

S E R B I U L A
I N G E N I E R I A

**PROPUESTA METODOLOGICA Y ANALISIS ECONOMICO PARA
LA REHABILITACION DE UNA CUENCA TORRENCIAL
CASO: MICROCUENCA BURBUSAY-ESTADO TRUJILLO**

X
TC530
F7

Por
David S. Freija Rivadeneira

**Tesis para Optar al Grado de Magister Scientiae
en Gestión de Recursos Naturales Renovables y Medio Ambiente**

	UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
	BIBLIOTECA	
C. D.	* TC 530 F7	
R.	A1162	VI-01

**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
E INVESTIGACION AMBIENTAL Y TERRITORIAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Mérida, Venezuela
2001**

AGRADECIMIENTO:

Simplemente gracias, a :

Banco InterAmericano de Desarrollo, BID

Universidad de Los Andes, ULA

Y a su

*Centro Interamericano de Desarrollo e
Investigación Ambiental y Territorial, CIDIAT*

*En general a todas las autoridades, personal docente,
y de apoyo del mencionado Centro*

*En especial a los profesores:
José A. Pérez Roas,
Raúl Vidal García
Luis Rázuri Ramírez*

Finalmente a Mi esposa e Hijos

INDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTO	iii
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE SIMBOLOS	viii
RESUMEN	x
Capítulo	
I. JUSTIFICACION	1
Objetivo general.	2
Objetivos específicos	2
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
Control de torrentes	3
Información básica del área de estudio	5
Antecedentes	5
Localización geográfica	6
Clima	6
Geología y suelos	8
Uso actual de la tierra	8
Agropecuario	9
Forestal	9
Areas descubiertas	10
Aspectos demográficos	10
Tenencia de la tierra	10
Superficies de las parcelas	11
Identificación de Impactos y selección del área crítica	11
Lista de acciones que afectan y contaminan la cuenca	11
Prediseño de las obras estructurales	13
Análisis financiero – económico y medidas no – estructurales	18
III. PROPUESTA METODOLOGICA	25
Revisión bibliográfica y cartográfica del área	25
	iv

INDICE (Continuación)

Identificación de impactos y selección del área crítica	26
Medidas estructurales que contengan el prediseño de las obras	26
Estimación del período de retorno para el diseño de obras	27
Selección definitiva de la alternativa de la medida estructural	27
Evaluación económica y formulación de medidas no estructurales	34
Elaboración del informe final	41
IV. RESULTADOS	42
Revisión bibliográfica y cartográfica del área de estudio	42
Identificación de impactos	42
Memoria del Prediseño de las obras	45
Información topográfica	45
Característica particular del cauce	45
Características hidráulicas	45
Resultados del prediseño del dique	51
Costo total de los beneficios considerados para un TR de 50 años	55
Costo total de los beneficios considerados para diferentes TR	57
Costo del valor de daños anuales esperados(Análisis Hidroeconómico)	57
Evaluación económica	59
Formulación preliminar de medidas no estructurales	60
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
Conclusiones	62
Recomendaciones	62
V.I BIBLIOGRAFIA	64
APENDICES	
APENDICE 1: Identificación y calificación de los Impactos de las Subcuencas del Río Motatán	67
APENDICE 2: Resumen de las fórmulas para el prediseño de las obras estructurales	69

LISTA DE TABLAS

Tabla	Descripción	Pág.
1	Rango para determinar el grado de intervención.	13
2	Peso específico utilizado en los diques.	17
3	Coeficientes de fricción(F) para diques de hormigón.	17
4	Cargas medias admisibles para suelos.	18
5	Matriz de cuantificación de Impactos de la Quebrada Seca.	44
6	Datos que se introducen en el Programa Hysec.	47
7	Resultados del Programa Hysec.	47
8	Precipitación de 1 hora y de 17 minutos.	48
9	Cálculo de caudales y de Volúmenes de sedimentos y sus costos.	48
10	Volúmenes de obras.	53
11	Presupuesto estimado de los costos de las obras.	54
12	Costos de las obras para diferentes Tr.	54
13	Valor de las obras para los nuevos Tr.	55
14	Resumen de los beneficios (daños evitados) para Tr. de 50 años.	56
15	Valores estimados de los beneficios para diferentes Tr.	57
16	Análisis del Costo Anual Esperado(Análisis Hidroeconómico).	58
17	Cálculo del VPN y del TIR para diferentes Tr.	59

LISTA DE FIGURAS

Figura	Descripción	Pág.
1	Area de estudio de la Quebrada Seca.	7
2	Diagrama de flujo de la propuesta Metodológica.	41
3	Estimación de la lluvia de diseño de la Quebrada Seca.	49
4	Caudal pico para un Tr. de 50 años.	50
5	Tr. vs. Costos de las obras.	55
6	Tr. vs. Costos de daño, de inversión y totales.	58

LISTA DE SIMBOLOS

A_1	<i>Area de la sección del cauce natural</i>
A_2	<i>Area del vertero.</i>
A_3	<i>Tensión exterior por fuerzas concéntricas</i>
A_4	<i>Tensión interior por fuerzas concéntricas</i>
b	<i>Base de la sección del cauce natural</i>
B_1	<i>Base superior de la sección del flujo</i>
B_2	<i>Base inferior de la sección del flujo</i>
B_3	<i>Ancho del fundamento del dique</i>
d_{90}	<i>Diámetro del material</i>
E	<i>Empuje del agua</i>
e	<i>Excentricidad</i>
F	<i>Coefficiente de fricción</i>
h	<i>Carga de velocidad</i>
H_1	<i>Altura efectiva del dique($H_1 = H$)</i>
K	<i>Espesor de la corona</i>
m	<i>Pendiente del talud</i>
M_1	<i>Momentos horizontales</i>
M_2	<i>Momentos verticales</i>
P_1	<i>Peso del rectángulo (= F_1)</i>
P_2	<i>Peso del triángulo (= F_2)</i>
P_3	<i>Sumatoria de fuerzas verticales ($P_1 + P_2$)</i>
Q_1	<i>Caudal de diseño</i>
Q_2	<i>Caudal calculado para el vertedero</i>
S_1	<i>Suplemento de seguridad</i>
S_2	<i>Peso específico del material de construcción</i>
S_3	<i>Carga admisible del suelo</i>
S_4	<i>Factor de seguridad contra el deslizamiento</i>
T_1	<i>Profundidad del agua, dentro de la sección del flujo.</i>

T_2	<i>Profundidad de socavación</i>
T_3	<i>Profundidad efectiva del fundamento del dique</i>
T_4	<i>Profundidad total del dique</i>
T_5	<i>Altura total del dique</i>
U	<i>Subpresión</i>
u	<i>Coeficiente de contracción del vertedero</i>
W_1	<i>Densidad del agua</i>
X_1	<i>Brazo de palanca de la fuerza P_1</i>
X_2	<i>Brazo de palanca de la fuerza P_2</i>
y_1	<i>Brazo de palanca de la fuerza E</i>

RESUMEN

La problemática de las cuencas torrenciales en América Latina tiene su origen en las características naturales como las elevadas pendientes de sus suelos; y en características sociales como la deforestación, basado en la necesidad del uso de la madera en unos casos y de la explotación en otros; así como también el limitado empleo de técnicas de conservación en las prácticas de la agricultura.

