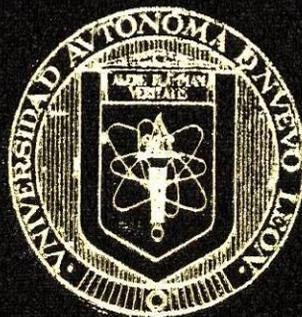


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



DISEÑO Y TRAZO DE TERRAZAS DE BASE
ANGOSTA UTILIZANDO DOS CRITERIOS DE
ESPACIAMIENTO ENTRE TERRAZAS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTAN

FRANCISCO JAVIER OCHOA GRIMALDO
CLAUDIO MONTOYA ESPARZA

MARIN, N. L.

OCTUBRE DE 1987

T

S623

O3

c.1



1080062224

Este libro debe ser devuelto, a más tardar, en la última fecha sellada, su retención más allá de la fecha de vencimiento, lo hace acreedor a las multas que fija el reglamento.

1984.10.17

19 SET 1992

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



DISEÑO Y TRAZO DE TERRAZAS DE BASE
ANGOSTA UTILIZANDO DOS CRITERIOS DE
ESPACIAMIENTO ENTRE TERRAZAS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTAN

FRANCISCO JAVIER OCHOA GRIMALDO
CLAUDIO MONTOYA ESPARZA

MARIN, N. L.

OCTUBRE DE 1987

005199

T
5623
03

040.627
FAI
1987
C.5



Biblioteca Central
Magna Solidaridad
F. tesis



BURBALK Rangel Files
FONDO
TESIS LICENCIATURA

DEDICATORIA

A DIOS NUESTRO SEÑOR:

Por concederme la dicha de vivir.

A MIS PADRES:

Sra. Josefina Grimaldo de Ochoa

Sr. Genaro Ochoa Corona

Con respeto y admiración. A ellos a quienes debo lo que ahora soy. Como una muestra de agradecimiento por todos los sacrificios y esfuerzos realizados para que lograra alcanzar una meta más en mi vida, la culminación de mi carrera.

A MIS HERMANOS:

Ricardo

Leticia

Angélica

Daniel

Quienes siempre estuvieron conmigo, apoyándome y motivándome a seguir adelante durante el desarrollo de mi carrera. Gracias.

A MI SOBRINO: Jhonatan Noel

Por la alegría traída a nuestro hogar.

A MIS MAESTROS, COMPAÑEROS Y AMIGOS.

Con quienes compartí momentos agradables de mi vida.

DEDICATORIA

A DIOS NUESTRO SEÑOR.

A MIS PADRES:

Sr. Isidro Montoya Esparza

Por el gran esfuerzo y sacrificio que realizó al tener que emigrar a la Unión Americana para ayudarme en alcanzar esta meta tan grande.

Sr. Elvira Esparza de Montoya

A mi madre con gran cariño y admiración que hizo de padre y madre durante el término de mis estudios.

A MI NOVIA:

Srita. Rocio Adriana Delgado O.

Con gran cariño y amor, que en las últimas etapas de mi carrera me alentó para seguir adelante.

A MIS HERMANOS:

Ruben

Irasema

Rigoberto

Idalia

Con el cariño de siempre.

AGRADECIMIENTOS

A NUESTRO ASESOR:

ING. FRANCISCO RODRIGUEZ ESQUIVEL.

Con un profundo agradecimiento por su amistad, consejos y ayuda brindada para la realización de este trabajo.

A NUESTROS MAESTROS:

DR. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO

ING. MARTIN ROCHA RAMIREZ

Por su valiosa colaboración en la revisión de este trabajo.

A todas aquellas personas que contribuyeron de alguna u otra manera en la realización de este trabajo.

INDICE

Pág.

I.	INTRODUCCION.....	1
II.	LITERATURA REVISADA.....	2
	2.1. Aspectos generales sobre terrazas.....	2
	2.1.1. Antecedentes.....	2
	2.1.2. Definición de terrazas.....	4
	2.1.3. Adaptabilidad de las terrazas.....	5
	2.1.4. Clasificación de terrazas.....	6
	2.1.4.1. Clasificación de terrazas de --- acuerdo con el tipo de sección - transversal.....	6
	2.1.4.2. Clasificación de terrazas por- su función específica y su proce dimiento de construcción.....	11
	2.1.4.3. Clasificación de terrazas de --- acuerdo con el tipo de desagüe..	17
	2.1.4.4. Clasificación de terrazas según- la condición de escurrimiento...	18
	2.1.5. Beneficios de las terrazas.....	19
	2.2. Escurrimientos superficiales.....	19
	2.2.1. Definición.....	19
	2.2.2. Factores que afectan al escurrimiento su- perficial.....	20
	2.2.3. Fórmulas para calcular los escurrimientos superficiales.....	22
	2.3. Presas de control de azolves.....	25

