

PROGRAMA DE HIDROLOGIA - HIDRAULICA
HIDROGEOLOGIA Y REHABILITACION DE AREAS

I N D I C E

I.	INTRODUCCION	4
II.	FACTORES INCIDENTES EN EL PROCESO DE LAS INUNDACIONES	6
	2.1 Precipitación	6
	2.2 Escorrentía	7
	2.3 Erosión	7
	2.4 Mecanismo de las Inundaciones	8
	2.5 El clima como factor incidente	8
	2.5.1 Clima de la cuenca Cerrada o Endorreica ...	10
	2.5.2 Clima de la Cuenca Amazónica	11
	2.5.3 Clima de la Cuenca del Plata	14
III.	PROBLEMATICA DEL MANEJO DE CUENCAS	15
	3.1 Actividades principales que el hombre realiza en las Cuencas Hidrográficas y sus efectos sobre los Recursos Naturales Renovables	15
	3.1.1 Aspectos Socioeconómicos	17
	3.1.2 Caracterización Básica de la Cuenca	19
	3.1.3 Regulación de Rios	20
	3.1.4 Regulación de Torrentes	23
IV.	MAPA DE INUNDACIONES DE BOLIVIA	32
	4.1 Cuadros Demostrativos de las Superficies de Inundación por Departamentos (Anexo No.1)	35
	4.2 Cuadros Demostrativos de las Provincias y Número de Familias Afectadas por Departamen-	

CUADRO No.3 EVALUACIONES DEPARTAMENTO COCHABAMBA	65
CUADRO No.4 EVALUACIONES DEPARTAMENTO POTOSI	66
CUADRO No.5 EVALUACIONES DEPARTAMENTO TARIJA	67
CUADRO No.6 EVALUACIONES DEPARTAMENTO LA PAZ	68
CUADRO No.7 EVALUACIONES DEPARTAMENTO ORURO	69
CUADRO No.8 EVALUACIONES DEPARTAMENTO SANTA CRUZ	70
CUADRO No.9 EVALUACIONES DEPARTAMENTO CHUQUISACA	71
MAPA HIDROGRAFICO	72
ANEXO No.2 CAUDALES DE RIOS DE LA CUENCA DEL AMAZONAS	73
ANEXO No.3 CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE RIOS	74
ANEXO No.4 LONGITUD DE RIOS PRINCIPALES	75
ANEXO No.5 SUPERFICIE DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS .	76
HISTOGRAMA DE PRECIPITACIONES "SUCRE"	77
HISTOGRAMA DE PRECIPITACIONES "COCHABAMBA"	78
HISTOGRAMA DE PRECIPITACIONES "SANTA CRUZ"	79
HISTOGRAMA DE PRECIPITACIONES "TARIJA"	80
HISTOGRAMA DE PRECIPITACIONES "YACUIBA"	81

<i>HISTOGRAMA DE PRECIPITACIONES "TRINIDAD"</i>	<i>82</i>
<i>HISTOGRAMA DE PRECIPITACIONES "COBIJA"</i>	<i>83</i>
<i>HISTOGRAMA DE PRECIPITACIONES "POTOSI"</i>	<i>84</i>
<i>BOLIVIA PRECIPITACIONES ANUALES</i>	<i>85</i>
<i>MAPA DE UBICACION LIMNIGRAFOS VIA SATELITE ARGOS "SEMENA"</i>	<i>86</i>
<i>RED HIDROMETEREOLÓGICA DE PRIMER ORDEN</i>	<i>87</i>
<i>MAPA DE ISOYETAS</i>	<i>88</i>
<i>MAPA DE CLASIFICACION CLIMATICA</i>	<i>89</i>

BIBLIOGRAFIA

BRETSCHNEIDER, H.

*Regelung, Instandesetzung flie Bänder GEWASSER. GEWASSERAUS
BAU.*

CRICA

Hidráulica Fluvial y Transporte de Sedimentos

F.A.O.

Sistema de estabilización de laderas

DEGTIAREV, B.B.

Hidráulica de Rios y su control

D.N.D.C.

Plan Nacional de Atención a las Inundaciones (PNAI 1990)

Ismael Montes de Oca

Geografía y Recursos Naturales de Bolivia

Edit.Educacional Junio 1989 La Paz

PHICAB - ORSTOM

- *Climatología de la Cuenca Andina y Amazonica*

- *Balance Hídrico Superficial de la Cuenca de los Ríos
Bermejo y Grande de Tarija*

INSGEOMIL Y SERVICIO DE HIDROGRAFIA NAVAL

Mapa Hidrográfico de Bolivia (Segunda Edición 1990)

STAFF CENTRO INTERAMERICANO

*Percepción Remota de Fotointerpretación aplicada en Geografía
Física (Bogotá - Colombia)*