El presente trabajo se inicia analizando las características naturales y sociales, propias de la Cuenca de la Quebrada Seca, del río Burbusay del Estado Trujillo. Posteriormente se identifican los impactos que afectan y contaminan la cuenca, caracterizándola como torrencial.

Luego se propone una metodología que contiene la ejecución de medidas estructurales como el prediseño de las obras de ingeniería civil, mínimas pero necesarias para el control de torrente y después se realiza el análisis financiero económico para su rehabilitación, incluyendo medidas no estructurales.

Basados en los costos de las medidas estructurales se realiza el cálculo total de los beneficios para diferentes tiempos de retorno, así como el valor de los daños anuales esperados(análisis hidroeconómico), que comparados con los índices económicos normales justifica la rehabilitación de la cuenca en estudio.

CAPITULO I

JUSTIFICACION

En los países latinoamericanos en general, y en la República de Venezuela en particular, se ha producido una extensa deforestación, que unido a las condiciones naturales como el clima, han dado como resultado el fenómeno torrencial, el mismo que adquiere proporciones considerables debido a que no se toman las medidas correctivas y preventivas pertinentes.

Los torrentes tienen un potencial destructivo, producto de la gran energía del flujo, la cual a su vez proviene de la elevada pendiente de los cauces y de la presencia de materiales sólidos transportados por la corriente, los cuales junto al agua pueden causar enormes daños al alcanzar las planicies aguas abajo donde normalmente se concentran las actividades y la infraestructura humana como carreteras, puentes, cultivos, etc.

En la región andina de Venezuela existen muchos *torrentes mixtos*, que según la definición de García (1962), son aquellos formados por torrentes de erosión y de caudales, que muestran corrientes de agua en pendientes fuertes e irregulares y súbitas crecidas, donde se manifiestan los fenómenos de erosión, transporte y depósito de materiales con gran intensidad, causando graves perjuicios a la región y a la economía nacional.

La solución más efectiva para la erosión es la reforestación, ya que al mismo tiempo que resuelve este grave problema, crea posibilidades de desarrollo social, agrícola y ambiental, convirtiendo terrenos secos, con surcos y cárcavas, en bosques jóvenes, recuperando zonas para futuras labranzas de carácter conservacionistas; pero el cauce del torrente exige la construcción de obras de ingeniería civil, tanto de retención como de consolidación, que deben hacerse de forma inmediata, ya que es necesario la protección de otras obras de ingeniería tales como vías de comunicación, en especial puentes y propiedades privadas como casas y terrenos en pendientes dedicados a la agricultura.

Estas medidas propuestas son consideradas como estructurales, las que no son efectivas sino van acompañadas de otras, como las no estructurales, las cuales en conjunto forman parte de la propuesta metodológica que acompañada de un análisis económico permitiría la formulación de la rehabilitación ambiental de una cuenca torrencial. El diseño de las medidas no se pueden formular sin antes no tener un conocimiento global del problema y de su zona de influencia, tanto en su aspecto físico natural como socioeconómico. Además, la gran cantidad de recursos que involucra la aplicación de una rehabilitación ambiental, obliga a recurrir a financiamientos de organismos internacionales, por lo que la presente propuesta ha tratado de seguir los principales requerimientos para iniciar el otorgamiento correspondiente.

OBJETIVOS

Objetivo general

Elaborar una propuesta metodológica para realizar el análisis económico de la rehabilitación de una cuenca torrencial considerando medidas estructurales y no estructurales.

Objetivos específicos

Realización de un análisis general de la situación actual del área de estudio.

Determinación de los problemas más relevantes y cuya interacción produce una alta tasa de sedimentos.

Elaboración de un análisis económico de las obras prediseñadas.

CAPITULO II

REVISION BIBLIOGRAFICA

En el presente capítulo se hace una revisión de la información actualizada relacionada con las cuencas torrenciales y sus métodos de corrección, de información sobre el análisis económico del manejo de cuencas sobre todo de estimaciones de pérdidas económicas, e información básica del área en estudio. La finalidad de esta revisión es generar las bases necesarias para el desarrollo de la metodología para la rehabilitación de una cuenca torrencial.

Control de Torrentes

García y Ayerve (1962) definen los principios de la hidráulica torrencial basados en la hidráulica general y lo aplican a la corrección de torrentes a través de técnicas como la repoblación forestal y de obras transversales, en las que se destacan pequeños diques de piedra.

Tricart (1972) señala que cuando no hay bosque y las lluvias son intensas el escurrimiento es más rápido y el tiempo de concentración disminuye, lo que aumenta el caudal del pico de las crecientes; no solamente en los pequeños tributarios sino también en los ríos mayores, ocasionando la socavación de sus orillas y depositando grandes cantidades de material grueso en los valles y en el piedemonte.

Hattinger (1973) expone existen diferentes métodos para reducir el volumen y la intensidad de los fenómenos torrenciales; la idea principal es reducir el volumen del agua y del material sólido y por otra cortar el pico de la crecida y del arrastre; y, que uno de los métodos de corrección de torrentes más efectivos para la retención del material sólido sea temporal o permanente, es la construcción de un dique de retención.

Hattinger (1973) considera útil clasificar las medidas que se puedan tomar para la corrección de torrentes: a) Según el tipo, las medidas pueden ser: técnicas, biológicas - forestales y socioeconómicas; b) Según el sitio de la cuenca, se pueden distinguir las medidas en las laderas, en el cauce, en la cuenca de recepción, en la garganta, en el cono de deyección, en el canal de desagüe, en el curso superior y/o en el curso inferior; c) Según el tiempo, pueden ser de prevención y de saneamiento

Continúa afirmando Hattinger, que a su vez las medidas técnicas contienen:

- Obras transversales como:
Diques de retención
Diques de consolidación
Rampas
Escalonamientos.

- Obras longitudinales como:
Muros laterales
Revestimientos de los taludes
Empedrados del fondo
Canales
Regulaciones

- Espolones y diques de estacas.
- Plazoletas de depósitos o sedimentación.
- Obras de drenaje.

Suárez (1993) plantea que desde el punto de vista práctico, los torrentes se clasifican en dos tipos: depositantes y socavantes; clasificación considerada relativa ya que muchos torrentes no son completamente de un tipo o del otro, de ahí surge un tercer tipo considerado como mixto.

Vidal (1995) realiza un análisis de los problemas que se presentan en una cuenca torrencial, destacando los más comunes en los Andes Venezolanos, y plantea programas de medidas estructurales y no estructurales para su solución.

Vidal (1995) expresa que el control de los torrentes y de las cárcavas se la realiza a través de un conjunto de pequeñas y medianas obras de ingeniería y otras medidas mecánicas – vegetativas que permiten el control del caudal sólido y líquido de los cauces torrenciales, incluyendo sus márgenes aledañas, y de las cárcavas con un comportamiento similar. Los trabajos consisten en la implementación de diques de retención, plazoletas de sedimentación, diques de consolidación, diques de retardación, espolones, empedrados, traviesas y medidas vegetativas como estacados y fajines de márgenes.

En su análisis, Vidal define las características de una cuenca torrencial, siendo las más importantes:

- Pequeño tamaño(< 130 km².)
- Pendientes pronunciadas.
- Sensibles a lluvias de alta intensidad y corta duración.
- Crecidas e inundaciones súbitas y violentas.
- Caudal de estiaje reducido o nulo.

- Arrastre de gran cantidad de sedimentos, con alto porcentaje de material de gran diámetro.
- Efecto del escurrimiento superficial en las vertientes, en los picos de la crecida.