	Pág.
2.3.1. Presas de piedra acomodada.....	26
2.3.2. Construcción.....	27
2.4. Generalidades sobre el área de estudio.....	28
2.4.1. Localización.....	28
2.4.2. Aspectos fisiográficos.....	28
2.4.2.1. Geología.....	28
2.4.2.2. Suelos.....	30
2.4.2.3. Hidrología.....	30
2.4.2.4. Vegetación.....	31
2.4.3. Clima.....	31
III. MATERIALES Y METODOS.....	34
3.1. Materiales.....	34
3.2. Metodología.....	34
IV. RESULTADOS.....	47
V. CONCLUSIONES.....	49
VI. RECOMENDACIONES.....	51
VII. BIBLIOGRAFIA.....	54

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS	Contenido	Pág.
I	Valores de "C" para el cálculo de escurrimientos.....	24
II	Valores del coeficiente "b" para calcular el espacio-- miento entre terrazas.....	37
III	Lecturas obtenidas a partir del Intervalo Vertical - para el trazo de terrazas.....	42
FIGURAS		
1	Sección transversal de una terraza, mostrando sus -- pendientes laterales.....	8
2	Tipos de secciones transversales de las terrazas....	9
3	Terrazas de base angosta con sus modalidades para su contrucción.....	12
4	El ciclo hidrológico.....	21
5	Presas de piedra acomodada.....	29
6	Topografía del área de estudio.....	36
7	Valor del coeficiente "a" para el cálculo de espacio-- miento entre terrazas.....	38

	Pág.
8 Comportamiento del Intervalo Horizontal mediante el empleo de ambas fórmulas.....	41
9 Terraza de base angosta utilizando material de préstamo tomado aguas arriba del bordo.....	44
10 Prácticas conservacionistas.....	46
11 Distribución de la precipitación media mensual de la estación meteorológica de la F.A.U.A.N.L. Marín, N.L. (1978-1987).....	53

I. INTRODUCCION

Uno de los problemas más grandes y más graves que presenta actualmente nuestro país, es el grado de erosión que presentan nuestros suelos, limitándonos las áreas para cultivo y restringiéndonos cada día más la producción de alimentos básicos que el hombre requiere para su subsistencia.

Así tenemos que la escasez del agua de lluvia y su mala -- distribución, provocan en la República Mexicana grandes áreas -- con temporales deficientes para la producción agrícola. Aunado a esto cada año aumentan las áreas con problemas de erosión en diferentes grados y que entre otras causas, es debido al mal manejo del agua de lluvia.

Ante estos problemas de escasez de agua y la constante degradación de los suelos, es conveniente considerar algunos aspectos relacionados con el mejor aprovechamiento de la precipitación pluvial. Situación que se obtiene con algunos sistemas de captación de agua de lluvia, como lo es el Diseño y Trazo de Terrazas para la conservación del suelo y del agua.

El objetivo del presente trabajo es captar al máximo la -- cantidad de agua de lluvia para aumentar así la humedad disponible para los cultivos y lograr un aprovechamiento más óptimo de la escasa y mala distribución de la precipitación que se presenta en la zona, así como controlar y disminuir la velocidad de los escurrimientos superficiales de tal forma que no propicienla erosión del suelo.

II. LITERATURA REVISADA

2.1. Aspectos Generales sobre Terrazas

2.1.1. Antecedentes.

Históricamente las primeras terrazas fueron establecidas - por los fenicios en el Líbano, también los griegos en los tiempos de Platón, usaban las terrazas para proteger sus tierras -- sembradas con olivo (1).

Según lo anterior, el conocimiento y uso de las terrazas - es casi tan antiguo como la agricultura misma, tanto para propósitos agrícolas como para la retención del agua de lluvia y para proteger y aprovechar los terrenos montañosos, como lo atestiguan las ruinas de Macchu Pichu en Perú y otros muchos ejemplos y testimonios, tanto antiguos como relativamente contemporáneos (17).

