

5 MEDIDAS PARA CONTROL DE EROSIÓN/SEDIMENTOS

5.1 INTRODUCCIÓN

Básicamente, las medidas para la reducción de erosión y sedimentación son de dos tipos: a) biológico-forestación y b) ingeniería.

Los primeros tienen el propósito de proteger las áreas desnudas y recuperar las zonas montañosas degradadas. Estas medidas persiguen la reducción, retención y retardo de la descarga de líquidos y sólidos de las cuencas, debido a que, cuando se reduce el desplazamiento de los altiplanos, las actividades de erosión hacia arriba y abajo se reducirán y se estabilizarán las laderas de los cerros. Pueden utilizarse como medidas complementarias para los tratamientos del lecho del río o como medidas para conservación del suelo para la agricultura. Mientras estas medidas cumplan con el objetivo de control de erosión /sedimentos, los trabajos de ingeniería más costosos serán de menor tamaño. Las características principales de la especie para tratamientos vegetativos son; que crecen rápidamente, las raíces deben ser largas, fuertes y profundas, que crecen en áreas degradadas, buena reproducción en estacas, ramas y semillas. Entre las especies que pueden utilizarse en el área están: pasto Valeriana, Hierba Luisa, Leucaena, Izote (nombre local), etc.

Los trabajos de ingeniería tienen el propósito de establecer un equilibrio en el lecho del río, aumentando la solidez de éste o reduciendo la velocidad del flujo. Para la estabilización de lechos de río pequeños y laderas de cerros, los trabajos más comunes son pequeñas presas o muros para retención de sedimentos que, al mismo tiempo, reducen el proceso de erosión y retienen el suelo vegetal cerca de la fuente. Estas pequeñas presas tienen el efecto de subir nivelando los pendientes de acuerdo con la compensación del pendiente del lecho del río en la parte trasera de la represa, produciendo finalmente su estabilización.

Para el área del Estudio se deben poner en práctica medidas vegetativas para control de erosión en las laderas de cerros, especialmente en los utilizados para agricultura.

Para este propósito se ha ubicado un Area de Proyecto Piloto en la microcuenca del Río Chiquito donde la erosión es alta y durante el Mitch se generaron varios deslizamientos de tierra, produciendo flujos de arrastre río abajo que cortaron el camino entre Tegucigalpa y Valle de Angeles en las áreas de las Quebradas Santa Elena y Jardinera en las afueras del Pueblo Chimbo (*Figura I.5.1*)

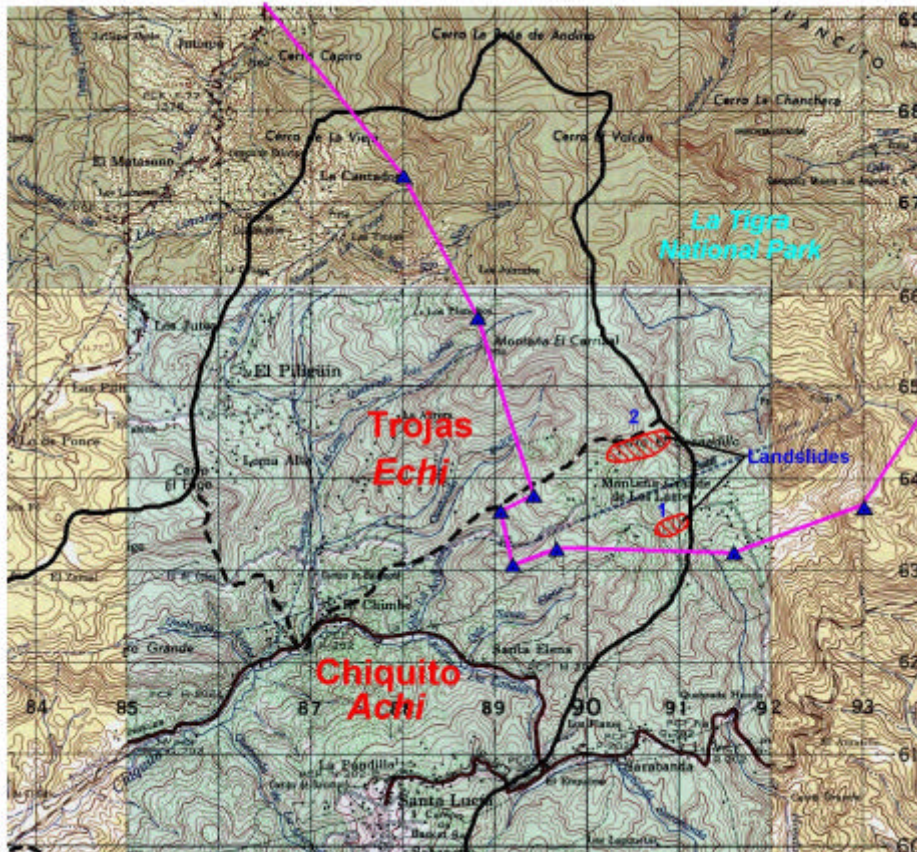


Figura I.5.1 Ubicación del Area de Proyecto Piloto en la Microcuenca del Río Chiquito. Los dos deslizamientos de tierra están en el Parque Nacional La Tigra.

Como consecuencia del Huracán Mitch un gran deslizamiento de tierra (100x50m) ubicado en la Quebrada Santa Elena (*Foto I.5.1*) se convirtió en un flujo de escombros que se llevaron varias casas río abajo. Otro deslizamiento de tierra mayor (700mx350m) empezó río arriba de la Quebrada La Jardinera/Jabonera (*Foto I.5.2*). Una casa en su interior fue destrozada y la otra está agrietada aunque permanece en su lugar. Partes del deslizamiento de tierra fluyeron como arrastres pero el cuerpo principal de la tierra permanece. Considerando que es un peligro en potencia en el caso de lluvias de larga duración en el futuro, es necesario hacer un estudio especial y completo de estas dos áreas para su estabilización permanente.



Foto I.5.1 Deslizamiento de Tierra en la Quebrada Santa Elena Producido durante el Huracán Mitch. (150mx50m). Se convirtió en un flujo de arrastre que destruyó varias infraestructuras.



Foto I.5.2 Deslizamiento de Tierra en la Quebrada Jabonera (700mx350m). Se produjo parcialmente durante el huracán Mitch, sin embargo permanece una gran masa en estado inestable. Hay un peligro potencial de que se convierta en un enorme flujo de arrastre en el siguiente desastre. Es necesario hacer un estudio detallado para su estabilización completa.