El control de torrentes debería ser considerado como parte importante de las tareas de la planificación y ejecución de un plan de gobierno a largo plazo; como la forma de prevenir grandes desastres naturales que destruyen grandes obras: como carreteras, puentes, presas y otras, de gran importancia para el desarrollo del país.

Información básica del área de estudio

Antecedentes

El CIDIAT (1973) elabora un anteproyecto de Desarrollo Agrícola del Valle de Burbusay, a solicitud de CORPOANDES, donde se analiza la capacidad agrológica de los suelos, los aspectos socioeconómicos de la población y la intensidad y tipos de fenómenos erosivos, sugiriendo un programa de recuperación y fomento conservacionista.

Posteriormente, CIDIAT (1990) ejecuta nuevamente para la Corporación de los Andes y la Gobernación del Estado Trujillo, el proyecto SANBURBO, que plantea el desarrollo de las zonas de San Miguel, Burbusay, Boconó, Santa Ana, Bolivia y San Rafael. El estudio cubre aspectos importantes, como la evaluación de la tierra y su capacidad de uso, servicios de salubridad, educación, infraestructura, etc., así como la planificación de la explotación y uso de los recursos naturales, en especial el agua, que es una necesidad cada vez más sentida en el Estado Trujillo y en particular al área de influencia del denominado proyecto SANBURBO, zona de laderas de fuerte pendiente, litologías susceptibles a la erosión y marcada intervención antrópica, donde drenan cursos torrentosos que comprometen las estructuras físicas existentes.

La Empresa Regional Sistema Hidráulico Trujillano, SHT (1995) solicita a la Universidad de los Llanos "Ezequiel Zamora" UNELLEZ, que realice un estudio de la vegetación y uso actual de la subcuenca Carache, considerando las unidades de vegetación presentes en toda el área y los patrones de uso actual de la tierra. Según éste estudio, la subcuenca del río Carache, en donde se localiza la Quebrada Seca, es la más frágil y la más intervenida antrópicamente de toda la cuenca del río Motatán; y las plantaciones forestales cubiertas de pinos y/o eucalipto ubicados en sectores críticos de erosión de suelos como las plantaciones adyacentes a Burbusay, no cumplen su labor protectora, dando como resultado un ambiente inhóspito, donde se observa un marcado arrastre de sedimentos por parte de los cursos de agua.

La Empresa Regional del Sistema Hidráulico Trujillano, en su Plan Maestro de Desarrollo (1996), declara a la Quebrada Seca, contribuyente del río Burbusay, como proyecto prioritario a corto plazo porque el cauce de la Quebrada está siendo utilizado como calle de la ciudad y corre paralelamente y muy de cerca a la carretera Burbusay -La Concepción.

De la subcuenca Carache existe buena información, necesaria para cualquier estudio; sin embargo, existe escasa documentación de la microcuenca Burbusay, y de la Quebrada Seca prácticamente no se encontró información específica.

Localización geográfica

Según los estudios realizados por el CIDIAT en 1973 y ampliados en 1990, la Quebrada Seca es un contribuyente del río Burbusay, tiene una superficie de 156 ha, se localiza geográficamente entre 9° 25' 34" a 9° 24' 40" de latitud norte y 70° 15' 59" a 70° 17' 00" de longitud oeste. El área de estudio de la microcuenca Burbusay, pertenece a la subcuenca del Carache, que forma parte del sistema hidrográfico de la cuenca del río Motatán, localizada en la región de Los Andes, Estado Trujillo, con una superficie de 5.200 km² y sus aguas drenan al Lago de Maracaibo. **Figura 1.**

Clima

Los mismos estudios realizados por el CIDIAT (en 1970 y 1990) las altitudes varían entre 1.560 a 2.080 metros. Dentro de la microcuenca Burbusay, donde se encuentra la Quebrada Seca, no existen estaciones meteorológicas de ningún tipo, por ello se debe recurrir a otras estaciones adyacentes, como la Cristalina, Carache y Santa Ana.

La precipitación en Burbusay se encuentra en el límite de dos cuencas de regímenes distintos: el llanero monomodal y el sur lacustre bimodal (CIDIAT-CORPOANDES, 1973). Se estimó una precipitación total anual que oscila entre 750 mm y 850 mm, correspondiendo la menor precipitación a la parte baja y umbría de la microcuenca. Esta determinación se hizo a partir de un mapa de isoyetas elaborado con registros de 20 años (1950-1969) correspondientes a las estaciones del Estado Trujillo: La Concepción, Cendé, La Cristalina, Carache y Santa Ana.

De acuerdo a consideraciones realizadas en el estudio del anteproyecto(1973) y del análisis de la precipitación media de la Cristalina y Santa Ana, se infiere que en la Quebrada Seca las precipitaciones se distribuyen de acuerdo a un régimen bimodal con un pico pluviométrico en abril y otro más importante de octubre a noviembre.