Siglos antes de que los conquistadores ascendieran los -- Andes, los pre-incas habían adquirido gran experiencia en la -- construcción de terrazas prácticamente niveladas, sostenidas -- por muros artificiales de piedra. Dichas construcciones las empleaban extensamente para la utilización de campos amplios en los valles y en el establecimiento de angostas franjas de campo, en forma de bancos, en las pendientes pronunciadas de las montañas. Muchas de éstas terrazas artificiales siguen en uso todavía (4).

En el lejano Oriente (China, Japón, Filipinas y Malasia) se construyeron terrazas para el cultivo del arroz sobre terrenos-

montañosos; en Europa se hizo lo propio para el establecimiento de viñedos y árboles frutales sobre lomerios (17).

En cuanto a México se sabe que desde épocas prehispánicas, se utilizaban terrazas en las faldas de los cerros para el control de la erosión; restos de éstas prácticas se observan en la sierra de Juárez, Oax., en forma de escalonamientos en las montañas, en el Valle de México donde aún se utilizan terrazas de banco, construídas a base de piedra acomodada y pequeñas cortinas o diques de piedra acomodada (remesas), en las cuales se re tienen los azolves de los escurrimientos superficiales.

Un estudio realizado sobre las terrazas de los antiguos - mayas en el Estado de Chiapas, específicamente en la región de Aguacatenango, valle situado a 55 km, al sur de San Cristobal - de las Casas, indica que ésta cultura poseía bastantes conoci- mientos sobre los sistemas de construcción de terrazas tal como lo muestran los restos estudiados; se dice también que hubo una gran variedad de tamaños y formas, pero burdamente se pueden - clasificar en dos categorías:

- a) Terrazas largas y anchas, de muros bajos en laderas bajas; y
- b) Terrazas cortas y angostas, de muros medianos a altos, en laderas más altas (9).

De las primeras terrazas que se tiene conocimiento que se construyeron en Estados Unidos, fueron las terrazas de banco, - en la parte sur de Illinois hace unos 90 años (20).

En 1885 Priestley H. Mangum diseñó la primera terraza de - base ancha en su hacienda cercana a Wake Forest, Carolina del-

Norte. Este tipo de terrazas desplazó los canales atravezados a la pendiente, o a la terraza de tipo canal, en el sudeste, ya que permiten cultivar el canal y el lomo (3)(14).

2.1.2. Definición de terrazas.

Las terrazas son drenes o causes superficiales que se construyen a través de la pendiente de terrenos ondulados y que están diseñadas para conducir y sacar el agua del campo, de tal modo que se mantenga dominada la erosión (7).

También se pueden definir como terraplenes adaptados al suelo y a la pendiente para el control de desagüe (4).

Sin embargo, en un contexto agronómico, el Manual de Conservación del Suelo y del Agua del Colegio de Postgraduados las define como terraplenes formados entre los bordos de tierra, o la combinación de bordos y canales, construidos en sentido perpendicular a la pendiente del terreno (5).

Según la Secretaría de Agricultura y Ganadería (Dirección General de Conservación de Suelo y Agua) las define como el obstáculo de tierra que se construye horizontalmente sobre los terrenos para seccionar la pendiente, ubicandola en un lugar preciso en donde los escurrimientos superficiales, al incrementar la velocidad de llegada, iniciarían el arrastre de las partículas de suelo (16).

En resúmen, se puede decir que las terrazas en el sentido agronómico son construídas en forma artificiosa realizadas por el hombre en terrenos con pendiente, con el objeto de poder --

cultivar la tierra y evitar la erosión(14).

2.1.3. Adaptabilidad de las terrazas.

La adaptación de las terrazas a una determinada localidad depende de varios factores los cuales se pueden presentar en -- una forma aislada o conjunta. Estos son los siguientes:

a) Erosión: Cuando las terrazas se utilizan para recuperar terrenos fuertemente erosionados, su construcción es costosa, -- el mantenimiento es constante, y las operaciones de labranza -- son, en general difíciles.

b) Clima: Las terrazas se adaptan a condiciones variadas -- de clima, lo que difiere es el tipo de sistema a utilizar. Así se tienen terrazas que almacenan el agua cuando la precipita--- ción es escasa y terrazas que desalojan los excesos de agua, -- cuando la precipitación es abundante y las condiciones de suelo lo requieran.