Se conoce que un proyecto patrocinado por USA-AID (LUPE) estaba trabajando hasta cierto punto en esta área hace varios años, sin embargo, el proyecto terminó y no se hizo un seguimiento. Recientemente, después del Huracán Mitch, la FAO empezó a introducir pasto Valeriana y algunas otras plantas locales para control de erosión, sin embargo, el tamaño del proyecto parece haber sido muy pequeño porque sólo unos pocos restos de estos trabajos pueden

verse.

La FAO ya realizó pruebas de forestación de esta área pero no pudo ejecutarse con éxito debido a la oposición de los vecinos sobre el tipo de especies a cultivar. Por lo que se recomienda dar una serie de incentivos para que cambien sus actividades de la agricultura a la forestación o por lo menos realicen trabajos de conservación del suelo tales como cultivo en curvas de nivel y terrazas.

En este Estudio se recomienda la ejecución de tratamientos vegetativos y presas de retención de sedimentos como proyecto piloto en el área de afluentes de estas dos quebradas, Quebrada Santa Elena y Quebrada Jardinera (o *Jabonera* tal como se le conoce también). Estos trabajos se ejecutarán para la retención de sedimentos en altiplanos en quebradas de primer y segundo orden. Las propuestas y costos de estas medidas se explican en las siguientes secciones.

5.2 BARRERAS VIVAS

Estas barreras vivas son cinturones de plantas perennes de crecimiento denso y resistentes a la presión de escorrentía. Se plantan en perpendicular con respecto al talud para controlar la erosión y retener los sedimentos. La instalación y mantenimiento requiere menos trabajo que los trabajos de infraestructura.

Entre los pastos utilizados en este tipo de trabajos están: pasto Valeriana, Elefante, King Grass, Guinea, Jaragua, hierba Luisa, etc. Sin embargo, a excepción de la primera, necesitan suelos fértiles y algunos de ellos son invasores o no resistentes a las sequías. Otros no son lo suficientemente rígidos como para formar terrazas naturales.

Debido a ello se recomienda fuertemente que en el área de estudio piloto se cultive pasto Valeriana (*Vetiveria Zizanioides*) como barrera viva. Puede crecer en pendientes de hasta 60%, a alturas sobre el nivel del mar de entre 0 y 2,500 m, y con lluvias de más de 500 mm por año. Tiene gran resistencia a las sequías. El sistema de raíces es profundo y denso, creando una red viva como telaraña dentro del suelo que se vuelve una terraza natural (*Figura I.5.2*).

La separación entre racimos debe ser de 10 a 15 cms, es decir 7 racimos por metro. La distancia entre barreras depende del pendiente de la tierra, sin embargo es normal una vertical de 2m.

Para este Estudio se recomiendan barreras vivas como trabajo complementario de presas pequeñas para retención de sedimentos. Las barreras vivas deben instalarse en un cinturón promedio de 100m (50m por lado) a lo largo de los lechos del río de las quebradas, siempre que no haya cubierta forestal densa.

5.3 MICRO-PRESAS SABO PARA RETENCIÓN DE SEDIMENTOS

Debido a razones económicas, se considera utilizar dos tipos de represas a) quebradas básicamente angostas de altiplanos, pequeñas presas de albañil seco con 1 a 2m de altura y 5 a 10m de longitud. b) para quebradas más anchas y permanentes en lechos de río menos inclinados, se proponen presas de gaviones de 3 a 4m de altura y 15 a 20m de longitud.

5.3.1 ALBAÑIL SECO

Con respecto al primer tipo, durante nuestra inspección en el campo a la subcuenca de la Presa Concepción pudimos observar varias presas de 1 a 2m de albañil seco construidos directamente

por SANAA a partir de 1991, que se llenaban hasta 1998 (durante 7 años) (Foto I.5.3,I.5.4). Más recientemente, desde oct/1999 SANAA está realizando un proyecto de presas para retención de sedimentos en la misma subcuenca a través de una ONG llamada IHPEJ (Integración Hondureña de Promoción Empresarial Juvenil). Han trabajado unos 10,000m de lechos de río con separación entre presas de 10 a 12m y longitud de presas de 7 a 12m.



Foto I.5.3 Micro-presa de SABO de Albañil Seco Recientemente Construida (1993) en el Area de la Represa Concepción.



Foto I.5.4 Micro-presa de SABO de Albañil Seco ya llenada (Al=2m, L=12m) construida por SANAA en el Area de la Represa Concepción.

5.3.2 GAVIONES

Las presas de gaviones deben instalarse en lechos de río anchos donde el volumen de sedimentos retenidos es óptimo. Las estructuras de gaviones tienen desventajas en el sentido que necesitan inspecciones y reparaciones a intervalos, debido a la posible oxidación de la red de alambre en la cara externa producido por el flujo de sedimentos que desgasta el cable galvanizado. Este desgaste puede evitarse utilizando piedras protectoras o camas de madera que evitan el contacto directo entre el alambre y el flujo.

6. PLAN DE CONTROL DE EROSIÓN/SEDIMENTOS

6.1 METODOLOGÍA

La estimación del número de micro-presas SABO se hizo basándose en el pendiente, longitud y número de orden de las quebradas seleccionadas para el proyecto piloto. El sistema de drenaje aparece en la *Figura I.6.1*. Las secciones típicas de las presas propuestas para retención de sedimentos aparecen en la *Figura I.6.2*.

La longitud del relleno por sedimentos se calcula de acuerdo a Hattinger¹¹ como:

$$L=H/(tg\alpha-tg\beta)$$

donde: L = longitud de relleno por sedimentos

H= profundidad de la tierra cerca de la cara interna de presa

tg α = pendiente original del lecho del río (%)

tg β = pendiente de compensación propuesta para el lecho del río después del relleno.

Además, el volumen de sedimentos puede estimarse con la ecuación de una pirámide como:

$$V=(1/3)AxL$$

donde: V= volumen de relleno

A= sección en la parte trasera de la presa

L= longitud del relleno

O uso de una forma aproximada como sigue:

$$V=(1/2)bxAlxL$$

donde: b= ancho promedio del relleno

Para el cálculo se consideró una cadena continua de presas de la misma altura para la nivelación de pendientes. Sin embargo, puede optarse por la construcción de presas (primarias) más altas para condiciones específicas de descarga de sedimentos de los lechos del río con pendientes de compensación más grandes. A medida que continúan los trabajos de administración de la cuenca, incluyendo la forestación, la conservación del suelo y las correcciones del lecho del río, el tamaño de grano y volumen de los materiales será menos, produciendo una reducción del pendiente de compensación y, en consecuencia, serán necesarias presas más pequeñas con pendientes más suaves (*Figura I.6.3*)¹².

