

HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA

- 1.1 Definición: La hidrología es la ciencia que trata de las propiedades, distribución y circulación del agua, específicamente del agua sobre la superficie de la tierra, en el suelo, en las rocas subyacentes y en la atmósfera, especialmente con referencia a la evaporación y a la precipitación; en otras palabras, estudia la circulación del agua desde el mar y a través de la atmósfera, a la tierra, y luego sobre la tierra y por vías subterráneas otra vez al mar.
- 1.2 Importancia: Puede asegurarse sin temor a equivocarse, que no existe actividad alguna dentro del sector de construcción de obras públicas, que no estén de una forma u otra ligadas a la hidrología. La importancia de la información hidrológica para ellas, es del mismo orden de magnitud que la importancia del agua para la vida misma del hombre.

El desconocimiento o la despreciación de la importancia que esta rama de la geofísica tiene, ha llevado a muchos gobiernos a efectuar enormes inversiones de dinero sin que puedan recuperarlos. Se han construido embalses que nunca trabajaron a capacidad plena por falta de agua o que fueron destruidos por el fluido en sus excesos, puentes recién construidos desaparecieron del panorama por efectos de crecidas imprevistas y muchos otros casos pueden citarse donde pérdidas inmensas de capital fueron ocasionadas únicamente por el desconocimiento del "arte" de la hidrología.

En muchos países latinoamericanos, y tal es el caso de Venezuela, existen grandes áreas de terreno inútiles (hasta un 70%), que resultan de largos períodos de inundaciones alternados con