c) Topografía: Al aumentar la pendiente, la construcción, -- el mantenimiento de las terrazas y las dificultades de laboreo incrementan el costo hasta un punto tal, que en ocasiones esos gastos sobrepasan a los beneficios que pudiera obtenerse en un tiempo razonable.

d) Pedregosidad: Los suelos extremadamente pedregosos no -- permiten una construcción práctica y económica de las terrazas -- con maquinaria. Sin embargo, su construcción es factible en -- áreas donde existe disponibilidad de mano de obra y se satisfacen los aspectos antes mencionados.

e) Suelos: Las características del suelo, determinan el tipo de terrazas y de desagüe que se debe utilizar, así como la profundidad de corte tolerable y el espaciamiento que debe existir entre las terrazas. Generalmente cuando los suelos son profundos y permeables, se puede construir cualquier tipo de terrazas, en cambio si los suelos son poco profundos e impermeables, es necesario establecer terrazas que tengan un gradiente que permita la salida de los excesos de agua hacia un cauce natural o artificial debidamente protegido.

f) Disponibilidad de maquinaria o mano de obra: Debido a los movimientos de tierra que implica la construcción de terrazas, algunas veces en las áreas de corte afloran a la superficie materiales no fértiles que pueden hacer prohibitivo algún sistema de terrazas (5).

2.1.4. Clasificación de terrazas.

Debido a que la terraza constituye la práctica de tipo mecánico de Conservación de Suelo y el Agua más eficiente para el control de la erosión es conveniente conocer bien cada uno de sus tipos y variaciones, con el propósito de estar en posibilidad de trazar y construir el que sea más adecuado a cada superficie, de acuerdo con las causas y la intensidad de la erosión (16).

2.1.4.1. Clasificación de terrazas de acuerdo con el tipo de sección transversal.- La sección transversal de la terraza está .

formada de un bordo y un canal dicha sección consta de tres pendientes laterales conocidas como: pendiente de corte, pendiente frontal y contrapendiente, las cuales se muestran en la Figura #1.

Existen cinco tipos de secciones transversales de las terrazas que pueden adaptarse a las condiciones topográficas y ecológicas del lugar Figura #2.

A continuación se discuten las terrazas con diferentes secciones transversales:

A) Terrazas de base ancha.

Este tipo de terraza se construye de manera que se pueda laborear en toda su sección transversal. Las pendientes del bordo y el canal se proyectan para permitir el paso de la maquinaria y cubrir los requerimientos de anchura de la misma(Figura # 2A).

B) Terrazas de banco o bancales.

Esta terraza se construye para formar bancos o escalones amplios y a nivel. El bordo tiene el talud aguas abajo y debe ser protegido con vegetación permanente. Este tipo de terraza aprovecha eficientemente el agua de lluvia o de riego(Figura -- # 2B).