PROGRAMA ERTS - GEOBOL

Mapa de Cobertura y Uso Actual de la Tierra

PROGRAMA DE HIDROLOGIA – HIDROGEOLOGIA HIDRAULICA Y REHABILITACION DE AREAS

I. INTRODUCCION

En consideración a que en la época de lluvia (meses de Octubre a Marzo) anualmente la mayor parte del territorio boliviano se ve afectada por los problemas de inundaciones, mazamoras, torrentes de barro, deslizamientos y otros fenómenos naturales emergentes del incremento normal de las precipitaciones pluviales con los consiguientes impactos negativos en la economía de las clases empobrecidas del país por la afectación en el campo agropecuario, social y aumento notable en los índices de morbilidad y mortalidad de la población damnificada, así como la destrucción parcial y total de sus viviendas, obras civiles de infraestructura vial (caminos, puentes, etc.) motiva a que la Dirección Nacional de Defensa Civil a través del Programa de Hidrología, Hidrogeología, Hidráulica y rehabilitación de áreas conformada por profesionales cuya participación inter-institucional obedece al cumplimiento del D.S. 19386 del 17 de enero de 1983, presente a consideración, el acápite correspondiente al Programa indicado con el aporte del Mapa de Inundaciones, el mismo que es el resultado del análisis técnico exhaustivo del histograma de precipitaciones del SENHAMI (44 años), la interpretación del mosaico de imágenes LANDSAT preparado por la EART SATELLITE CORPORATION del mes de enero de 1986 en escala 1:250.000 correspondiente a la región de Trinidad, Santa Ana de Yacuma, las Lagunas Rogaguado y Huatunas, y los centros poblados de San Joaquín, San Ramón y Magdalena, el aporte de la información de los Mapas temáticos proporcionados por los Jefes Departamentales dependientes de la DNDC, la utilización de la Edición del Mapa Hidrográfico del INSGEOMIL, así como las inspecciones

IN SITU llevadas a efecto en la época de lluvias en las diferentes regiones afectadas por este fenómeno natural.

El objetivo fundamental de este documento es que el país cuente con un Mapa tentativo que le permita identificar las áreas vulnerables susceptibles a este fenómeno natural permitiendo priorizar las etapas de prevención y rehabilitación a través de la implementación de obras civiles de infraestructura que se adecúen a las necesidades y requerimientos de cada región, así como atender en forma inmediata la etapa de emergencia.

El agua ya sea superficial o subterránea tiene una incidencia directa en la vida y ocurrencia de los numerosos fenómenos de morfología dinámica y de riesgos naturales y actúa en relación a las características litoestratigráficas de los terrenos que conforman la Red Hidrográfica.

El fenómeno de inundaciones que se produce en nuestro país se manifiesta en mayor extensión areal e intensidad en los departamentos que pertenecen a la Cuenca del Amazonas; Departamentos de: Pando, Beni, Santa Cruz, Cochabamba y parte de La Paz. (Ver Anexo No. 1).

Las precipitaciones pluviales que se producen en dichas zonas entre los meses de octubre a marzo (época de lluvias) se ven incrementadas por la fusión del hielo y la nieve provenientes de las Cordilleras Occidental y Oriental las que drenan o escurren hacia las Cuencas y Sub Cuencas, la mayoría de los ríos que pertenecen a dicha Red Hidrográfica incrementan su caudales en esta época cuya estructura hidrológica e hidrogeológica es compleja, presentándose en el año de 1983 el fenómeno de inundaciones con mayor intensidad en las zonas afectadas.

Aunque no existe una clasificación hidrológica respecto a las inundaciones, estas pudieran recibir las denominaciones de rápidas y lentas. Las primeras serán aquellas que se presentan en forma súbita e imprevista y las lentas tal como su nombre lo indica se manifiestan en forma pausada en zonas semi-planas, ambas estarán en directa relación con las pendientes, caudales, características morfológicas y litológicas de sus causas.

El detalle de las superficies de inundación, así como el número de familias afectadas en los diferentes departamentos podrá apreciarse en los cuadros preparados para el efecto (Ver Anexo No. 1 y Cuadros de Evaluación Nos.: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9).

Como quiera que el análisis temático de las inundaciones considera el conocimiento de muchas disciplinas, para el plan solo citaremos los factores importantes que intervienen en este tipo de fenómenos: precipitación, escorrentía, erosión y cuencas hidrográficas.

II. FACTORES INCIDENTES EN EL PROCESO DE LAS INUNDACIONES

2.1 PRECIPITACION

Es la cantidad de agua, procedente de la atmósfera que se deposita sobre la superficie de la tierra, correspondiendo al factor climático mas importante que determina el régimen hidrológico de una región (evaporación, transpiración, precipitación, escorrentía), bajo este término se engloban todas las aguas meteóricas que caen en la superficie de la tierra bajo diversas formas: en forma líquida (lluvia), sólida (nieve y granizo) y oculta (rocío o helada blanca).

Tipos de precipitación.- Las precipitaciones, bajo cualesquiera de sus formas, se dividen en 3 tipos según el fenómeno meteorológico que las origina pudiendo estas ser: precipitaciones ciclónicas, precipitaciones por convección y precipitaciones orográficas.

2.2 ESCORRENTIA

Se denomina escorrentia a la parte de la lluvia que ni se infiltra en el terreno, ni se pierde por evaporación, y que por consiguiente, discurre libremente sobre la superficie del suelo formando cursos de agua superficial y que origina los problemas de inundaciones, mazamorras, torrentes de barro, etc.