Sin embargo, en etapas futuras de diseño, será necesario un estudio de campo detallado que establezca el lugar, dimensiones y número de presas a construir.

6.2 PLAN DE TRABAJO

Hay un resumen de los trabajos propuestos en el sistema de drenaje del proyecto piloto, en la *Tabla I.6.1*. También muestra la capacidad de retención de sedimentos para cada caso,

¹¹ Hubert Hattinger, 1979. Página 29

¹² F.López Cadenas de Llano/FAO, 1988. Página 28

incluyendo los del pasto Valeriana.

En la siguiente sección se hará una estimación del volumen de trabajo.

Tabla I.6.1 Estimación del Número de Micro-presas SABO en el Area Piloto (arroyos Santa Elena y Jardinera, Microcuenca del río Chiquito)

No. orden (Horton)	Largo (m)	Altura. máx. (m)	Altura. mín. (m)	Inclinac. nat.a (%)	Inclinac.Co mp. β (%)	Altura (m)	Ancho (m)	L-Sed(m)	No. Presas	Vol. Sed. (m ³)
Quebrada Santa Elena										
1	1,000	1,900	1,530	37	3	1	5	3	340	2,500
1(a)	200	1,900	1,840	30	3	4	20	15	14	8,000
1(b)	500	1,960	1,840	24	3	2	10	10	53	5,000
2	2,800	1,840	1,270	20	3	3	15	17	162	63,000
1(a)	500	1,700	1,530	34	3	1	5	3	155	1,250
1(b)	400	1,620	1,460	40	3	1	5	3	148	1,000
1(c)	1,000	1,640	1,330	31	3	1	5	4	280	2,500
Sub-total	6,400								1,152	
Quebrada Jardinera/Jabonera										
1(a)	1,500	1,960	1,540	28	3	2	10	8	188	15,000
1(b)	500	1,720	1,540	36	3	1	5	3	165	1,250
2	2,000	1,540	1,220	16	3	3	15	23	87	45,000
1(a)	200	1,340	1,240	50	3	1	5	2	94	500
1(b)	600	1,520	1,280	40	3	1	5	3	222	1,500
1(c)	500	1,360	1,250	22	3	2	10	11	48	5,000
1(d)	250	1,240	1,140	40	3	1	5	3	93	625
Sub-total	5,550								897	
Total	11,950			32					2,049	152,125
A) Retención de Sedimentos Total por Presas (m ³) (No. de presas: N1=1,497, N2=289, N3=249, N4=14)										152,125
B) Prom. anual de producción sedimentos por erosión potencial, USLE (m ³) (5km ²)										34,256
C) Retención sedimentos anual de pasto Valeriana (m ³), cinturón 100m L=11,950m										10,234
D) Retención de sedimentos anual por presas (m ³) (B-C)										24,022
E) Periodo promedio de relleno de presas (años) (A/D)										6

A partir de estos resultados podemos observar que, durante el período de relleno de las presas, se ofrece una retención promedio de un 70% (es decir 24,450/34,256) de los sedimentos producidos por erosión en las cercanías. La parte remanente fluye río abajo tal como aparece en la sección anterior y se vuelve una pequeña parte de los sedimentos en la salida de la microcuenca.

Después del relleno de presas, el pendiente ha llegado al pendiente de compensación deseado y en consecuencia no puede producir un flujo de sedimentos río abajo.

7. VOLUMEN DEL TRABAJO

El volumen d trabajo de los diferentes trabajos se estima tal como aparece en la *Tabla I.7.1*.

Tabla I.7.1 Estimación de Volumen del Control de Erosión /Sedimentos en el Area del Proyecto Piloto

Quebrada	Material	Altura (m)	No. Presa	Sección (m ²)*	Ancho (m)	Volumen(m ³)
A) Micro-presa SABO						
Q.Santa Elena	Albañil seco	1	923	1.0	5.0	5.0
	Albañil seco	2	53	2.3	10.0	23.0
10	Gaviones	3	162	5.0	15.0	75.0
	Gaviones	4	14	7.8	20.0	156.0
Sub-total:			1,152			
Q.Jardinera	Albañil seco	1	574	1.0	5.0	5.0
	Albañil seco	2	236	2.3	10.0	23.0
	Gaviones	3	87	5.0	15.0	75.0
	Gaviones	4	-	7.8	20.0	156.0
Sub-total:			897			
Total:			2,049			
B) Barreras vivas Valerianas						
				Largo (m)	Ancho (m)	
Q. Santa Elena				6,400	100	
Q.Jardinera				5,550	100	
Total:				11,950		