Ejemplo: Sistema de aguas
blancas y al
cantarillado
de una
ciudad

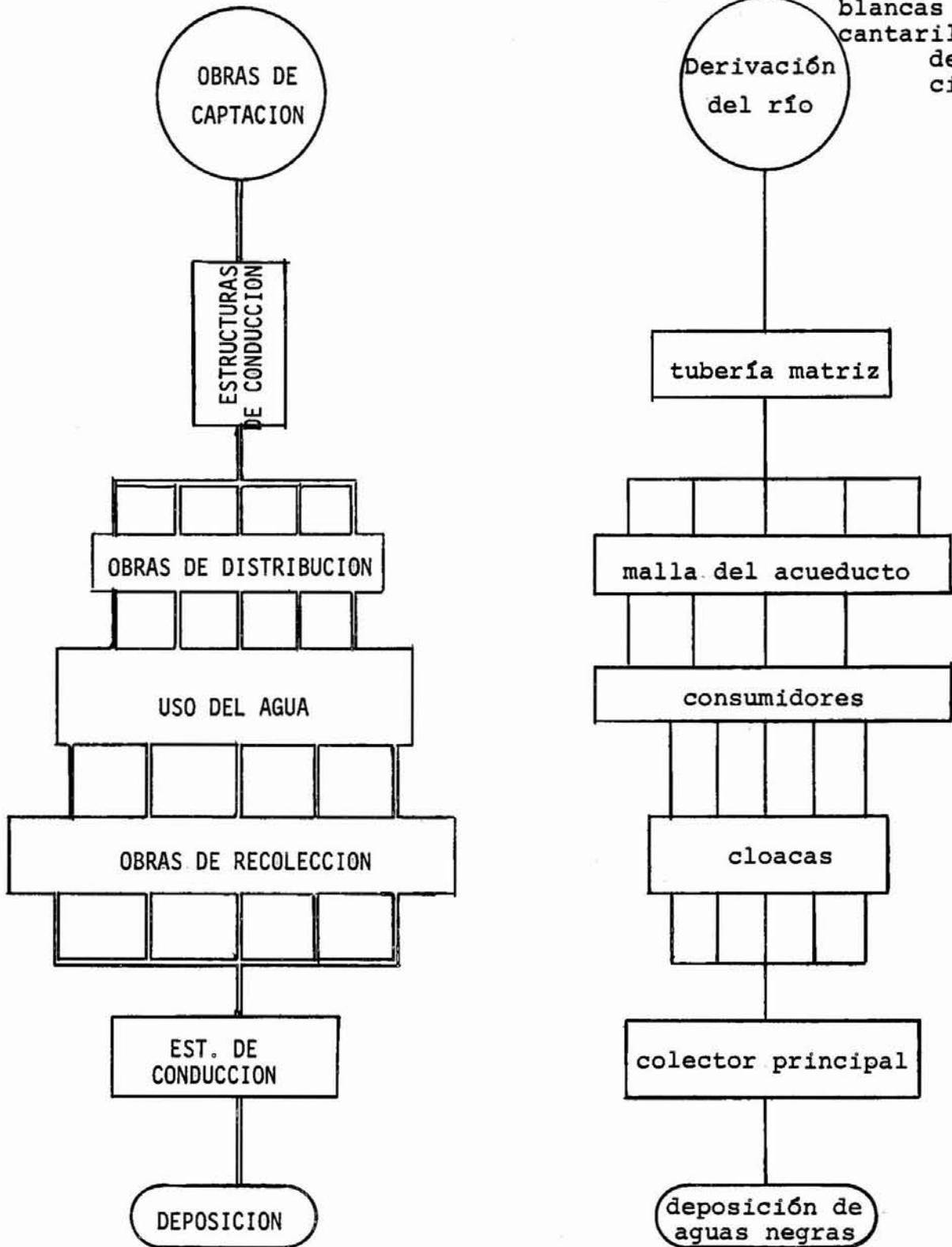


Figura 1-1. Disposición general de las obras hidráulicas.

sequías extremas, que hacen esas tierras irrecuperables hasta que no exista un conocimiento hidrológico profundo de los factores que producen estas condiciones.

- 1.3 Hidrología y Obras Hidráulicas: Los desarrollos más intrínsecamente ligados a la Hidrología, son los constituidos por las obras hidráulicas las cuales pueden definirse esquemáticamente como constituidas por varias componentes ligadas en la forma en que se muestra en la carta de flujo de la Figura 1-1.

En el diagrama de flujo de la Figura 1-1, se muestra una secuencia lógica de las componentes de una obra hidráulica, pudiendo desaparecer algunas de sus componentes, según el tipo de obra que se trate, por ejemplo, en el caso de un sistema de drenaje vial, sólo existen las obras de captación representadas por los sumideros; las de recolección constituidas por los tubos que van al conductor principal, que constituye la estructura de conducción que transporta el agua hasta un drenaje natural donde se efectúa la deposición. Para el caso particular del sistema de aguas blancas y alcantarillado de una ciudad, todo el sistema se cumple, y los términos equivalentes se muestran también en la Figura 1-1.

Estos proyectos para el aprovechamiento de aguas, tienen inherentes a su naturaleza ciertas características que los hacen arriesgados. Al efectuar los análisis hidrológicos y económicos, se deberán tener presentes estas características, las que a su vez hacen más indispensable la disponibilidad de datos hidrológicos. Algunas de estas características son:

- 1) Los problemas hidráulicos tienden a ser únicos en su género.
- 2) Los desarrollos hidráulicos son completamente irreversibles.
- 3) Los proyectos hidráulicos requieren muchas suposiciones que introducen riesgos.

- 4) Los proyectos hidráulicos contienen varias incertidumbres naturales.
- 5) Los proyectos hidráulicos requieren una inversión intensiva de capital.
- 6) Los grandes proyectos hidráulicos requieren generalmente largos períodos de desarrollo, tienen costos iniciales altos y beneficios diferidos.
- 7) Los grandes proyectos hidráulicos requieren gran habilidad y experiencia en los diferentes niveles.

Estas características hacen que la obtención de buenos datos hidrológicos y la realización de un análisis cabal de éstos, sea una condición imprescindible para el buen desarrollo de cualquier obra hidráulica.

El uso del agua para un proyecto hidráulico está dictado por dos factores principales:

- 1) Necesidad del agua
- 2) Disponibilidad del agua.