Ciclo de escorrentía.- Se denomina así a la distribución del agua de lluvia y el camino que esta sigue desde que cae sobre la superficie hasta que llega a los cursos de agua superficial al mar, o vuelve a la atmósfera mediante el proceso de evapo-transpiración.

2.3 EROSION

La erosión es otro de los fenómenos naturales y se define como el desprendimiento y arrastre del suelo, causado por el agua, el viento y el hielo. En el presente plan habrá que puntualizar la erosión hídrica cuyo proceso de dispersión, desprendimiento y transporte de partículas del suelo corresponden exclusivamente a la acción del agua y cuya incidencia se trasunta en la pérdida de áreas. Esta empieza su acción en el momento de la caída de las gotas de agua de lluvia al suelo para proseguir en diversas direc-

ciones y formas, el desprendimiento ocurre cuando las fuerzas ejercidas por la precipitación y el escurrimiento superan la resistencia del suelo, siendo las partículas del suelo arrancadas para ser transportadas por salpicaduras o por el flujo del agua cuando el suelo está ya saturado, modificándose el cauce, nivel de base y otros aspectos geomorfológicos. Este proceso se puede observar claramente en los meandros de los ríos del oriente.

2.4 MECANISMO DE LAS INUNDACIONES

El agua que inunda un lugar, puede efectivizar su acción de dos modos: por escorrentia superficial, debido a las fuertes precipitaciones y por ascenso de la superficie piezométrica desde el subsuelo (agua subterránea). Un ejemplo de la primera será aquella que se produce en la mayoría de las poblaciones asentadas en los sectores adyacentes de los principales ríos de la Red Hidrográfica de las tres cuencas (Cuenca del Amazonas, del Altiplano y del Plata) Cuaternarios Terrazas, aluviales.

Y en el segundo caso debido al incremento del caudal por efecto del desfogue de los sistemas de alcantarillado proveniente de las poblaciones ubicadas a orillas de los lechos de ríos, ambos tipos pueden ocurrir también en el mismo lugar por la relación entre las aguas del río con los depósitos aluviales permeables del lecho mayor (Ver Anexo No.2).

2.5 EL CLIMA COMO FACTOR INCIDENTE

El clima en Bolivia es diverso, debido a que influyen mayormente variaciones regulares de precipitaciones, que producen una estación seca y otra húmeda. El

fenómeno más importante de la circulación atmosférica en las latitudes intertropicales es la circulación de los alisios, que son vientos del Este, lentos y espesos, que llegan del Atlántico y de la Cuenca Amazónica; son por lo tanto vientos húmedos.

Los alisios de los dos hemisferios se encuentran en la ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL (ZCIT), zona de ascendencia del aire y de mucha precipitación. La (ZCIT) se desplaza durante el año, colocándose más o menos en aquellos lugares que recibe mayor radiación solar.

Así, en el invierno austral, el movimiento de la (ZCIT) se da hacia el Norte del Ecuador con precipitaciones, produciendo la estación seca en Bolivia. En el verano austral el movimiento de la (ZCIT) se da hacia el Sur y llueve en Bolivia.

La circulación de la atmósfera explica entonces el régimen anual de las lluvias y su distribución en Bolivia (Ver Mapa Hidrográfico y de Precipitaciones Pluviales y Cuadro de Balance Hídrico de Bolivia 1968-1982).

La parte Norte del país es la más afectada por la (ZCIT), ya que recibe más lluvia es por esta razón que esta zona es la más susceptible a las inundaciones, así existe en Bolivia un gradiente Norte-Sur de precipitaciones. En los llanos, las cantidades anuales varían desde 2.000 mm en Pando hasta 600 mm en el Chaco. En la zona del altiplano las lluvias anuales varían desde 1200 mm hasta 400 mm. cerca del lago Titikaka.

La distribución de las temperaturas en el territorio boliviano están mayormente en función de la altura.

Para efectos del presente Plan, se ha visto por conveniente describir los climas de acuerdo a las tres cuencas: Cerrada o Endorreica, Amazónica y del Plata (Ver Mapa de clasificación climática según THORNTHWI-TE).

2.5.1 CLIMA DE LA CUENCA CERRADA O ENDORREICA

Esta cuenca comprende parte de los departamentos de La Paz, Potosí y la totalidad del Departamento de Oruro, que tiene un clima de tundra. La temperatura media anual del altiplano boliviano varia entre 7 a 11 Grados Centígrados, alcanzando la máxima extrema 25 grados y la mínima extrema a 26 Grados Centígrados bajo cero, parte del altiplano norte tiene una fuente moderadora a través del Lago Titikaka.

Las lluvias que se producen en el Altiplano generalmente vienen de la cuenca amazónica, previa descarga de parte de su humedad en el Oriente Boliviano. En promedio tiene una precipitación de 390 mm., por el sector del Lago Titikaka las precipitaciones fluctuan entre 650 mm. a 900 mm. aunque existen años en que las precipitaciones son inusuales en todo el territorio nacional como ejemplo podemos citar el aumento de nivel de agua en el Lago en 1.90 m., siendo el nivel normal de 3810 m. subiendo hasta 3811.90 en el año de 1983.