* Incluye el dissipador de energía

Tabla I.3.9 Clasificación de Uso de la Tierra en el Area del Estudio

#	Cód.	Subcuenca y Microcuenca	Total			Urbano		Agricultura		Forestación		Arbusto		Tierra erosionada		Otros	
			Area (Ha)	Area (Ha)	%	Area (Ha)	%	Area (Ha)	%	Area (Ha)	%	Area (Ha)	%	Area (Ha)	%	Area (Ha)	%
1	Acho	Choluteca	2,489	1,052	1.3	11	0.0	369	0.5	35	0.0	954	1.2	69	0.1		
		Sub-total:	2,489	1,052	1.3	11	0.0	369	0.5	35	0.0	954	1.2	69	0.1		
2	Asa	Sapo	294	262	0.3	-	-	-	-	-	-	27	0.0	5	0.0		
		Sub-total:	294	262	0.3	-	-	-	-	-	-	27	0.0	5	0.0		
		Guacerique															
3	Ag	Guacerique Abajo	729	564	0.7	-	-	7	0.0	-	-	123	0.1	36	0.0		
4	Bg	Guacerique Arriba	4,904	36	0.0	1,235	1.5	1,156	1.4	2,351	2.9	69	0.1	57	0.1		
5	Cg	Qda. Grande	2,514	813	1.0	693	0.8	35	0.0	648	0.8	301	0.4	23	0.0		
6	Dg	Quiebramontes	1,896	-	-	514	0.6	433	0.5	949	1.2	-	-	-	-		
7	Eg	Guaralalao	4,350	-	-	770	0.9	3,580	4.4	-	-	-	-	-	-		
8	Fg	Quiscamote	3,041	-	-	769	0.9	2,269	2.8	3	0.0	-	-	-	-		
9	Gg	Mateo	4,215	-	-	1,711	2.1	1,796	2.2	708	0.9	-	-	-	-		
10	Hg	Horcones	1,097	-	-	225	0.3	656	0.8	217	0.3	-	-	-	-		
11	Ig	Dulce	1,677	172	0.2	375	0.5	276	0.3	706	0.9	144	0.2	5	0.0		
		Sub-total:	24,423	1,585	1.9	6,292	7.7	10,207	12.5	5,582	6.8	637	0.8	121	0.1		
12	Aqg	Qda. Grande	1,042	215	0.3	74	0.1	239	0.3	389	0.5	20	0.0	106	0.1		
		Sub-total:	1,042	215	0.3	74	0.1	239	0.3	389	0.5	20	0.0	106	0.1		
		Grande															
13	Agr	Grande	5,287	448	0.5	1,190	1.5	1,376	1.7	1,909	2.3	220	0.3	145	0.2		
14	Bgr	San José	13,944	-	-	3,471	4.2	9,465	11.5	804	1.0	-	-	204	0.2		
15	Cgr	Ojojona	5,029	138	0.2	1,292	1.6	3,013	3.7	586	0.7	-	-	-	-		
16	Dgr	Lag. El Pescado	1,551	94	0.1	665	0.8	425	0.5	349	0.4	-	-	18	0.0		
		Sub-total:	25,811	680	0.8	6,618	8.1	14,278	17.4	3,648	4.5	220	0.3	367	0.4		
		San José															
17	Asj	San José	2,260	412	0.5	577	0.7	511	0.6	649	0.8	94	0.1	16	0.0		
18	Bsj	Aguila	1,066	6	0.0	414	0.5	245	0.3	401	0.5	-	-	-	-		
19	Csj	Ingles	1,471	45	0.1	218	0.3	473	0.6	734	0.9	-	-	-	-		
20	Dsj	Sabacuante	4,749	563	0.7	2,317	2.8	1,366	1.7	504	0.6	-	-	-	-		
21	Esj	Tatumbra	7,303	491	0.6	1,523	1.9	5,018	6.1	271	0.3	-	-	-	-		
		Sub-total:	16,850	1,517	1.9	5,049	6.2	7,613	9.3	2,560	3.1	94	0.1	16	0.0		
22	Aqs	Qda. Salada	2,682	978	1.2	300	0.4	1,122	1.4	106	0.1	135	0.2	42	0.1		
		Sub-total:	2,682	978	1.2	300	0.4	1,122	1.4	106	0.1	135	0.2	42	0.1		
		Chiquito															
23	Achi	Chiquito	4,143	713	0.9	747	0.9	1,661	2.0	685	0.8	316	0.4	22	0.0		
24	Bchi	Lomas/Orejona	1,128	709	0.9	243	0.3	103	0.1	-	-	57	0.1	15	0.0		
25	Cchi	Burras	376	169	0.2	98	0.1	89	0.1	8	0.0	11	0.0	1	0.0		
26	Dchi	Mololoa	730	22	0.0	226	0.3	323	0.4	159	0.2	-	-	-	-		
27	Echi	Trojas	1,998	-	-	557	0.7	1,435	1.8	6	0.0	-	-	-	-		
		Sub-total:	8,374	1,613	2.0	1,870	2.3	3,611	4.4	857	1.0	385	0.5	38	0.0		
		TOTAL	81,965	7,901	10	20,214	24.7	37,438	45.7	13,177	16.1	2,471	3.0	764	0.9		