La combinación de estos dos factores viene determinada en gran parte por la Hidrología, puesto que ella será en última instancia, la que dictará las dimensiones y precauciones que hayan de tomarse en el diseño de las obras para el aprovechamiento hidráulico. Diseñar un sistema hidráulico cualquiera, sin conocimiento de los factores hidrológicos que lo determinan, es algo así como el diseño de una estructura sin conocimiento de las cargas que actúan sobre ella, o el diseño de una vía sin conocimiento del volumen y la densidad de tráfico que haya de acomodar.

- 1.4 El Ciclo Hidrológico: Es la descripción de la circulación del agua desde el mar a la atmósfera, desde allí al suelo y su regreso al mar. Sin embargo, este ciclo no está compuesto por nexos simples, sino por una serie de uniones que indican los

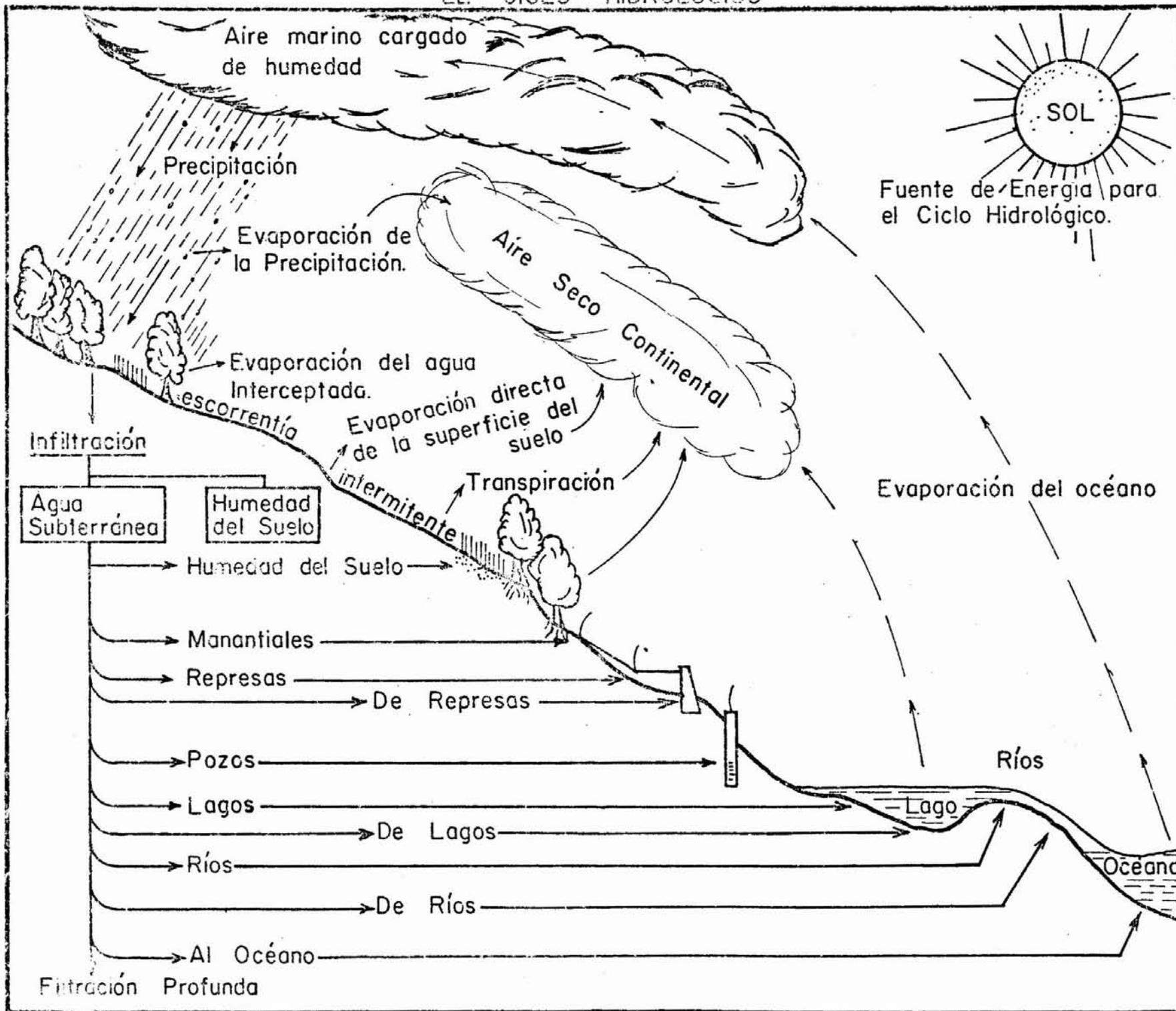
muchos caminos a través de los cuales el agua circula y se transforma. Todo este proceso del ciclo hidrológico ocurre en tres de las partes que componen el globo terráqueo.