Por otra parte en otoño y en invierno, masas de aire polar llegan del polo sur, penetran al continente sud americano son canalizados por la Cordillera de los Andes hacia el Norte y llegan a Bolivia. esta corriente levanta el aire tropical y genera un fuerte frio produciendo nubosidad acompañada de precipitaciones (Ver Histograma de Precipitaciones).

PRECIPITACIONES REGISTRADAS ENTRE SEPTIEMBRE DE 1990 A MARZO DE 1991 EN ALGUNAS ESTACIONES DE LA CUENCA ENDORREICA

LA PAZ

Las precipitaciones en este departamento promediando 3 estaciones fueron de 461.7 mm., siendo la normal 645.1 mm. registrando una disminución del orden de 26% con relación a la Normal.

ORURO

En el sector de la ciudad de Oruro las precipitaciones fueron de 232.6 mm. siendo la normal de 332.5 mm. observandose una disminución del 33% con relación a la anterior.

2.5.2 CUENCA AMAZONICA

Esta cuenca comprende los departamentos de Pando. Beni. Santa Cruz, Cochabamba. parte de La Paz. se definen dos clases de clima. a) Clima Tropical húmedo y b) Clima Tropical seco.

Las regiones del Beni, Pando y parte Norte de Santa Cruz son llanos, húmedos, donde se producen lluvias intensas que llegan en algunos sectores a 3.500 mm. con 200 días de precipitación principalmente en la época de verano, razón por la cual los ríos se desbordan produciendo inundaciones periódicas. Las temperaturas alcanzan un promedio de 26 grados centígrados.

Las regiones del Chaco tienen un clima de estepa con inviernos secos, las precipitaciones disminuyen de Norte a Sur mientras que en Santa Cruz llueve 1400 mm., en Villamontes llueve 780 mm. y la temperatura promedio es de 24 grados centígrados. aunque en algunos meses como ser mayo a agosto se observa la presencia de frentes fríos, llamados surazos, las temperaturas descienden hasta 2 Grados Centígrados.

PRECIPITACIONES REGISTRADAS ENTRE SEPTIEMBRE DE 1990 A MAYO DE 1991 EN ESTACIONES REPRESENTATIVAS DE LA CUENCA AMAZONICA.

COBIJA

En la ciudad de Cobija se observó una precipitación de 1478.4 mm. en el período indicado, siendo la normal de 1473.3 mm., por consiguiente la desviación con respecto a la normal no es significativa.

BENI

El promedio de las precipitaciones registradas

en las estaciones meteorológicas de este departamento fueron de 1471.7 mm. siendo la normal de 1433.8 mm. registrando un incremento del 37.9 mm. que en porcentaje resulta ser un 3%, produciéndose las mayores precipitaciones en el mes de enero, con una máxima de 452 mm. en Riberalta y San Joaquín.

SANTA CRUZ

Este departamento para una mejor apreciación en el presente plan considera 3 regiones que son:

REGION NORTE

Se hallan las localidades de Ascensión de Guarayos, Concepción y San Ignacio de Velasco; las cuales registran un promedio de 926.6 mm. de precipitación, teniendo la normal de 949.8 mm, según los datos hay una pequeña deficiencia de 23.2 mm. no siendo significativa; los alrededores de Ascensión de Guarayos es el sector que mayores precipitaciones presento con valores de 1134.7 mm.

REGION CENTRAL

En este sector se encuentra las ciudades de Santa Cruz, Roboré y Puerto Suárez, las que representan un promedio de 864.8 mm. siendo la normal para el mismo promedio de 887.4 representando en porcentaje el 97%.

REGION SUR

Sur de Santa Cruz, la región de Camiri presento una precipitación de 386.3 mm., siendo la normal de 717.3 mm., por lo tanto hay una disminución de 331.0 mm. con relación a la misma, en porcentaje resulta el 46%.

2.5.3 CUENCA DEL PLATA

Esta cuenca podemos dividirla en dos regiones:

Llanuras del Chaco.- Tienen un clima de estepa cálido con inviernos secos, las precipitaciones van disminuyendo de 1200 mm. a 600 mm. de Norte a Sur, de la misma manera las temperaturas disminuyen, con un ambiente de 24° C promedio.

Valle de Tarija y Sucre.- El clima de esta región es benigno muy apto para la agricultura, con una temperatura promedio de 16° C, las precipitaciones fluctúan entre 600 y 1500 mm.

PRECIPITACIONES REGISTRADAS ENTRE SEPTIEMBRE DE 1990 A MAYO DE 1991 EN LAS ESTACIONES REPRESENTATIVAS DE LA CUENCA DEL PLATA

Departamento de Potosí el promedio de las precipitaciones registradas en las estaciones meteorológicas, de este departamento fueron de 309.6 mm. siendo la normal de 388.7 mm. por consiguiente existe una disminución de 79.1 mm. produciendose la mayor precipitación en Tupiza

con 189.2 mm. en el mes de enero.