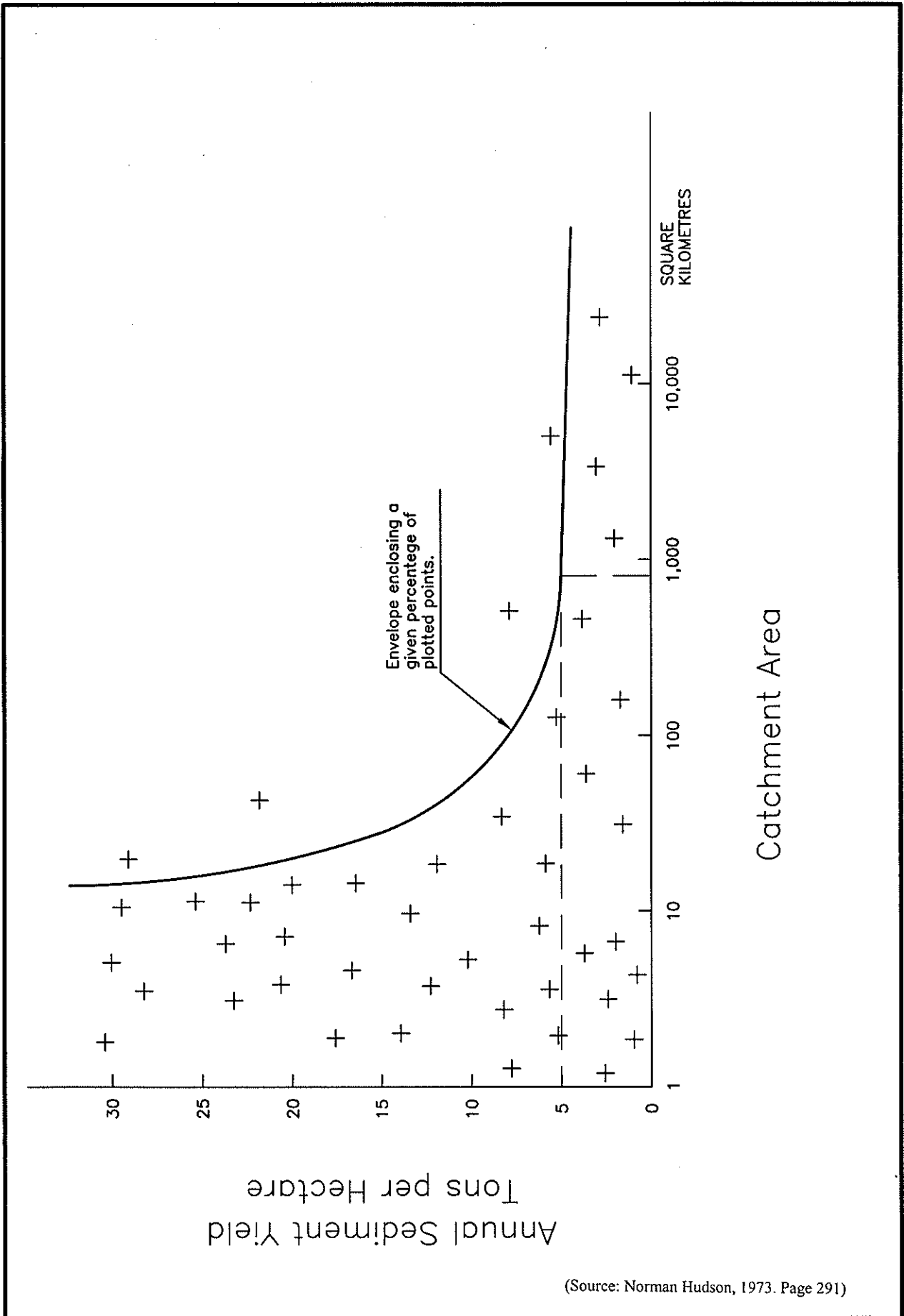
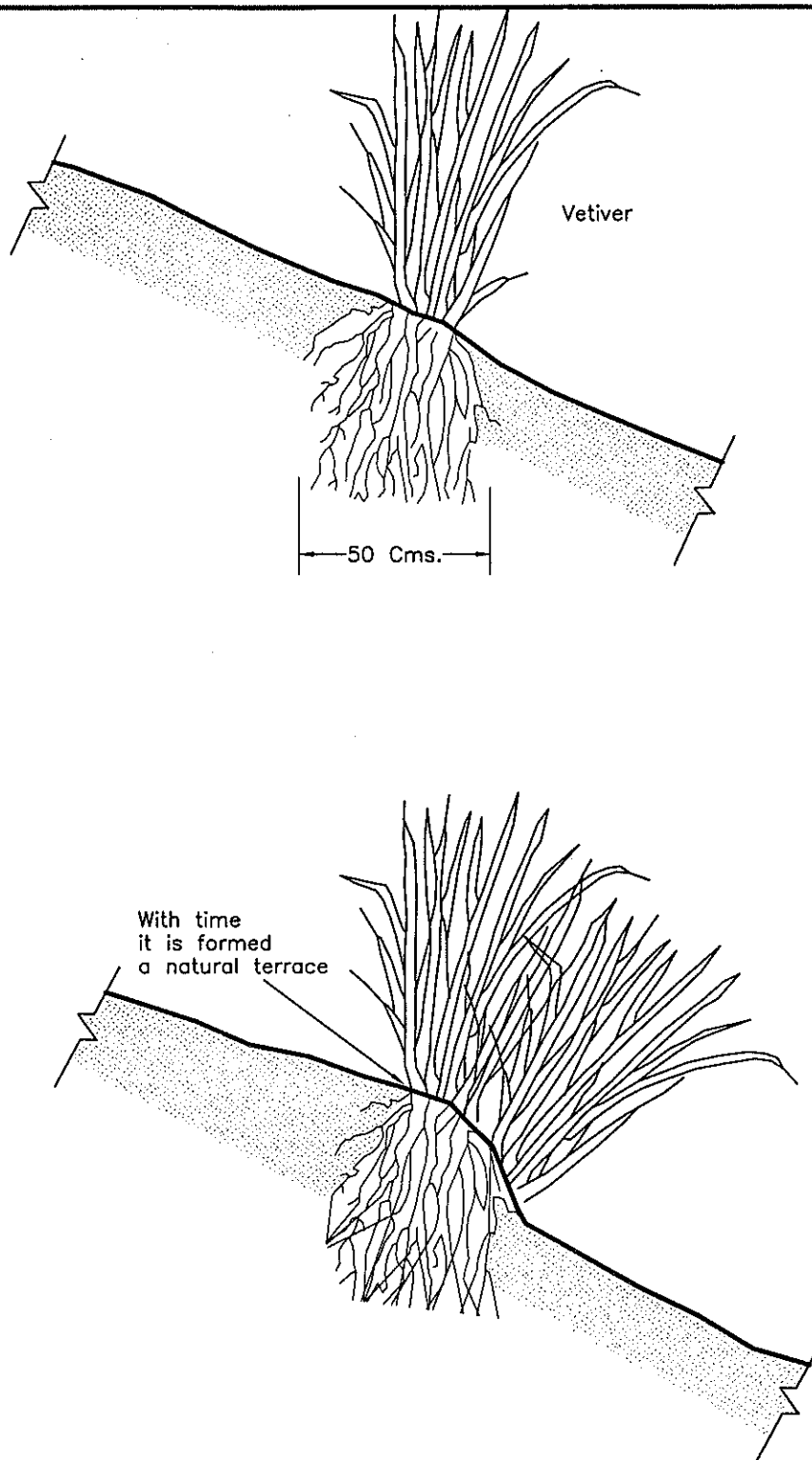


Figura I.4.3

Relación entre producción de Sedimentos y Area de Captación



Formación de una Terraza Natural a Travez de la Acumulación de Sedimentos al Lado Superior de una Barrera Viva (Banco Mundial, 1990 El Zacate Vetiver, la Barrera Contra la Erosión, Washington, D.C.).