- 1) En la atmósfera, que es la parte gaseosa que envuelve la tierra hasta unos 16 Km.
- 2) En la hidrosfera, que son los cuerpos de agua que cubren la superficie del globo.
- 3) En la litosfera, que es la roca sólida de un espesor de hasta unos 800 mts. por debajo de la hidrosfera.

La descripción del ciclo hidrológico tiene solo valor académico, al esbozar el camino ideal que sigue una gota de agua; sin embargo, dicho ciclo no tiene principio ni fin y todos los caminos crean un gigantesco sistema de gran complejidad.

El ciclo hidrológico puede considerarse que se inicia con la evaporación del agua de los océanos, vapor que es transportado por las masas de aire en movimiento el cual al enfriarse se condensa y forma las nubes. Al continuar el proceso de condensación y formarse los núcleos de precipitación, el agua cae y puede ser interceptada por las plantas, evaporada antes de llegar al suelo, correr sobre la superficie de la tierra y en las corrientes existentes, infiltrarse dentro del subsuelo o caer directamente al mar. Gran parte del agua que forma la escorrentía, retorna al aire por evaporación y transpiración. El agua infiltrada se percola a zonas más profundas para ser almacenada como aguas subterráneas, las cuales más tarde fluirán para formar parte de la escorrentía superficial, ir a los océanos y evaporarse nuevamente para así completar el ciclo hidrológico (ver Figura 1-2).

EL CICLO HIDROLOGICO



Como se puede deducir de aquí, el ciclo hidrológico es un sistema dinámico que es función de una variable independiente: el tiempo, y consistiendo además de tres elementos básicos, como todos los sistemas dinámicos:

- 1) Un medio sobre el cual se actúa, que es el agua en cualquiera de sus tres estados.
- 2) Un conjunto de restricciones que son impuestas por la naturaleza física de las cuencas.
- 3) Una fuente de energía, constituida por el sol y los campos potenciales de gravedad y capilaridad.

Las funciones y operaciones entre las diversas partes del sistema están interrelacionadas por los principios de continuidad de la masa y cantidad de movimiento.

1.5 Desarrollo Histórico: El desarrollo histórico de la hidrología puede resumirse en los siguientes períodos.

1) Período de especulación: (Antigüedad - 1400)

(a) Se han encontrado documentos de la región del Nilo del año 3000 AC, donde se mencionan grandes inundaciones. Igualmente se han encontrado Nilómetros, que son los precursores de los actuales limnímetros.

(b) Los temas hidrológicos constituyeron temas de especulación por parte de los filósofos.

(c) Los hombres aprendieron mucho de Hidrología a través de las grandes obras hidráulicas que ejecutaron.

2) Período de observación: (1400-1600)

Hubo un cambio gradual de los conocimientos puramente filosóficos hacia la ciencia experimental de hoy. Hombres como

mo Leonardo da Vinci obtuvieron un entendimiento correcto del ciclo hidrológico.

3) Período de Mediciones: (1600-1700)

Aquí comenzó la ciencia moderna de la Hidrología con la medición de caudales, precipitación y capilaridad.

4) Período de Experimentación: (1700-1800)

Se inventaron los piezómetros, el tubo de Pitot, los correntímetros, los modelos a escala, aparecieron el teorema de Bernoulli y la fórmula de Chezy.

5) Período de Modernización: (1800-1900)

Por primera vez se aplicó la geología a la solución de los problemas de las aguas subterráneas. Aparecieron las ecuaciones de Hagen-Poiseuille de flujo capilar, la ley de Darcy para flujo subterráneo, la fórmula para pozos de Dupuit-Thiem

En la escorrentía superficial se avanzó en hidráulica con el desarrollo de fórmulas y aparatos de medición y se inició la medición de corrientes en forma sistemática.