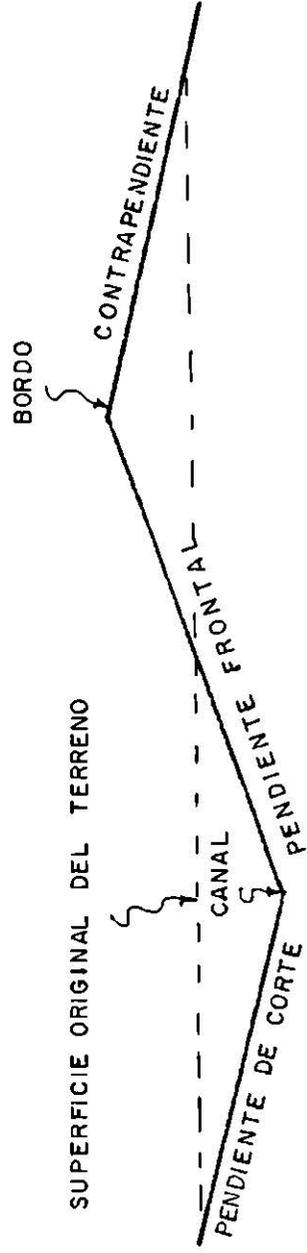


Fig. 1 Sección transversal de una terraza mostrando sus pendientes laterales

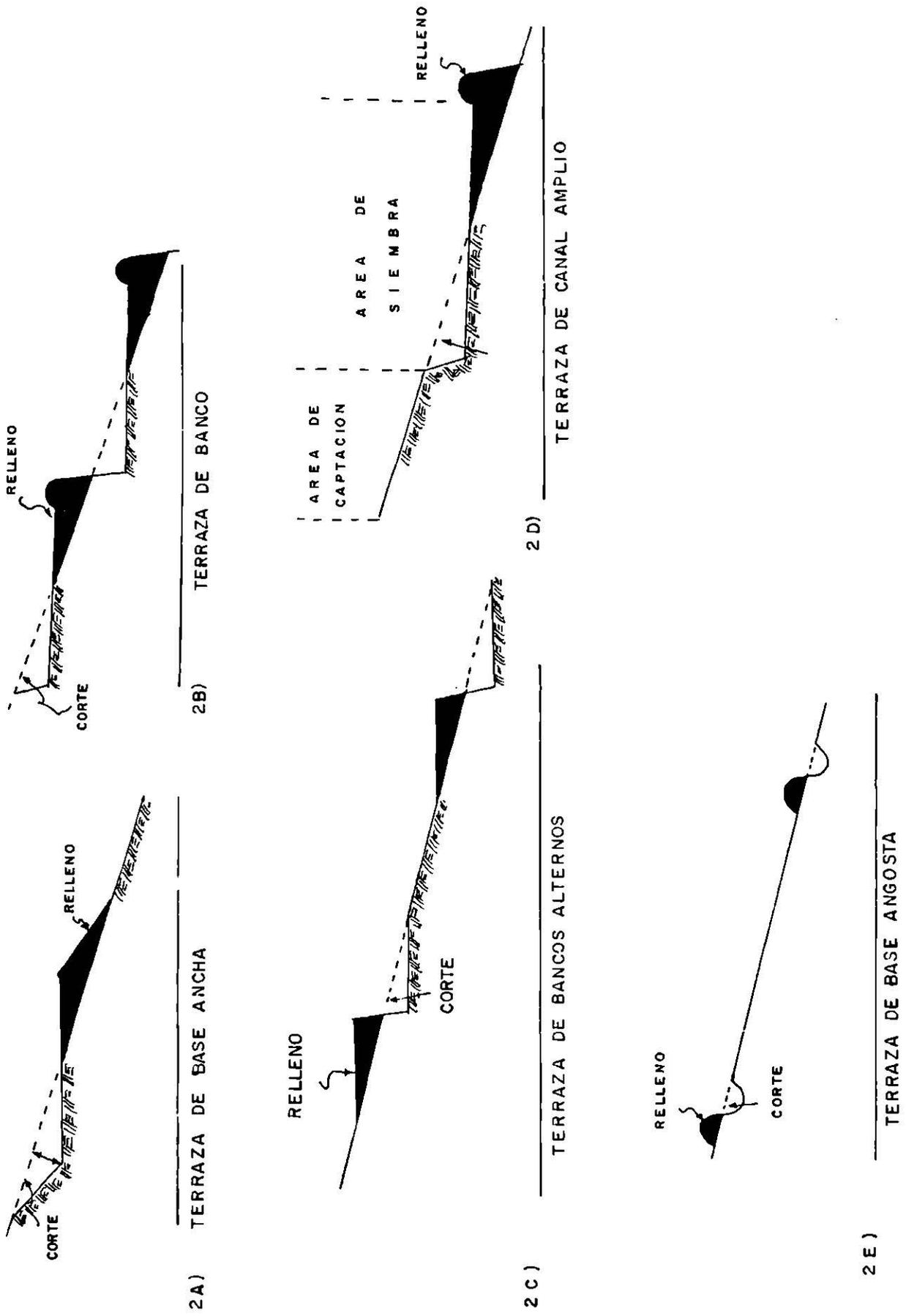


Fig 2. Tipos de secciones transversales de las terrazas

C) Terrazas de bancos alternos.

Este sistema de terrazas ésta constituido por una serie de bancales construidos en forma alterna con fajas de terreno natural donde no se realiza ningun movimiento de tierra. Este sistema de terrazas se diseña para mejorar la configuracion del terreno y lograr una mejor disposicion de este para las labores agricolas (Figura #2C).

D) Terrazas de canal amplio o de zingq.

Se construye un bancale a nivel de la parte baja de un area de captacion. Esta terraza se diseña para la utilizacion maxima de agua. La anchura del canal varia dependiendo de la pendiente del terreno, profundidad permisible de corte, anchura de la maquinaria, tipo de cultivo y precipitacion pluvial de la zona (Figura #2D).

E) Terrazas de base angosta o de formacion sucesiva.