S E R B I U L A
I N G E N I E R I A

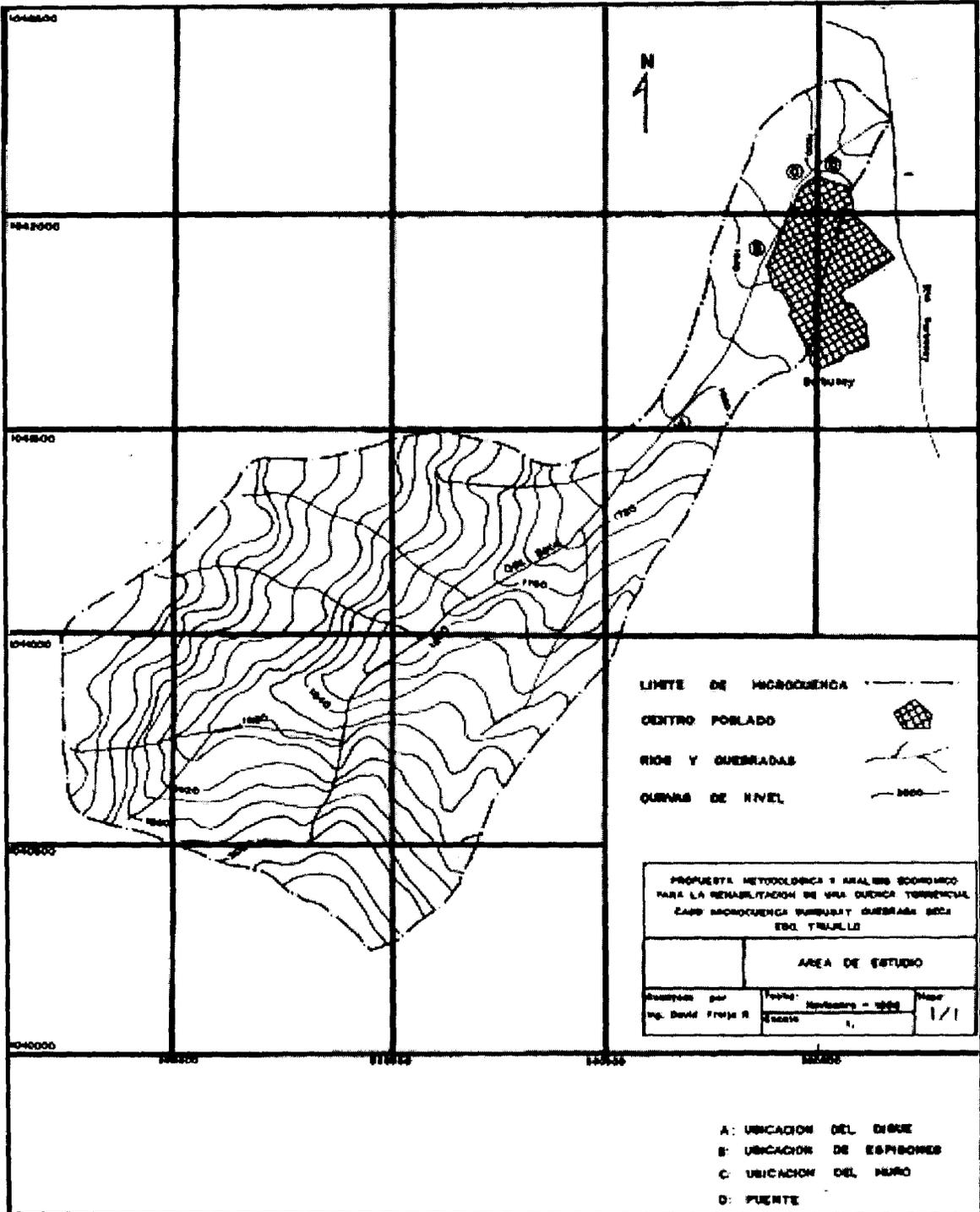


FIGURA 1 Area de Estudio: Quebrada Seca

Con respecto a la temperatura, las únicas estaciones con datos de temperatura son la Cristalina y Carache, las cuales permiten establecer un gradiente térmico vertical de 0,63°C por cada 100 m. Así se obtuvo que la temperatura media anual es de 18°C, con temperaturas mínimas en enero y máxima en julio y agosto.

Geología y suelos

Según CIDIAT-CORPOANDES (1973), el grupo Iglesias está presente en la cabecera de las principales quebradas y está formado por rocas ígneas y sedimentarias altamente metamorizadas, las cuales muestran de moderada a buena resistencia a la erosión. La Formación Mucuchachi ocupa la mayor parte del área y está fundamentalmente constituida por pizarras grises oscuras que sirven de base a pizarra limosas rojizas con laminaciones de cuarcita de grano fino, por lo tanto es muy susceptible a erosionarse y donde se aprecian los grados más avanzados de erosión.

Las características más comunes para los suelos localizados en vertientes con cobertura vegetal son: colores rojizos, profundidades mayores de un metro, con una clara diferenciación de horizontes. La descripción de un perfil en las cercanías del pueblo de Burbusay, ubicado en una ladera con 30% de pendiente, reporta un suelo profundo, de color rojo, conteniendo trozos de pizarra bastante meteorizados, de textura arcillosa, muy ácido, con una fuerte desaturación de bases, bajos contenidos de materia orgánica, fósforo, calcio y magnesio y clasificado como Humitropept Oxico. La zona de las vertientes con menor protección de cobertura, sujeta a erosión, prácticamente no poseen suelo, sino material rojizo de matriz mezclada con trozos de pizarra y en las zonas más fuertemente erosionadas existe afloramiento de la pizarra (CIDIAT-CORPOANDES, 1973).

CIDIAT (1990), realizó una estimación del coeficiente K de la fórmula universal de pérdida de suelo (USLE), obteniendo un valor de 0,032 Mj * mm/año * ha, para la zona de Burbusay, calificándola como de erosionabilidad moderada. Si se considera la tasa de pérdida de suelo para la subcuenca Carache, estimada en 265 ton./ha/año, se tendría, para el área de la Quebrada Seca (156 ha), una erosión de 41340 ton./año.

Uso actual de la tierra

Según SHT-CANAGRO(1995b) el uso actual de la tierra está distribuido en agropecuario, forestal y en áreas sin cobertura vegetal.

Agropecuario

Se identifican cuatro patrones de uso agrícola que son: cultivos anuales, horticultura, cultivos permanentes y semipermanentes y la actividad pecuaria.

El patrón agrícola más representativo, sin duda alguna, son los cultivos anuales. Los rubros más representados en este patrón son: las leguminosas, principalmente las caraotas y el maíz, que representa el principal rubro en explotación de este patrón. En numerosos sectores estos cultivos se combinan entre sí, y como son cultivos permanentes café, frutales, etc para conformar la llamada agricultura de subsistencia, se dividen en parcelas con superficies media hectárea.

La horticultura de gran demanda y elevados costos de producción, así como de uso intensivo de plaguicidas, se realiza en pequeñas y medianas parcelas y está constituida por la explotación de tomate, pimentón, ajo, cebolla, cebollín, pepino, zanahoria, repollo y papa, entre otros.

La ganadería es una actividad poco significativa en el área de Burbusay representada escasamente por explotaciones de ganado vacuno, ovino y caprino. Se constató la actividad bovina intensa, adyacente a la carretera Burbusay – La Concepción con la aplicación de un bajo a medio nivel tecnológico. De carácter extensivo ocupa sectores con poco o ningún potencial para los cultivos o aquellos utilizados y luego abandonados donde emergen espontáneamente vegetación herbácea o matorral, y entre otros casos espinar, libres a la disposición del ganado para pastar sin menor atención de sus propietarios.

Forestal

Estas plantaciones están constituidas principalmente por las especies forestales: pino y eucalipto. La edad de las plantaciones varían según el sector reforestado, pero en promedio tienen de 8 a 10 años.

Es importante señalar que las plantaciones observadas en el área de Burbusay presenta, en el mayor de los casos, graves problemas de crecimiento, debido seguramente a lo inhóspito de los terrenos donde fueron sembrados. Muchas áreas reforestadas siguen un proceso de erosión progresiva, y en el peor de los casos, ésta se ha venido acelerando a partir de las reforestaciones realizadas. Tal es el caso de las plantaciones ubicadas al oeste y al noroeste de la población Burbusay, donde los árboles crecen sobre suelos desnudos y con acentuada erosión, especialmente de cárcavas y surcos.

Áreas descubiertas

Para efectos de este trabajo se han considerado áreas descubiertas aquellas tierras sin ningún tipo de cobertura vegetal. Sin embargo, es importante señalar que se encontraron numerosos sectores con características degradantes acentuadas, que muy bien pudieron ser catalogadas como áreas descubiertas.

En este sentido se manifiesta que algunos patrones de uso, especialmente las plantaciones forestales y, conforman una matriz que encierra a dispersas manchas de tierras degradadas por efectos de erosión principalmente.

SHT-CANAGRO (1995a) afirma que las áreas descubiertas para la subcuenca Carache son del 2%, como promedio de toda la cuenca; sin embargo para Burbusay, incluyendo la Quebrada Seca y otras localidades, pueden superar el 5%.

Por observaciones "*in situ*" de áreas descubiertas y por plantaciones forestales con graves problemas de recuperación, el área total de la Quebrada Seca que merece un tratamiento es de 31 ha (20% del área total)

Aspectos Demográficos

Según CIDIAT-CORPOANDES (1990) en el sector de Burbusay, viven 1.524 habitantes, equivalentes al 0,4% de la población total de la cuenca del río Motatán, que es 370.903 habitantes. La población económicamente activa (PEA) y la población dedicada a la agricultura (PDA), es el 83% y el 33% de la población total, respectivamente. Alrededor del 15,7% de la población es analfabeta, ligeramente superior a la tasa registrada en la cuenca del río Motatán (15%), la cual es considerada alta por los organismos internacionales, como la UNESCO; y el 84,3% es alfabeto. En Burbusay, del total de la población encuestada, un 33% se dedica a las labores agrícolas, un 31,6% son estudiantes y un 28% se dedican a las labores del hogar.

