P. Ecología. Nueva Editorial Interamericana. México, (1972).
29. Organización de las Naciones Unidas. Desarrollo Integrado de Cuencas Hidrográficas. Simposio sobre Las Ciencias del Ambiente en los Países en Desarrollo. Kenya, (1974).
30. Organización de las Naciones Unidas (FAO). Hand book of utilization of aquatic plants. A compilation of the world's publications. Roma, (1968).
31. Organización de las Naciones Unidas (UNESCO). Biosphere use and preservation. Paris, Francia, (1968).
32. Pase, C.P. y Fogel, Martin M. Increasing water yield from forest, chaparral and desert shrub in Arizona. Conferencia Internacional sobre Agua para la Paz. México, (1972).
33. Puente Leyva, Jesús. Distribución del Ingreso en un Area Urbana: El Caso de Monterrey. Siglo XXI Editores, S.A. México, (1969).
34. Soto Romero, J.A. Integración de la Ecología en los Programas que Realiza la Secretaría de Recursos Hidráulicos, para el desarrollo de los distritos de riego y protección de las obras hidráulicas. SRH, México. (1973).
35. Soto Romero, J.A. Las Obras Hidráulicas y sus Efectos sobre el Medio Ambiente. SRH. México, (1974).
36. Spengler, J.J. Population theory. A survey of contemporary Economics. Vol. II American Economic Association (Irwin Press, 1952).
37. Stallings, H.H. El Suelo. Su uso y mejoramiento. Editorial Continental, México, (1972).
38. Thornthwaite, C.W. y Malther, J.R. The water balance. John Hopkins University, Laboratory of Climatology. Publications in Climatology, Vol. 8 N° 1, USA, (1955).
39. Tinbergen, J. Planificación del Desarrollo. Ediciones Guadarrama, S.A. Madrid, (1967).

40. Todd, D.K. Ground water hydrology. John Wiley and Sons. New York, (1959).
41. Turk-Turk-Wittes. Ecología-Contaminación, Medio Ambiente. Nueva Editorial Interamericana, México, (1973).
42. Unión Geográfica Internacional. Conferencia Regional Latinoamericana. Tomo III. Memoria, México, (1966).
43. Zimmerman, Erich W. Recursos e Industrias del Mundo. Fondo de Cultura Económica, México, (1957).
44. Zinke, Paul J. The influence of a stand of *Pinus coulteri* on the soil moisture regime of a large San Dimas lysimeter in southern California. International Union of Geodesy and Geophysics Symposium on Woodlands and Water. Hanover Munden. Germany Proceedings. Publication N° 49, (1959).