En este tipo de terraza, la seccion transversal esta constituida por un bordo, el cual no se siembra, si no que se debe proteger con vegetacion permanente (Figura #2E).

Esta terraza requiere exclusivamente de la construccion de un bordo con plantilla de 0.80 a 1.30 mts. Con la formacion del bordo se logra la primera etapa de lo que sera una vez que actuen las fuerzas conformadoras del relieve, la terraza de banco. Dicho bordo no puede ser utilizado para sembrar cultivos agricolas, aunque algunas veces pueden establecerse pastos,

nopal o maguey para fijarlo y generar beneficios adicionales; - pero en cualquier caso el bordo debe conservarse y sobreelevarse para acelerar la formación del bancal.

Este sistema de terrazas se adapta a una gran diversidad de suelos ya que las modificaciones en él son, generalmente, - en la toma del material de préstamo Figura #3.

Son factibles de construir bajo cualquier régimen pluviométrico, debido a que el bordo puede construirse a nivel o considerando una pendiente de desagüe.

Ventajas:

- El bordo ocupa una área pequeña que queda marginada de la siembra.
- Se pueden construir a base de mano de obra, con maquinaria o en forma combinada. Esto permite que la construcción se realice en una gran diversidad de suelos y pendientes.
- Favorecen la formación de la terraza de banco, cuando el laboreo se realiza volteando la tierra hacia abajo.

Limitaciones:

- Debe mantenerse con vegetación para consolidar el bordo, el cual se debe sobreelevar para promover la formación de la terraza de banco (5).