Tenencia de la tierra

La propiedad de la tierra representa en los proyectos un factor muy delicado, donde la experiencia indica la necesidad de la atención de las tierras por parte de sus propietarios, lo que facilita la inclusión de mejoras en las mismas, obras de conservación, etc. Un 62,5% de las fincas pertenecen a sus propietarios, un 18,3% son de medianería, el 17,9% por sucesión y el restante 1,2% arrendada u ocupada.

Superficie de las parcelas

Es otro de los aspectos de gran consideración, ya que está en función directa con la cantidad de beneficiarios. En el área un 79% de las fincas tiene menos de 6 ha, lo que indica el número de beneficiarios y la repartición equitativa de las tierras.

Identificación de impactos y selección del área crítica

El SHT (1996) elabora una matriz ponderada para toda la cuenca del río Motatán, clasificando los problemas existentes en dos grupos: aquellos que afecten a los recursos físicos (agua, suelo y vegetación); y, los que contaminen dichos recursos. De estos resultados se puede concluir que uno de los principales problemas de Burbusay es el mal uso del agua para riego, lo que unido a la falta de organización de las juntas de los usuarios para establecer los tiempos de riego según los requerimientos de los cultivos, ha generado problemas ambientales referentes a producción de sedimentos y pérdidas de suelos, potenciado por la construcción de la vía Burbusay- La Concepción sin ningún criterio ambiental: utilización de tramos de la Quebrada Seca como calles y como parte de la carretera y finalmente desarrollo urbano descontrolado en sus laderas con fuertes pendientes

Lista de acciones que afectan y que contaminan la Cuenca

CONESA (1993) se señala que cada entorno tendrá sus factores ambientales y sus acciones específicas, de ahí es imprescindible elaborar una lista tipo de las acciones que afectan a los recursos naturales de la cuenca; y, de las acciones antrópicas o naturales, que producen diversos efectos sobre los factores ambientales. Las acciones fueron determinadas por los factores de intensidad, extensión, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad y momento en el que están actuando en el entorno.

Entre las muchas acciones que actúan en la cuenca del Motatán en general, y en la Quebrada Seca en particular, y, que están produciendo impactos, se establecen que los más importantes por su afectación y por su contaminación son:

1. Afectación de los recursos agua, suelo y vegetación por:

- Actividades agrícolas: presión y afectación de los recursos por actividades que implican la ampliación de la frontera agrícola en áreas de fuerte pendiente y en general en áreas cuyos usos son de vocación forestal.
- Actividades urbano industriales: se refiere a la afectación y presión sobre los recursos, producidos por actividades que implican desarrollos urbanos e instalaciones industriales en áreas no permitidas por los planes de ordenamiento urbanístico de ciudades metropolitanas, de desarrollo urbano local, y en el plan de ordenamiento del estado.

- Apertura de vías: presión y afectación de los recursos por actividades que implican ampliación y apertura de vías de penetración sin ningún criterio técnico, en la mayoría de los casos con la finalidad de transportar productos agrícolas.
- Incendios: afectación de los recursos por incendios en épocas de sequía u ocasionados por los poblados con la finalidad de ampliar la frontera agrícola.
- Actividades turísticas: presión y afectación de los recursos por actividades que implican instalación de infraestructura turística y desarrollo habitacional con fines turístico y de recreación.

2. Contaminación de suelos y aguas por:

- Descargas cloacales: polución de las aguas por disposición de aguas residuales domésticas e industriales.
- Uso de agroquímicos: afectación de los recursos por el uso inadecuado o irracional de agroquímicos.
- Producción de sedimentos y pérdida de suelo: volumen de sedimentos producidos por acción antrópica o por condiciones físico naturales y cantidad de suelo superficial perdido por acción antrópica o por condiciones físico naturales del medio.
- Uso inadecuado de agua para riego: afectación de los recursos por la utilización del agua con valores superiores al uso consuntivo de los cultivos. **Apéndice I.**

No se intenta hacer la lista exhaustiva ni excluyente, por lo que la lista de las acciones planteadas podría verse aumentada o reducida. Sin embargo, se quiere resaltar aquellas acciones que por su peligrosidad potencial están afectando, y seguirán afectando, tanto al medio físico como al socioeconómico de la cuenca.

En los análisis de estos problemas se consideraron criterios de priorización, diseñándose una matriz de doble entrada, y determinándose una ponderación de acuerdo a la magnitud del problema tomando en consideración las diferentes actividades que se vienen desarrollando en el área y que han generado afectación de los recursos naturales, conllevando a la problemática ambiental existente en la cuenca.

El valor total de cada subcuenca se divide por 2, para tener un valor máximo de 100 puntos. Los valores resultantes del cuadro del Apéndice I, oscilan entre 12,5 y 81 puntos, por lo que se hizo necesario establecer rangos, según consta en la **Tabla 1.**

Tabla 1. Rango para determinar el grado de intervención

RANGO	GRADO DE INTERVENCION
81 - 53	Muy intervenido
52 - 30	Moderadamente intervenido
< 30	Poco intervenido

Fuente: SHT-CANAGRO (1996).

Dentro de identificación de áreas degradadas en la Cuenca del río Carache, específicamente la microcuenca Burbusay, que drenan sus aguas directamente al río Motatán y de ahí al Embalse Agua Viva, se ha determinado que es un área de alta inestabilidad geológica que presenta una problemática ambiental caracterizada por una alta producción de sedimentos y pérdidas de suelo, consecuencia de sus propias condiciones naturales y del desarrollo de actividades agrícolas en fuertes pendientes y a la apertura de la vía que comunica Burbusay con Carache.

Esta problemática en conjunto ha determinado que el área de la Quebrada Seca, perteneciente a la microcuenca Burbusay se cataloga como cuenca torrencial; y, declarada prioritaria en el plan de rehabilitación de la cuenca del río Motatán.

El Plan Maestro de Desarrollo del Sistema Hidráulico Trujillano (1996), ha establecido zonas prioritarias a ser tratadas a corto plazo, entre las cuales consta la Quebrada Seca de la microcuenca Burbusay.

Por visitas técnicas realizadas a la zona de la Quebrada Seca, y analizando los parámetros y puntuación usados para el cálculo de la **Tabla 1.1 del Apéndice I**, es criterio del tesista que esta zona es de carácter torrencial; el mismo que fue confirmado por uno de los asesores que estuvo en el lugar y como se demostrará en la **Tabla 5**.

Prediseño de las obras estructurales

Cuando se ha ocasionado el desequilibrio sobre la cuenca es necesario su corrección para una protección del hombre y sus bienes, por lo que se debe establecer un plan que involucre medidas estructurales y no estructurales. Las medidas técnicas, en general, se aplican donde la cobertura vegetal es débil para resistir las fuerzas torrenciales y donde no se puede lograr una protección con base en las condiciones naturales. Estas obras de ingeniería incluyen: a) obras transversales, que se sitúan en el cauce transversal al eje de la corriente, con el eje empotrado en ambas márgenes como diques, traviesas, rampas entre otras; b) obras longitudinales, que sirven para la protección de márgenes y zonas cercanas, como muros y diques longitudinales o laterales, revestimiento de taludes, espolones, entre otros (Suárez, 1993).