Figura I.5.2

Formación de una Terraza Natural con una Barrera Viva

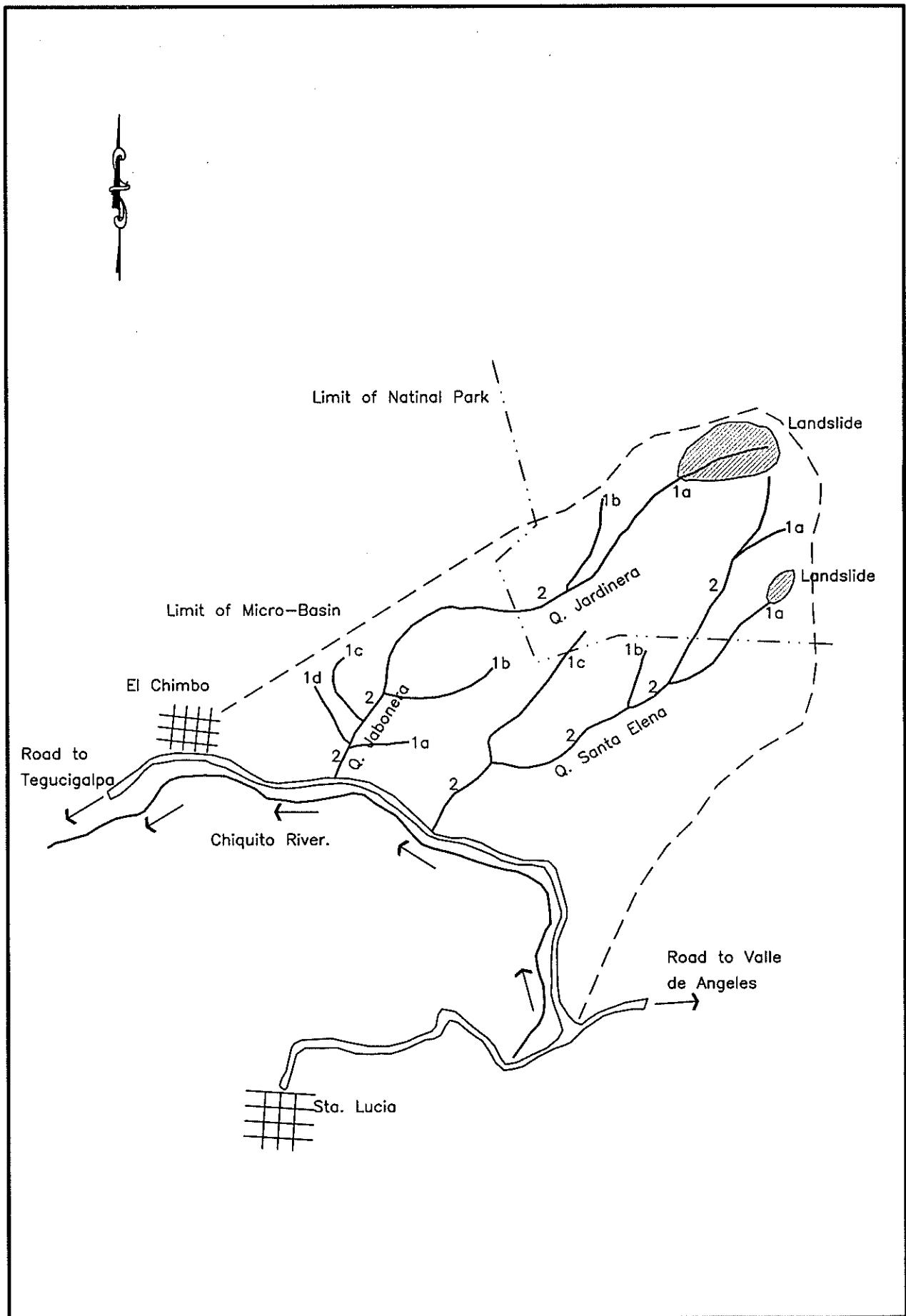
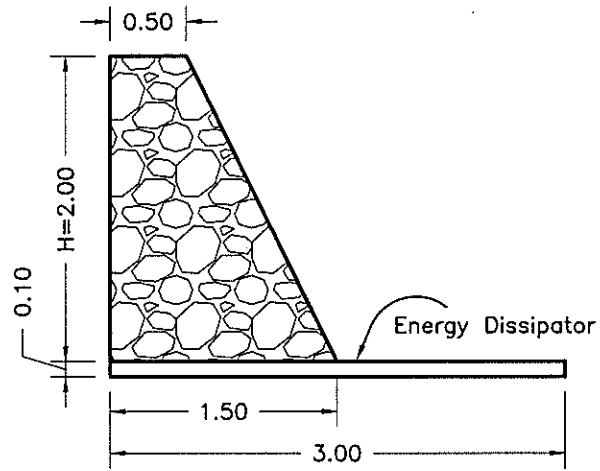
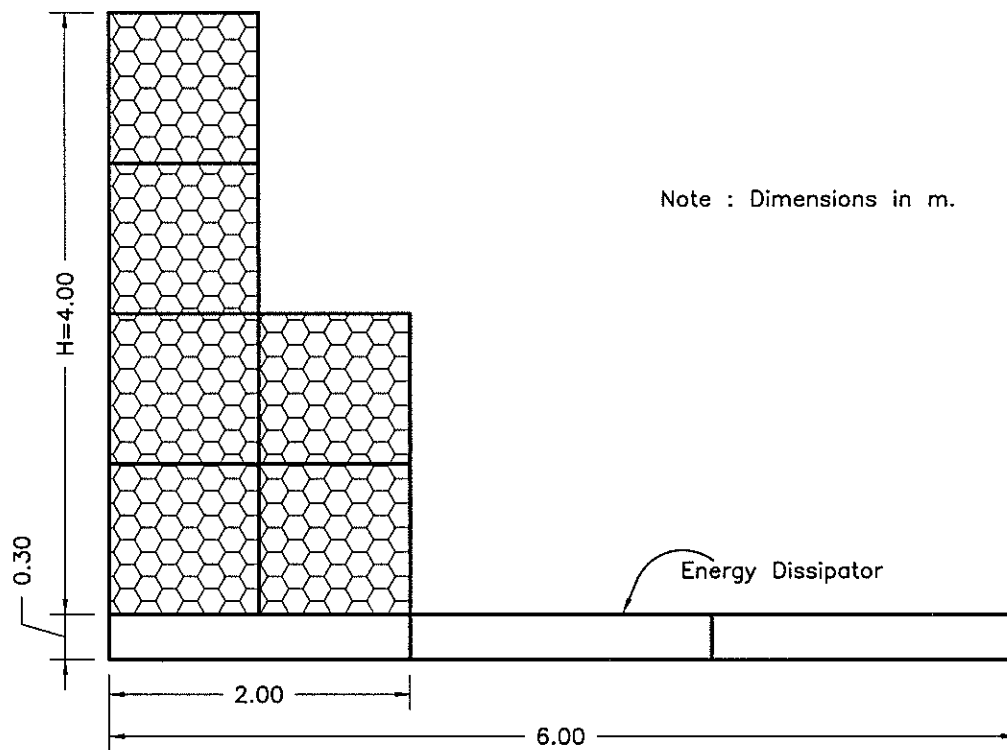