En el campo de la evaporación, se reconocieron las relaciones entre evaporación y presión de vapor (Ley de Dalton), se hicieron intentos para correlacionar la precipitación con la altitud. En los EE. UU. se establecieron varias agencias hidrometeorológicas.

6) Período de Empirismo: (1900-1930)

Se halló que los resultados empíricos producidos en los períodos anteriores eran insatisfactorios, por lo tanto los gobiernos de los países desarrollados pusieron gran énfasis

en la investigación por parte de las oficinas relacionadas con problemas hidrológicos; de la misma manera actuaron las sociedades profesionales relacionadas con dichos problemas.

7) Período de Racionalización: (1930-1950)

Se impuso el análisis racional sobre el empirismo. Apareció la teoría del hidrógrafo unitario, se determinó el exceso de lluvia en base a la infiltración, Gumbel propuso de la distribución del valor extremo para el análisis de frecuencia de los datos hidrológicos; se revitalizó el uso de la estadística para los cálculos hidrológicos, se discutió el papel de la meteorología en la hidrología, creándose una nueva ciencia: la hidrometeorología. Se desarrollaron algunos análisis teóricos del transporte de sedimentos.

Un notable avance de este período fue el establecimiento de muchos laboratorios de hidráulica y de hidrología.

8) Período de Teorización: (1950-hasta la fecha)

En el presente período, los principios matemáticos racionales de hidrología se transforman junto con la mecánica de los fluidos moderna, en modelos matemáticos que pueden ser resueltos a gran velocidad por las computadoras electrónicas.

Con el aumento de la población y el mejoramiento de las condiciones económicas, se ha desarrollado un gran interés por el desarrollo de los recursos hidráulicos, lo que ha creado una necesidad de educación e investigación en el campo de la hidrología.

1.6 Datos para el Diseño Hidrológico: A continuación se exponen a grandes rasgos, los datos más importantes necesarios para el diseño hidrológico:

- 1) Meteorológicos: Radiación, nubosidad, precipitación, temperatura, humedad, viento, evaporación y transpiración.
 - 2) Escorrentía: Caudales y volúmenes.
 - 3) Erosión y Sedimentación: Cargas de sedimentos en suspensión y de fondo, relación entre caudales y cargas de sedimentos, factores que influyen en la erosión.
 - 4) Aguas Subterráneas: Niveles freáticos, superficies piezométricas, características del flujo en los acuíferos como depósitos y como conductos de agua, gradientes hidráulicos, geología.
 - 5) Geográficos y Topográficos: Incluyendo fotografías aéreas y varias clases de mapas usados para la ubicación de la cuenca, de sus características, de las estaciones, etc. Registro de los datos previamente indicados y el análisis relacionado con ellos.
 - 6) Edafológicos: Características del complejo suelo-cobertura.
- 1.7 Procesamiento de Datos: Antes del uso de los datos para el proyecto, se hace necesario chequearlos y organizarlos, según los siguientes pasos:
- 1) Pruebas de Consistencia: Para determinar el efecto de ciertos fenómenos físicos en las relaciones básicas importantes y también para determinar la confiabilidad de los datos.
 - 2) Estimación de Datos Faltantes: Mediante las relaciones existentes dentro del registro de una estación específica o por correlación con otras estaciones existentes.

- 3) Tablas y Gráficos: En una forma específica según los estudios a realizarse.
- 4) Formatos para Computadoras: Preparación de los datos en la forma adecuada para su procesamiento en las computadoras.

Es importante hacer notar que lo decisivo no es sólo la cantidad de estaciones sino la calidad de las mediciones y sobre todo el conocimiento con que cuenta el personal técnico de un país para elaborar el material estadístico y aprovecharlo en la mejor forma posible para la planificación técnica del país. Tal vez sea éste el aspecto más descuidado de la mayoría de los países, los que teniendo una gran cantidad de datos, no saben como utilizarlos.

o o o