Vidal(1995) elabora un programa para la rehabilitación de una cuenca afectada por el fenómeno torrencial; el mismo que debe constar de los siguientes aspectos:

- Un esquema general de medidas, clasificadas en: estructurales y no estructurales.
- Las medidas estructurales consideradas de tipo correctivo, se usan generalmente en la vertiente y, el cauce. Las no estructurales se aplican en la cuenca de recepción, en el cono de deyección y otras áreas propensas a daños; éstas son consideradas como medidas de tipo preventivas.
- Las medidas no estructurales no podrían formularse en un programa general y las estructurales no se diseñarían, sin antes haber realizado una revisión de la información existente, lo más completa posible, la realización de visitas de campo y la revisión bibliográfica de la literatura existente del tema.

Suárez (1993) presenta los tipos de presa más utilizados en la actualidad para la corrección torrencial; muchas de esas presas corresponden a situaciones especiales y a condiciones locales. Las presas son:

- Presas de concreto o mampostería, tipo gravedad, las más utilizada de todas.
- Presas de concreto, tipo arco, las cuales suelen ser las más convenientes en gargantas rocosas, estrechas y profundas.
- Presas de gaviones y celdas rellenas, las cuales son estructuras de gravedad pero con características de flexibilidad, permeabilidad y facilidad de construcción, que han originado un incremento sostenido en su utilización.
- Presas de enrocado o escollera, formadas por una masa de fragmentos de roca de diferentes tamaños, colocados y compactados en forma de capas horizontales sucesivas.
- Presas de tierra, generalmente se las usa como complementación de alguna presa de otro tipo, y su uso es muy limitado porque no resisten mucho tiempo el efecto erosivo.
- Presas de tierra armada, son relativamente nuevas y presentan ventajas para su utilización en determinados sitios por su rápida construcción, ya que se utiliza elementos prefabricados que se ensamblan en la obra.
- Presas abiertas, destinadas principalmente a detener avalanchas de lodo o lavas torrenciales. Estas presas han sido objeto de diferentes denominaciones: presas filtrantes, presas selectivas, presas con claraboyas, etc.

Según Kirpich (1940), citado por Rojas(1986), para calcular el tiempo de concentración utilizado en estos análisis viene dado por una expresión en función de la longitud del cauce principal, tomado desde su inicio hasta el punto de ubicación del dique, y de la diferencia de nivel entre el inicio del cauce y el punto de ubicación del dique. Ambas componentes tienen que ser dadas en m.

El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos(1972), citado por Rojas(1986) ha desarrollado cuadros para obtener el número de curvas, a partir de las características del suelo - cobertura de la cuenca.

Para Weisher (1970) citado por Rojas (1986), solo es necesario poseer cuatro mapas de profundidad – duración - frecuencia para 1 y 24 horas con tiempos de retorno de 2 y 100 años. El MOP (1963), también citado por Rojas(1986), propone utilizar curvas de frecuencia de una hora y de seis horas.

El procedimiento utilizado para el cálculo de la lluvia de diseño, es planteado por Rojas (1986), y es el siguiente:

- Se determinan los valores de profundidad en los mapas y los TR antes mencionados.
- Utilizando papel semilogarítmico, con el tiempo en la escala logarítmica, se debe graficar los valores de 1 hora para TR de 2 y 100 años, determinándose una recta. Igualmente para 6 horas y TR de 2 y 100 años, formándose una nueva recta.
- Estos valores así obtenidos se trasladan a otro gráfico similar al anterior, pero de duración vs profundidad y se unen los puntos con una recta. De este gráfico puede obtenerse la lluvia de diseño para una frecuencia y duración deseadas.

Cartaya (1988), citado por Suárez(1993) llegó a la conclusión de que las lluvias cortas extremas tienen propiedades similares y propone para Venezuela, una relación de lluvias correspondientes a duraciones menores de una hora.

Rojas (1986) expresa que la frecuencia de una lluvia, llamada también período de retorno(TR), o intervalo de recurrencia se define estadísticamente como el número promedio de años entre la ocurrencia de una precipitación de cierta intensidad y otra precipitación igual o mayor que la primera.

Rojas continúa expresando, que en la práctica común de la ingeniería de este tipo de obra, los Períodos de Retorno suelen estar comprendidos en el rango de 10 años a 100 años. Para el prediseño de la obra se asume un TR, pero del análisis económico se determina el TR óptimo.

Autenheiner (1960), citado por Hattinger(1973) propone una expresión para el cálculo de caudal de una sección trapezoidal, en función de las características geométricas de la sección, del coeficiente de contracción y de la aceleración de la gravedad.

Schoklitsch (1932), citado por Hattinger (1991), fue el primero en investigar el problema del cálculo de la profundidad de socavación en base de ensayos y establecer una fórmula empírica, en función del diámetro de las piedras en que se divide el material sólido del cauce y del caudal líquido unitario.

AIDI (1983) en su manual para el diseño de diques de corrección de torrentes establece consideraciones generales y criterios detallados para el diseño de diques de gravedad. Se menciona la importancia del material de construcción para la estabilidad e igualmente presenta recomendaciones para el diseño de las estructuras complementarias en el cálculo de diques.

La Agencia Internacional de Cooperación del Japón (1992), citado por Vidal (1995), propone una metodología bastante detallada para el diseño de diques de gravedad tipo SABO, caracterizados por poseer inclinación en los taludes de aguas abajo y de aguas arriba. Forman parte de la estructura del dique tanto el delantal como el contradique de aguas abajo.

Hattinger (1991) propone que el procedimiento para el diseño estático de un dique, es un proceso repetitivo de los siguientes pasos:

Selección tentativa de las dimensiones de elementos del dique.

Cálculo de las fuerzas que actúan sobre el dique

Análisis de estabilidad frente a las fuerzas actuantes, incluyendo la determinación de la resistencia de los materiales y de los factores de seguridad.

Hattinger (1991), expresa que para el cálculo estático para un dique de gravedad, se consideran combinaciones de fuerzas tales como peso del dique, empuje del agua, empuje de tierra y la subpresión hidrostática. Las combinaciones más comunes de fuerzas son:

- Peso del dique con empuje del agua.
- Peso del dique con empuje de tierra.

La práctica más común, es la combinación del peso del dique con empuje de agua, que se aplica a diques medios y altos; la subpresión hidrostática se aplica a diques muy altos.

La A.I.D.I.(1983) recomienda que para el caso de mechinales circulares la distancia entre orificios dispuestos sobre la misma horizontal no debe ser inferior a quince veces el diámetro y cada hilera de orificios será dispuesta desfasada respecto a la vecina, y entre una hilera y otra, la distancia no deberá ser inferior a 7,5 veces el diámetro del orificio. En la zona del dique encima de las laderas no se colocan mechinales para evitar socavaciones.

Vidal (1995), propone una tabla para el peso específico del material con el cual se espera construir un dique, como el que se utiliza en obras de ingeniería civil, para el control de torrentes. Estos valores representativos se indican en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Peso específico del material utilizado en los diques

MATERIAL	S_2 (T/m ³)
Hormigón con áridos de granito	2,36
Hormigón con piedras de caliza	2,28
Hormigón con grava	2,40
Mampostería con piedra de granito	2,40
Mampostería con piedra de areniscas	2,10
Mampostería con caliza	2,40

Fuente: Vidal(1995).