Figura I.6.1

Sistema de Drenaje del Area de Proyecto Piloto



Dry Masonry Dams

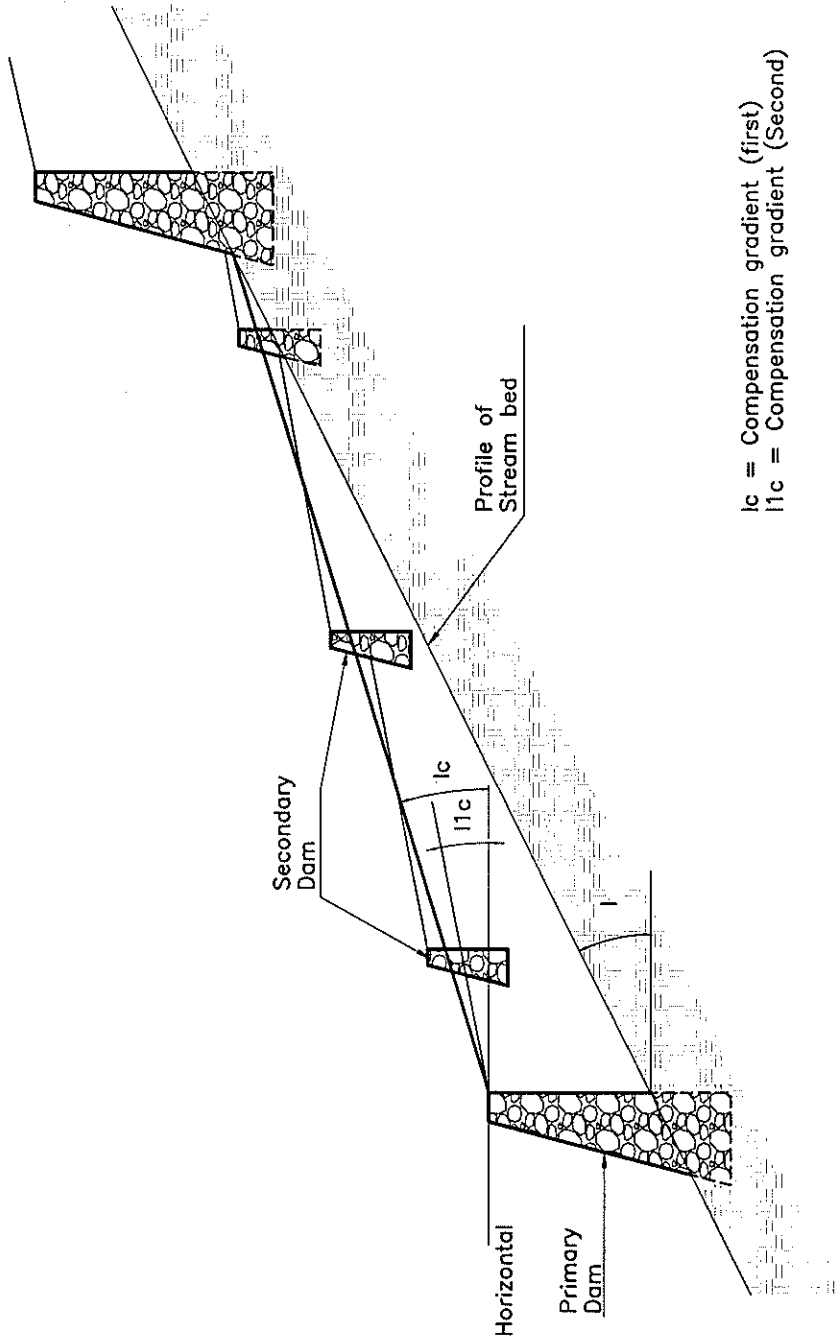


Note : Dimensions in m.

Gabion Dam

Figura I.6.2

Secciones Típicas de Micro-Presas de SABO



(Source : F. Lopez Cadenas de Llano/FAO, 1988, Corrección de Torrentes y Estabilización de Cauces).

Figura I.6.3

Representación Ideal de Acumulación de Sedimentos en Presas en Cadena

REFERENCIAS

- 1) AFE-COHDEFOR, 1999. Perfil de una Gestión Administrativa, 1998-1999. Administración Forestal del Estado
- 2) A. Ogino, Rosa María Bonilla, 1991. Informe Preliminar, Reconocimiento y Análisis Económico de la Microcuenca Quebrada Salada.
- 3) C.A. Onstad, 1984. Sediment Yield Modelling. University Press, Cambridge.
- 4) C.A. Onstad, et al, 1977. Predicting Sediment Yields. Proceedings of the National Symposium on Soil Erosion and Sedimentation by Water. Published by American Society of Agricultural Engineers, Michigan.
- 5) FAO, 1989. Manual de Campo para el Manejo de Cuencas Hidrográficas, Medidas y Prácticas para el Tratamiento de Pendientes. Guía FAO Conservación 13/3. Roma.
- 6) FAO, 1986. FAO Watershed Management Field Manual, Vegetative and Soil Treatment Measures. FAO Conservation Guide 13/1. Roma.
- 7) Hiroshi Ikeya, 1976. Introduction to SABO Works-the Preservation of Land Against Sediment Disaster-. The Japan SABO Association.
- 8) Hubert Hattinger, 1979. Corrección de Torrentes II, Univ. De los Andes, Mérida, Venezuela
- 9) IGN, 1999. Segundo Anuario Estadístico de Honduras. Volumen I.
- 10) ITS/C. Lotti & Associati, 1987. Proyecto Agua Subterránea y Montaña El Chile para Tegucigalpa
- 11) FLópez Cadenas de Llano/FAO, 1988. Corrección de Torrentes y Estabilización de Cauces, Roma
- 12) Land Resources Development Centre, England. 1981. A Management Plan for the Acelhuate River Catchment, El Salvador.
- 13) M.J.Kirkby y R.P.C. Morgan, 1984. *Erosión de Suelos*, Editorial Limusa.
- 14) Muller, et al, 1984. Physical Geography Today, a Portrait of a Planet. Random House, New York
- 15) National Research Council, 1993. Vetiver Grass, a Thin Green Line Against Erosion. National Academy Press, Washington D.C.
- 16) N. Hudson, 1973. Soil Conservation. Batsford Limited, Great Britain.
- 17) OEA/UNAH, 1992. La Cuenca del Río Choluteca. Laboratorio de Limnología, OEA/UNAH, Dpto. de Biología.
- 18) P. Hidalgo, 1980. Esquema Metodológico de un Plan de Manejo a Nivel de Cuencas Prioritarias. Curso Interamericano sobre Planificación y Manejo de Cuencas, Mérida, Venezuela