A fin de que las Instituciones ligadas a este tipo de Planes cuenten con los medios de información referente a la Red Hidrometeorológica existente en el país, la Comisión de Hidrología presenta el Mapa de ubicación de la Red Hidrometeorológica de primer orden, así como el de ubicación de los Limnigrafos Vía-Satélite Argos según SEMENA (Ver Mapas indicados).

III. PROBLEMÁTICA DEL MANEJO DE CUENCAS

Existen variadas evidencias del deterioro de las cuencas o de la degradación de sus recursos naturales.

El marco político que no ha encaminado acciones para el manejo y ordenamiento de las cuencas hidrográficas tiene mucha influencia.

Las Instituciones responsables de la administración de los recursos, del aprovechamiento, no mantienen un desarrollo y acciones integrales y coherentes por falta de políticas precisas al Manejo de Cuencas, que es uno de los factores principales en las inundaciones que se presentan en nuestro país.

Desde el punto de vista biofísico, un análisis del por qué están siendo deterioradas las cuencas, se puede identificar en el proceso que se presenta en el siguiente cuadro;

3.1 ACTIVIDADES PRINCIPALES QUE EL HOMBRE REALIZA EN LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS Y SUS EFECTOS SOBRE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTIVIDAD**IMPACTOS/EFECTOS NEGATIVOS**

*Colonización**Ruptura del equilibrio ecológico.*

*Tala y quema de bosques**Erosión de los suelos, desertización, cambio del ciclo hidrológico y régimen de caudales, contaminación del agua, pérdida o migración de la fauna nativa, sedimentación, desbordamientos e inundaciones de ríos y quebradas.*

*Agropecuaria**Erosión acelerada de los suelos por malas prácticas de cultivos y sobrepastoreo.*

*Urbanismo**Contaminación del agua por residuos orgánicos y químicos, producción de basuras, creación de industrias, etc.*

*Minería**Contaminación del suelo y del agua por el uso de sustancias químicas, erosión del suelo.*

Apertura de vías Desestabilización de taludes, erosión de los suelos, deslizamientos derrumbes, sedimentación de lechos de ríos y quebradas.

3.1.1 ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

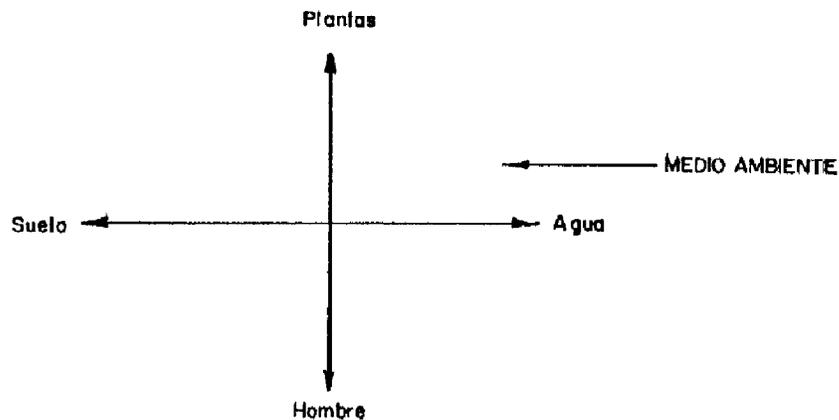
- a. Desarrollo de una atrasada estructura agraria, creando problemas de concentración del recurso tierra (latifundios), explotaciones minifundistas, carencia de asistencia técnica, investigación, extensión conservacionista y políticas crediticias de comercialización para incentivar eficientemente obras de conservación (crédito a largo plazo) y racionalizar el mercado de productos forestales y agropecuarios.*
- b. Alta tasa de crecimiento, población que incide directamente en la distribución de los recursos por el aumento de las necesidades alimenticias y otras primarias del hombre.*
- c. Crecimiento desorganizado de nuestras comunidades sin ninguna planificación en el asentamiento de las ciudades.*
- d. Falta de políticas, estrategias y programas integrales en un sistema institucional que procure la conservación de los recursos naturales renovables:*

- *Falta de política, de resguardo de nuestros recursos naturales renovables.*
- *Carencia de programas de conservación de los recursos naturales renovables.*
- *Inadecuada estrategia en la capacitación para aprovechar los recursos naturales renovables.*

La consideración de las cuencas hidrográficas como marco de planificación integral, se basa en que en este ecosistema el recurso hídrico es el elemento unificador, cuyo manejo y aprovechamiento se relaciona a los otros elementos naturales (vegetación, suelo, fauna, etc.) y al hombre. Del agua dependen en alto grado la seguridad y el desarrollo hidroenergético, agropecuario, industrial y urbano de una región.

Los límites de las cuencas permiten una regionalización factible de integrar límites político-administrativos como límites físicos; lo que posibilita la incorporación de la dimensión ambiental.