Vidal (1995), propone una tabla para los coeficientes de fricción que se produce entre la base de un dique de hormigón y el material del suelo. Estos valores representativos se indican en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Coeficientes de fricción (F) para diques de hormigón

MATERIAL DE FUNDACION	F
Roca	0,75
Grava y arena fina	0,5-0,7
Grava y arena gruesa	0,4-0,6
Arcilla y arena	0,60
Arcilla seca	0,50
Arcilla húmeda	0,30
Arcilla dura	0,30-0,50
Arcilla blanda o limo	0,20-0,30

Fuente: Vidal (1995).

Vidal(1995) en el mismo documento, plantea que en el paramento exterior del dique, existen tensiones positivas o compresiones, por lo cual la resistencia de los materiales debe ser mayor que estas tensiones. Para los diferentes materiales se han determinado valores para la carga admisible(S_3), que se presenta en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Cargas medias admisibles para suelos

MATERIAL	S ₃ (kg/cm ²)
Roca dura (sana)	20 a 50
Roca descompuesta (arenisca)	10 a 15
Roca blanda	7 a 25
Grava compacta confinada	5 a 7
Arena gruesa suelta, arena fina confinada	2 - 3
Arcilla blanda, arena fina suelta	1 - 0

Fuente: Vidal(1995)

Suárez (1993) expresa que las estructuras más comunes que se usan para la protección aguas debajo de un dique son: el contradique, el cuenco amortiguador sumergido y la losa de protección (o zampeado); siendo el más usado el último anotado. La losa de protección tiene como función evitar que el material del cauce natural esté en contacto con la caída del flujo mediante la colocación de materiales resistentes a la erosión, que puede ser un enrocado. Según su pendiente, las losas de protección pueden ser de dos clases: horizontales y verticales.

Adicionalmente, expresa que es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones, para las obras de protección aguas abajo:

- Protección del cauce aguas abajo con una losa de material grueso hasta una distancia de cuatro veces la altura crítica.
- El espesor de la losa puede oscilar entre 0,5 y 1,0 m en los casos normales, según la altura efectiva del dique.
- Colocación al final de la losa de un dentellon del mismo material con una profundidad adicional de 0,5 m y un ancho doble de esta profundidad.
- La losa de protección longitudinal se recomienda sólo en torrentes de bajas pendientes.

Análisis Financiero – Económico y Medidas no estructurales

Análisis Financiero – Económico

El BID(1996), expresa que los organismos financieros requieren la realización de diversos estudios antes de aprobar recursos para un proyecto; se debe emplear un conjunto de elementos de juicio que se derivan de varios análisis para tomar decisiones sobre las solicitudes de financiamiento. Entre los criterios que determinan su concesión constan:

- *Viabilidad técnica* es la que identifica y compara las alternativas eficaces que existen, para lograr los objetivos del proyecto. Estudia las dimensiones, características físicas, ubicación geográfica y otras especificaciones de la opción definitiva, así como las tareas que deben realizarse para llevarla a cabo, sus costos y plazos de ejecución.
- *Viabilidad financiera* considera los recursos monetarios requeridos para cubrir los gastos del proyecto en el período de ejecución del mismo y los de operación posteriores a su terminación. Incluye el análisis de posibilidades de recuperación de costos, proyecciones de los estados financieros y cálculo de rentabilidad desde el punto de vista particular de los inversionistas.
- *Viabilidad económica* analiza los costos y beneficios para la sociedad derivados del proyecto y calcula sus tasas de retorno cuando los beneficios son cuantificables; si no lo son, determina la alternativa de menor costo entre las de un semejante nivel de eficacia que sea aceptable. También estudia los efectos del proyecto sobre la distribución de los ingresos y la riqueza.
- *Viabilidad ambiental* se refiere a los posibles efectos negativos y positivos sobre el medio ambiente, su respectiva gravedad o importancia y las maneras de evitar o mitigar los primeros y afianzar los segundos.

El BID(1996) expresa que la evaluación o análisis financiero busca sistematizar la información relevante y útil para el proceso de toma de decisiones; describe la viabilidad del proyecto a la luz de unos criterios particulares y plantea las recomendaciones correspondientes. La evaluación financiera cumple tres funciones:

1. Determina el punto en el cual los costos pueden ser cubiertos oportunamente y así contribuye a diseñar el plan de financiamiento.
2. Mide la rentabilidad de la inversión.
3. Genera la información necesaria para realizar la comparación del proyecto con otras alternativas o con otras oportunidades de inversión.

Luego, en el mismo documento, el BID, plantea que la evaluación financiera varía según la entidad interesada, realizando una evaluación de un mismo proyecto o alternativa desde varios puntos de vista:

- Punto de vista de los beneficiados directos.
- Punto de vista de la entidad o entidades ejecutoras.
- Punto de vista de la entidad o entidades que financian el proyecto.
- Punto de vista del gobierno.
- Punto de vista de la economía.

Bandes (1980), para la planicie del río Acarigua, determina el daño por inundación aplicando la técnica del valor esperado. El daño por inundación lo calcula a partir del área inundada y asignando un costo igual a la suma del costo de producción del cultivo más el ingreso que el agricultor deja de percibir. La evaluación se refiere a los daños evitados por cada alternativa de control de inundaciones y diferentes combinaciones entre ellos.

Ven Te Chow et al (1988), Barrios (1985), Bandes (1980) entre otros autores, proponen una metodología para la estimación de las pérdidas económicas por daños anuales a través del método del valor de diseño anual esperado.

Ven Te Chow (1988) expresa que no siempre resulta económico diseñar las estructuras utilizando el valor de diseño anual esperado, el cual se modifica frecuentemente. El valor definitivo puede ser modificado adicionalmente de acuerdo con criterios de ingeniería y con la experiencia del diseñador.

OEA-CIDIAT (1992) presenta el estado de avance de los principales temas que cubre la economía ambiental, la experiencia de diversos países en el uso de instrumentos económicos de manejo ambiental y la contribución que esos instrumentos pueden hacer al manejo de recursos naturales y ecosistemas en países latinoamericanos.

Ven Te Chow (1988) señala que el diseño hidráulico es el proceso de evaluación del impacto de los eventos hidrológicos en un sistema de recursos hídricos y de selección de valores para las variables importantes del sistema para que éste se comporte adecuadamente. Además, existen otros factores que están inmersos en los diseños, sistemas y manejo de recursos hidráulicos, tales como la seguridad y salud pública, la economía, la estética, los aspectos legales y factores de ingeniería como los diseños geotécnicos y estructurales.

CORDIPLAN (1993) citado por Pérez (1996), elabora un **Manual Metodológico para el Sistema Nacional de Inversión Pública** que contiene los indicadores para el análisis financiero y económico de los proyectos de inversión. La teoría de evaluación de proyectos (teoría de decisión de inversión) ofrece un conjunto de indicadores que permiten identificar, cuantificar y valorar los costos y beneficios de un proyecto de inversión, con el fin de decidir si es o no conveniente acometer dicho proyecto.