- 19) R. Iglesias, 1990. Control de Erosión y Sedimentos. Dpto. de Obras Hidráulicas, Dirección Gral. de Urbanismo y Obras Civiles, SECOPT.
- 20) R. Iglesias, Héctor Laínez, Dimas Orellana, 1991. Informe de Gira Exploratoria de Microcuencas. Dpto. de Obras Hidráulicas, Dirección Gral. de Urbanismo y Obras Civiles, SECOPT.
- 21) Oficina de Ríos, Ministerio de Construcción, Japón, 1991(?). Manual para trabajos en el río en Japón
- 22) SANAA/FAO, 1991. Plan de Ordenación de la Cuenca Hidrográfica del Río Grande Concepción.
- 23) SERNA/Banco Mundial /PRODESAMH, 1997. Perfil Ambiental de Honduras 1990-1997
- 24) SCSS-USA, 1983. Soil Erosion and Conservation. Edited by S.A. El-Swaify, W.C. Moldenhauer, and Andrew Lo.
- 25) SIDITA/UNPHU, 1981. Instructivo para Diagnóstico Físico Conservacionista. Curso sobre Planificación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, Venezuela.
- 26) S.J. Goldman, et al, 1986. Erosion and Sediment Control Handbook. McGraw-Hill Publishing Company. New York.
- 27) S. Savgoroniadya de C., 1990. Trabajos Geomorfológicos Cuantitativos. Proyecto de Manejo y Conservación de los Recursos Naturales Renovables de la Cuenca del Embalse El Cajón.
- 28) Walter H. Wischmeier y Dwight D. Smith, 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses, A Guide to Conservation Planning. Administración de Ciencia y Educación, Departamento de Agricultura de los EE.UU: en Cooperación con la Estación Agrícola Experimental de Purdue.
- 29) Banco Mundial, 1990. Vetiver Grass, the Hedge Against Erosion.

INFORME DE APOYO I

APENDICE I

Apendiceneo 1.1 Resultado de Prueba de Suelo y Cálculo de Erodibilidad del Suelo, Factor K																								
Día de muestreo	2001/5/9	2001/5/9	2001/5/9	2001/5/9	2001/5/9	2001/5/9	2001/5/9	2001/5/9	2001/5/9	2001/5/10	2001/5/10	2001/5/10	2001/5/10	2001/5/10	2001/5/10	2001/5/10	2001/5/10	2001/5/11	2001/5/11	2001/5/11	2001/5/11	2001/5/11	2001/5/11	2001/5/11
No de muestra	1-A	1-B	2-A	2-B	4	6	7	9	10	11	12	13	15	16	19	20								
Prof (m)	0.0-0.40	0.0-0.40	0.0-0.40	0.0-0.40	0.0-0.30	0.0-0.20	0.0-0.20	0.0-0.20	0.0-0.20	0.0-0.20	0.0-0.20	0.0-0.20	0.0-0.20	0.0-0.20	0.0-0.20	0.0-0.20	0.0-0.20	0.0-0.20	0.0-0.20	0.0-0.20	0.0-0.20	0.0-0.20	0.0-0.20	0.0-0.40
Lab. No.	171	208	161	209	162	169	167	172	165	168	163	178	177	182	175	187								
Clasif. Unificada	ML	ML	SC	CL	SM	SM	GP-GC	MH	MH	MH	SM	SP-SC	MH	GM	SM	SC								
Clasif. AASHTO	A-7-6(8)	A-4(S)	A-6(2)	A-7-6(10)	A-2-6(1)	A-2(0)	A-2-7(0)	A-7-5(20)	A-7-5(15)	A-7-5(12)	A-7-5(4)	A-2-6(0)	A-7-5(17)	A-2-7(0)	A-7-5(5)	A-2-6(0)								
Lugar	Col. Ruben Antunez	Col. Ruben Antunez	Res. Siboney Chimbokeñs	Res. Siboney Chimbokeñs	El Tablon	La Brea	El Empeñado	Oljona Este	Oljona Oeste	Santa Rosa	Abajo Presa Conc.	Bañoero Sn Matias	Falla Carr Norte	Cerro Grande	Talumba 2 Kms Sur									
Tamiz (pulg. / No)																								
	3"																							
	2"3/8																							
	2"																							
	1"1/2																							
	1"																							
	3/4"																							
	3/8"																							
	No.4																							
	No.10	100	97	100	85	50	20	100	100	85	91	86	96	91	37	68	100							
	No.40	99	96	63	82	25	11	95	97	73	64	21	80	27	56	26								
	No.200	69	59	42	74	13	8	87	57	57	38	12	68	15	42	13								
Limite liquido (LL) (%)	41	36	36	41	38	50	46	70	63	54	52	34	63	44	56	23								
Indice de plasticidad (IP) (%)	14	10	12	16	12	15	20	34	28	23	20	11	29	15	20	11								
% Humedad natural	9.30	4.6	3.50	15.8	9.40	12.9	6.3	6.9	10.60	4	14.80	7.2	8.9	2	6.1	10.2								
Gravedad especifica (Gs)	2.15	2.57	2.60	2.66	2.28	2.07	2.19	2.26	2.40	2.29	2.27	2.3	2.18	2.27	2.29	2.13								
%Grava	0.00	0.00	3.00	0.00	15.00	59.00	78.00	0.00	0.00	15.00	9.00	38.00	11.00	63.00	37.00	48.00								
%Arenas	11	15	44	22	32	30	11	8	15	20	35	31	14	14	13	32								
%Arenas finas+Limo	84	80	51	58	53	10	10	46	81	45	56	29	50	23	44	19								
%Arcilla	5	5	2	20	0	1	1	46	4	20	0	2	25	0	6	1								
k (cm/seg.) (estimado)	5.90E-07	5.30E-07	3.00E-07	5.50E-05	7.50E-06	7.50E-06	3.20E-02	1.60E-07	1.60E-07	1.60E-07	7.50E-06	3.60E-04	1.60E-07	3.00E-07	7.50E-06	3.00E-07								
Erodibilidad del suelo Factor K																								
1.-Parámetro de tamaño de partículas(M)																								
M=(100-%arcilla) (%limo + arena fina)	7.980	7.600	4.998	4.640	5.300	990	990	2.484	7.776	3.600	5.600	2.842	3.750	2.300	4.136	1.881								
2.-Material orgánica, a (supuesto)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
3.-Codigo de estructura del suelo, b	1	1	2	1	2	2	3	2	1	1	2	3	2	3	3	3								
4.-Categoría de permeabilidad de perfil, c	6	6	6	5	5	5	2	6	6	6	5	3	6	6	5	6								
5.- Erodibilidad del suelo Factor K	0.75	0.71	0.49	0.40	0.49	0.12	0.07	0.26	0.73	0.33	0.52	0.25	0.37	0.28	0.42	0.24								
Factor K en unidades métricasX1.292	0.97	0.92	0.63	0.52	0.64	0.15	0.09	0.34	0.94	0.42	0.67	0.32	0.48	0.36	0.54	0.31								