**ESQUEMA DE LOS FACTORES INCIDENTES EN EL
MEDIO AMBIENTE**



3.1.2 CARACTERIZACION BASICA DE LA CUENCA

Esta comprende en estudiar todos los aspectos biofísicos y socioeconómicos, diferentes metodologías, conceptos y trabajos que se realizarán; uno de los más importantes es el de la valoración de los parámetros geomorfológicos de la cuenca.

Parámetros geomorfológicos de una cuenca:

Superficie

Perímetro

Forma de la cuenca

- coeficiente de capacidad o índice de Gravelius

- *factor de forma*

Sistema de drenaje

- *grado de ramificación*
- *densidad de drenaje*
- *extensión media de escurrimiento*
- *frecuencia de ríos*

Elevación de los terrenos

- *altitud media de la cuenca*
- *polígono de frecuencia de altitudes*
- *curvas hipsométricas*

Rectángulo equivalente

Declividad de los álveos

- *pendiente media del río*
- Declividad de los terrenos*
- Coeficiente de torrencialidad*
- Coeficiente de masividad*

3.1.3 REGULACION DE RIOS

Es tarea de la disciplina de la hidráulica, tomando en cuenta los intereses de la protección contra el agua; (aseguramiento de riberas, protección contra crecidas, calidad del agua, condiciones de acarreo) y el aprovechamiento del agua; (abastecimiento de agua, irrigación, navegación, generación de energía, pesca, recreación), el de crear una estabilidad morfológica del río tanto en la planta, como en el corte transversal y longitudinal.

Los métodos y los elementos de regulación deberán ser elegidos de tal manera, que pueda lograr y mantener un equilibrio con un mínimo de gastos técnicos y económicos.

La regulación de un río comprende todas las

medidas de construcción en la cuenca del río, que sirven a la resistencia y a la protección del lecho del río, al desagüe no perjudicial de crecidas, al aprovechamiento del agua y a la mejora de las condiciones de aguas subterráneas en las regiones contiguas al río.

3.1.3.1 BASES DE REGULACION

Una regulación amplia e intensiva de los ríos por medio de medidas hidráulicas siempre irá unida a serias dificultades, por los siguientes motivos:

- Para evitar en un valle, por ejemplo, las inundaciones dañinas, aumentar la producción agropecuaria y bajar los costos de mantención, existen dos posibilidades:

1. Construir una represa o un embalse de retención de crecidas aguas arriba.

2. Ampliar el curso del agua, es decir regular el río.

Desde el punto de vista hidroeconómico, la mejor solución siempre es la retención de crecidas por medio de embalses.

La interdependencia entre la naturaleza hidrológica y la geológica de la cuenca

receptora y el comportamiento hidromecánico del río todavía no ha podido ser abarcada por reglas de validez general.

"La hidráulica en ríos como es de conocimiento general requiere grandes inversiones, y su rentabilidad económica es mucho más difícil de comprobar que los otros tipos de construcciones civiles.

La regulación de cursos naturales de ríos debe satisfacer a muchas necesidades, las cuales en cada caso individual tienen diferente grado de dificultad. Tanto en los ríos de montaña como en ríos de los llanos.

Las medidas posibles van desde la consolidación del lecho del río por medio de medidas de construcción, hasta la selección de una geometría adecuada del curso del río (dimensionamiento hidráulico) hasta la planificación de embalses, que disminuye el trabajo inicial de regulación de los ríos mediante la compensación de las fluctuaciones del caudal.

Sin embargo una regulación del río no satisface todas las exigencias, porque muchas medidas aparte de los resultados deseados, también tienen resultados negativos. Sobre todo las intervenciones que influyen en las condiciones de descarga y en el transporte del material sólido, cambian también las

condiciones del equilibrio del flujo. Es cierto que en algunos casos la rectificación del curso de un río lleva consigo a la erosión de su lecho y por tanto a una baja del nivel de las aguas subterráneas, en algún momento se hace necesaria la construcción de pequeños embalses escalonados para que el nivel freático vuelva a subir.

La regulación de un curso de agua debe realizarse con un plan uniforme, que no comprenda solamente el río desde sus vertientes hasta su desembocadura, sino que tome en cuenta las características de la cuenca receptora.

3.1.4 REGULACION DE TORRENTES

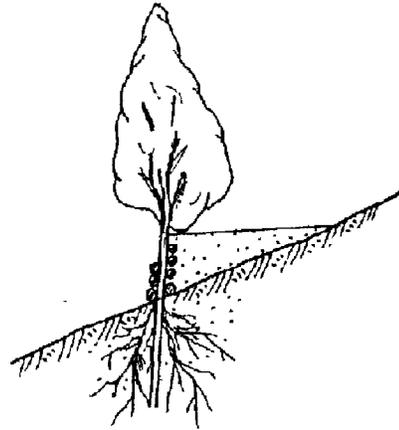
Los torrentes son cursos de agua con crecidas rápidas del caudal que va junto a un fuerte transporte de acarreo, por lo general tienen pendientes muy fuertes y están formadas por:

- cuenca recolectora*
- curso medio*
- cono de deyección*

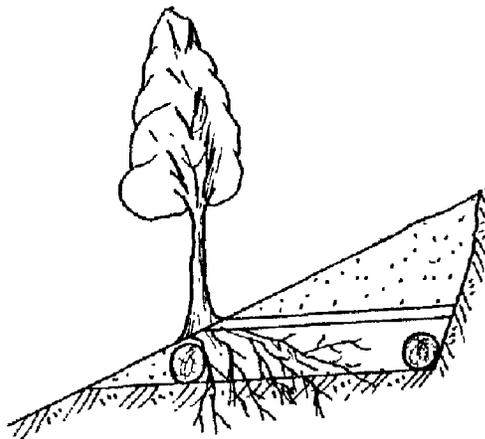
El cuidado del bosque en la cuenca receptora de un curso de agua es de gran importancia para los caudales y por lo tanto para el perfil de regulación de un torrente, ya que gracias al bosque se disminuyen las descargas máximas y se aumentan las descargas mínimas.

La mezcla de diferentes tipos de árboles

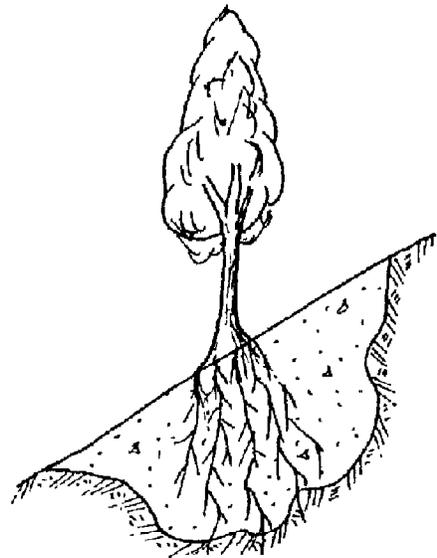
**LUCHA CONTRA LA EROSION
REFORESTACION Y PLANTACIONES**



**Construcción de empalizadas
trenzadas**



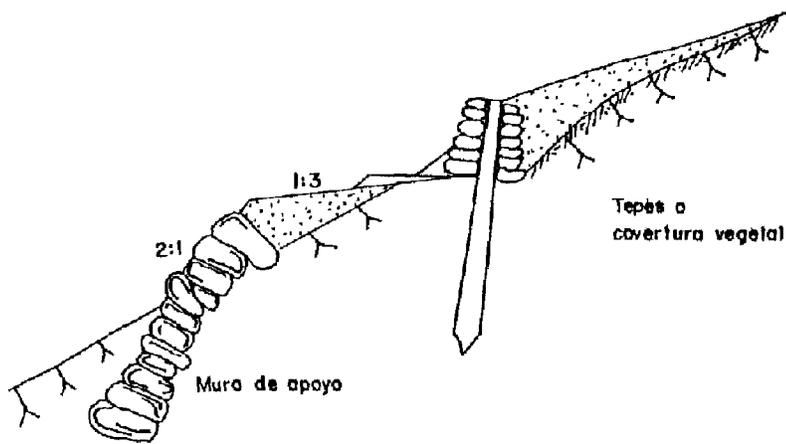
Metodo de Couturier



Metodo de Praxl

garantizan una mayor estabilidad del suelo (Ver Gráfica No.1).

La consolidación de los taludes de una cuenca receptora están sobre todo, bajo la acción del desmonte artificial (Ver Gráfica No.2).



Gráfica Nº 2

Acequias horizontales en la pendiente frenan las descargas y deben encauzar el agua de las precipitaciones hacia canales consolidados. En las acequias de las pendientes se debe tomar en cuenta, que no se debe presentar excesivo humedecimiento del suelo, que puede causar derrumbes. Además adoptar las medidas técnicas como ser: drenajes, construcción de terrazas, muros de drenaje, muros de contención, etc., pero sobre todo la reforestación con tipo de árboles de raíces profundas y plantación de arbustos.

Consolidación del fondo del lecho:

Para consolidar el fondo contra la acción de la erosión, se pueden realizar trabajos de regulación por tramos o continuos.

Las afirmaciones continuas del fondo en forma de cáscara se realizan con madera o con piedra. También han demostrado ser útiles los travesaños salientes, aquí se asegura bloques de piedra ya existentes o introducidos al lecho contra la acción del agua, con concreto, para que sean mantenidos en su posición (Ver Gráfica No.3).