En la **Guía Metodológica para la Evaluación de Proyectos** del FONVIS (1990), citada por Pérez (1996) se establece que un proyecto de inversión es una propuesta de acción que implica la utilización de un conjunto determinado de recursos para el logro de unos resultados esperados. A su vez, los proyectos de inversión pública son un instrumento de intervención del Estado en aquellas áreas que corresponden a su misión y naturaleza, sobre todo en la protección de servicios sociales donde los precios de mercado no garantizan una intervención rentable para la iniciativa privada.

Pérez (1996), realiza una valorización de efectos ambientales en proyectos de riego y drenaje con los estudios de aplicación en el Proyecto Yacambú - Quíbor, Estado Lara. Las metodologías directas miden las preferencias de las personas por el bien ambiental, lo cual se determina a través de mercados hipotéticos o relacionados. Las metodologías indirectas no miden la preferencia de las personas o su disposición a pagar por el bien ambiental, sino que valoriza el efecto de dicho bien sobre el ambiente.

Dichas metodologías tratan de valorizar aquellos efectos ambientales a los cuales es difícil colocarle un valor económico, y se dividen en:

- a. Metodologías directas basadas en mercados sustitutos.
 - Precios hedónicos sobre la propiedad de la tierra.
 - Precios hedónicos sobre el salario.
 - Costos de viaje.
- b. Metodologías directas basadas sobre mercados hipotéticos.
 - Evaluación contingente.
 - Método Delphi.
- c. Metodologías indirectas con valorización.
 - Cambios en productividad.
 - Cambios en las ganancias.
 - Costos de mitigación, reemplazo, reubicación.
- d. Otras metodologías basadas en costos.
 - Costo - eficiencia.
 - Costo de oportunidad.

El BID (1996) propone que los criterios para la toma de decisiones, vienen dados por la evaluación financiera que permite:

- Medir la rentabilidad de un determinado proyecto, para tomar la decisión sobre la bondad de ejecutarlo. Es decir, hay que evaluar la rentabilidad de cualquier inversión considerando el costo de sacrificar las oportunidades de utilizar el dinero para llevar a cabo otras inversiones, o sea el costo de oportunidad del dinero.

- Comparar u ordenar los diferentes proyectos de inversión. Se puede tener un grupo de proyectos de inversión, todos los cuales sean rentables, y se desea seleccionar aquellos que se deben ejecutar, dentro del límite de capital que está disponible o los proyectos que permiten maximizar los beneficios.
- Los criterios con base en los cuales se toma decisión o no en un proyecto son: El Valor Presente Neto(VPN), la Tasa Interna de Retorno(TIR), la Relación Beneficio – Costo[R(b/c)], el período de recuperación de inversión. Los criterios más utilizados son el VPN y la TIR.

Azqueta (1994) señala una serie de técnicas que el análisis económico ha propuesto para la valorización intangible en general, y de la calidad ambiental en particular. Manifiesta que los supuestos de partida así como el análisis aplicado son discutibles, pues el contenido de los procesos de valoración que se proponen, no es siempre fácilmente aceptable y la ausencia de datos obliga muchas veces a tomar supuestos no tan ciertos.

El BID (1996) define a la Evaluación Económica como el análisis que se ha diseñado para medir la contribución de un proyecto o una política al bienestar de la sociedad. Esto es, que el objetivo de esta evaluación es medir el beneficio neto de un proyecto o de una acción para el bienestar de toda la colectividad. Los criterios para determinar si un proyecto mejora o no el bienestar de la colectividad son:

Criterio de Pareto.- Si algún agente mejora su bienestar sin ocasionar pérdida en ningún agente, el proyecto o acción es viable.

Criterio de Kaldor – Hicks.- Si las ganancias de los ganadores compensa potencialmente las pérdidas de los perdedores y, si aun así hay ganancia, el proyecto es bueno.

El BID(1996) propone que la evaluación económica o social tiene como objetivo medir el impacto del proyecto o políticas sobre todos los elementos de la función del bienestar nacional y asignar valor a cada impacto, según la utilidad marginal social del elemento afectado. Para extender este planteamiento a un análisis de bienestar de la sociedad, es necesario ampliar la especificación de la función de bienestar en tres dimensiones a saber:

- El conjunto de bienes y servicios a ser tomados en cuenta.
- El conjunto de individuos que constituyen la colectividad nacional.
- La dimensión temporal de la sociedad.

Azqueta (1994) establece que existe la relación de complementariedad entre los bienes privados y los bienes ambientales, dentro de la función de utilidad de una persona; en otras palabras, cuando el disfrute del bien ambiental requiere del consumo de un bien privado. Las personas que disfrutan de un parque natural (consumen sus servicios), pero para hacerlo necesitan recurrir al consumo de

algunos bienes privados: entre otras cosas, tienen que desplazarse hasta allí; este es el punto de partida del llamado método del costo de viaje.

Kling (1989) citado por Azqueta (1994) clasifica al costo de viaje en tres tipos:

1. Costos ineludibles, valores que nadie discute que deban ser incluidos en el cómputo total.
2. Costos discrecionales, valores dudosos cuya inclusión o no origina polémica.
3. Finalmente, el tiempo, tanto del viaje como el transcurrido en el sitio. En este tercer tipo se presenta un doble problema: ¿Debe ser considerado también como un costo? Y, si así se considera ¿Cuánto vale?.

Azqueta(1994), en la aplicación de la técnica de los precios hedónicos para el caso de la vivienda indica que las variables relevantes a la hora de determinar su precio son:

- Superficie de la parcela.
- Metros cuadrados construidos.
- Area interior.
- Número de cuartos de baños.
- Año de construcción.
- Area del garaje.
- Area de aparcamiento no cerrada.

Medidas no Estructurales

Vidal (1995) propone que las medidas no estructurales son medidas preventivas y las más importantes son: ordenamiento de la tierra, acciones legales - administrativas, programa de educación ambiental, programa de control de incendios de vegetación, sistema de alarma de crecidas, mitigación de daños entre otros.

CIDIAT (1992) propone que el número de técnicos necesarios para implementar la medida puede estimarse a partir del número de fincas que deben ser atendidas y adoptando como parámetro que un técnico puede visitar 4 fincas por día, y que cada finca debe visitarse 2 veces al mes, durante 6 meses.

MARNR (1991) define la educación ambiental como un proceso sistemático, permanente y de largo alcance, a través del cual la población toma conciencia de su realidad global, de las relaciones entre los diversos elementos que configuran el ambiente local, de los conflictos de uso derivados por la acción antrópica y

natural, sus causas y consecuencias; y, simultáneamente, desarrolla un comportamiento comunal dirigido a conservar y mejorar su ambiente, mediante la participación activa, para elevar su calidad de vida.

Según el MARNR (1991), citado en el estudio del CIDIAT (1992), en el plan de conservación de la cuenca aportante al Embalse Yacambú, y a un tiempo neto de diez años para la implantación del programa de Educación Ambiental, se estima en un costo anual promedio de 3'426.380,00 Bs./año, para una población de 5.070 habitantes, asentada en una área que abarca 32.595 ha.

El programa de prevención y control de incendios forestales se desarrolla, según MARNR (1991), citado por el CIDIAT (1992), a través de dos grandes grupos de actividades: de prevención y de detección y extinción.

El BID (1996) propone que el análisis de la viabilidad institucional debe examinar la capacidad del organismo ejecutor y demás instituciones involucradas, para ejecutar el proyecto y operar resultados. Esto incluye el estudio de la organización, procedimientos, personal, estructura de incentivos, procesos de toma de decisión y control, y la gerencia de dichas entidades.