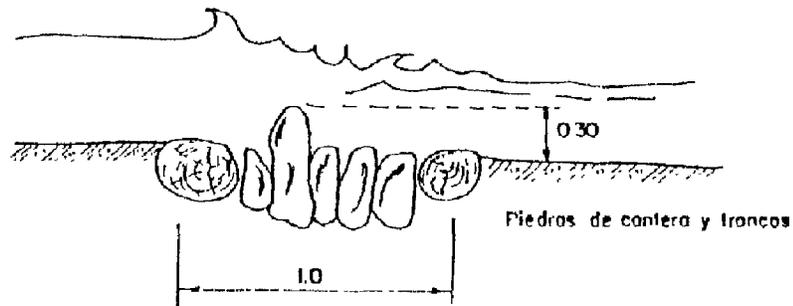
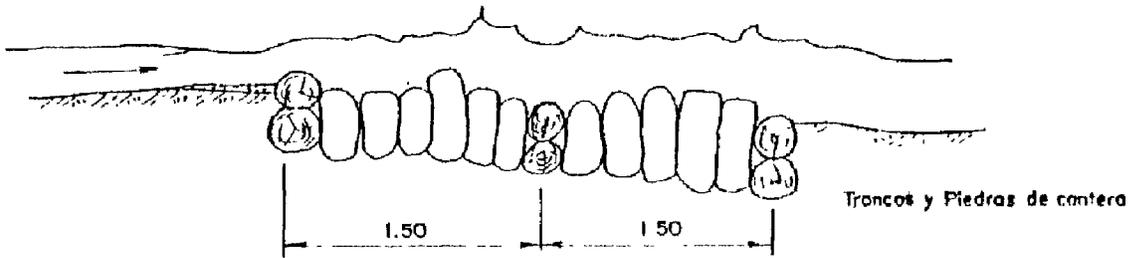
Por los travesaños salientes se mantiene el carácter del torrente. Muchas veces se utiliza con éxito vigas en el fondo, como sistema independiente para la fijación o como fijación puntiforme entre construcciones de caída o barreras de acarreo. Los travesaños de fondo en comparación a las vigas tienen una altura de caída reducida. Por lo tanto, solamente son útiles si las profundidades de agua en el canal son bajas.

Los travesaños de fondo han demostrado ser útiles especialmente en los recodos de los torrentes.

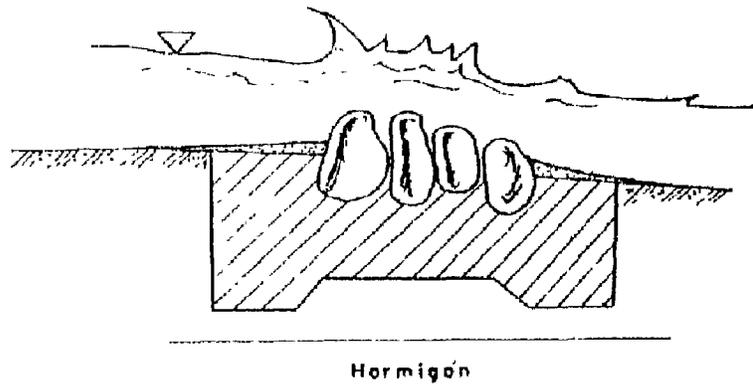
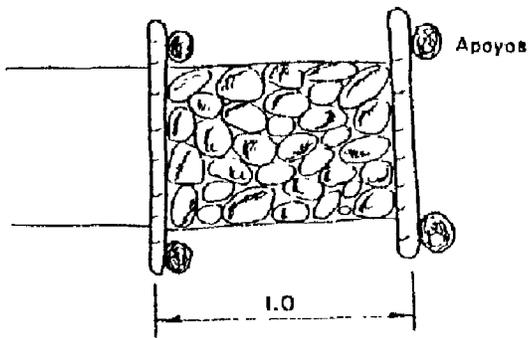
Como construcciones protectoras de las riberas se utiliza en los torrentes:

- muros a lo largo de las riberas*
- adoquinado del talud*
- mampostería en seco*
- gaviones flexibles (Ver Gráfica No.4).*

TRAVESAÑOS DE FONDO



Troncos transversales



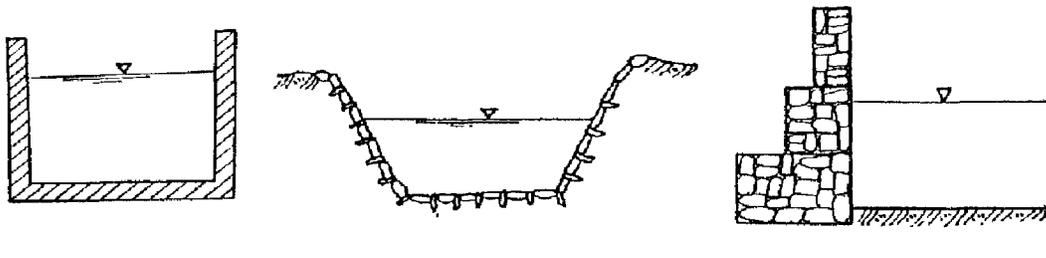


Gráfico Nº 4

Para cualquier obra de consolidación de las riberas, se hace necesario la permanente mantención y cuidado.

DIQUES DE CAIDA

La construcción de caídas siempre se hacen necesarias debido a la consistencia de su fondo, (diámetro del sólido existente a ser removido) que no esta en condiciones de mantener el equilibrio con las tensiones de arrastre que actuan sobre el, causados por la corriente.

Por lo tanto, su tarea no es de ninguna manera el aumento de la resistencia del fondo, sino exclusivamente la diaminución de las tensiones de arrastre activas y esto mediante la reducción de la pendiente que se presenta. Por lo tanto no pueden ni deben causar un embalse hacia rio arriba. En una caída correctamente diseñada no se presenta un embalse aguas arriba, ni por la construcción misma, ni por