2.1.4.2. Clasificación de terrazas por su función específica y su procedimiento de construcción.

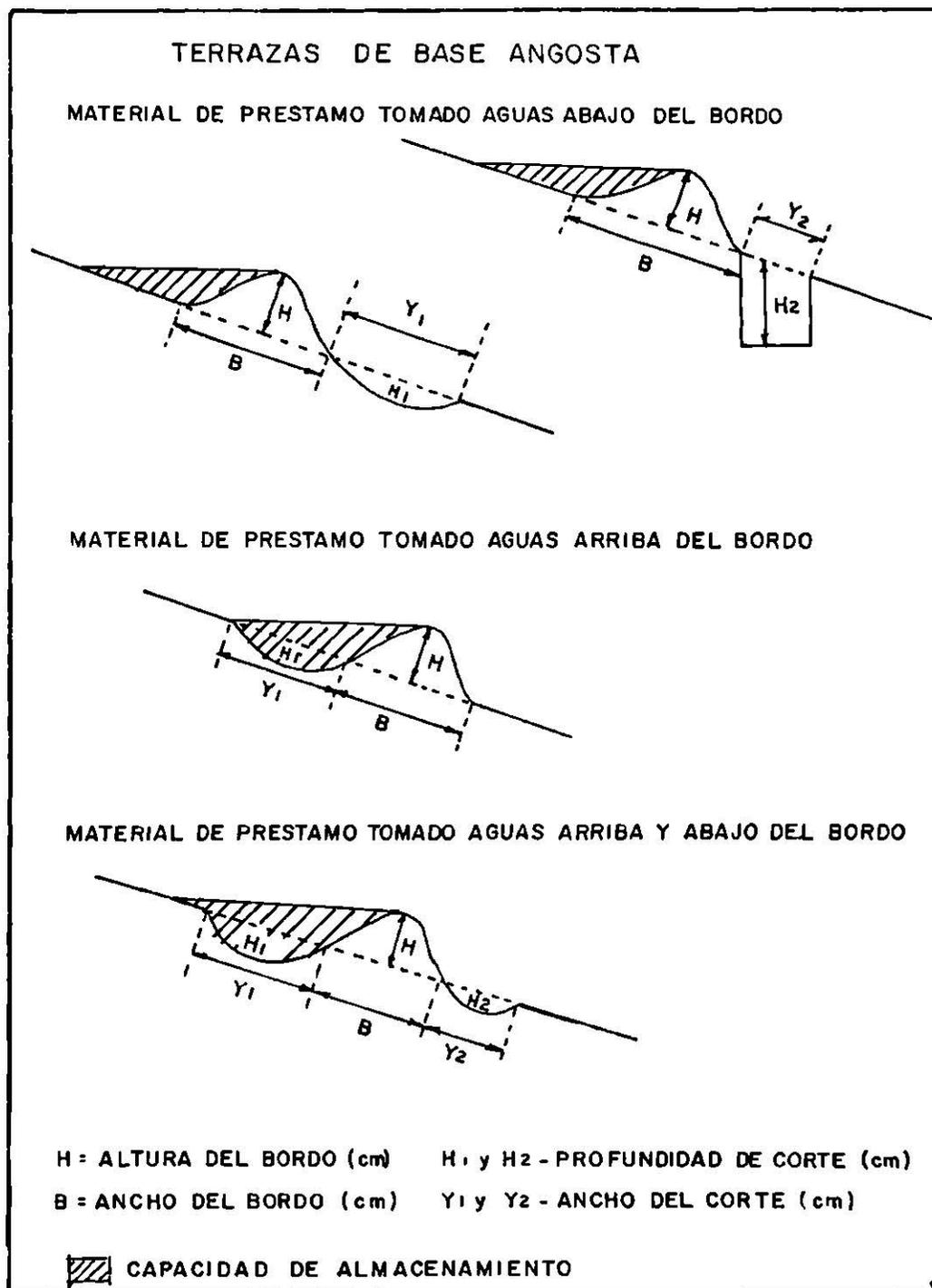


Figura #3. Terrazas de base angosta con sus modalidades para su construcción.

A) Terrazas de banco.

Según sea el procedimiento de construcción, estas se subdividen a su vez en terrazas de formación mecánica y terrazas de formación paulatina.

a) Terrazas de banco de formación mecánica.- Este tipo de terrazas se puede construir ya sea utilizando implementos mecánicos o con simple mano de obra. Es la práctica de conservación más costosa, por las fuertes pendientes del terreno, es también la más eficiente para controlar el proceso de la erosión en este tipo de laderas con inclinación excesiva.

Teniendo en cuenta su elevado costo de construcción, deberá destinarse el área terraceda a cultivos muy remunerativos que permitan recuperar el monto de lo invertido en el menor tiempo posible.

La construcción de las terrazas de banco lo determina, en primer lugar, la disponibilidad de los implementos adecuados o de mano de obra barata y, en segundo término, el uso a que se destinen las terrazas que será lo que justifique la inversión. Como factores limitantes para su construcción se deben considerar el espesor del suelo, o sea la profundidad de la capa arable, y el grado de pendiente del terreno.

Para fines de conservación del suelo y agua, es recomendable la construcción de los bancales, tanto en áreas de temporal como de riego. En las primeras, para evitar la erosión causada por el agua de las lluvias y en las segundas para facilitar la aplicación y el manejo del agua. En las regiones de agricultu-

ra de temporal, los bancales permiten el máximo aprovechamiento de las precipitaciones, aún de las mínimas, o el drenaje de los excedentes que pudieran acumularse en un momento dado, haciendo posible el éxito de los cultivos en ambos casos. En los terrenos de riego, mediante el bancaleo de aquellos propios para la agricultura a pesar de la pendiente, es posible aplicar riegos controlados y uniformes sobre toda la superficie regada, lo que se traduce en éxito de los cultivos y la economía de agua por la disminución de los volúmenes de riego.

b) Terrazas de banco de formación paulatina.- En esta variante, la terraza se forma aprovechando el fenómeno de la erosión, ya que mediante una labor incipiente para controlarla se favorece la formación del bancal.

Tanto las terrazas de formación paulatina como las de formación mecánica han hecho posible que terrenos localizados en pendientes mayores de 15% sean aprovechables para fines agrícolas, cuando normalmente, por su excesivo desnivel, deberían destinarse a usos forestales o al establecimiento de pastizales.

Inicialmente este tipo de terrazas fué establecido como práctica de Conservación del Suelo y Agua por el Servicio de Conservación del Suelo de los Estados Unidos para terrenos con pendientes mayores de 15%; pero en México están siendo utilizadas en terrenos con pendientes menores del 15%.

B) Terrazas de drenaje.

Estas se subdividen en dos tipos: el primero se utiliza en áreas con precipitaciones anuales que varían de 800 a 1200 mm.; el segundo tipo se construye cuando las precipitaciones son de más de 1200 mm al año, siendo mayor el problema de la erosión en éstas últimas zonas, por lo que los obstáculos, o sea las terrazas, habrán de construirse más cerca una de otra para reducir las superficies de captación y escurrimiento.

Como su nombre lo indica, este tipo de terrazas tiene la finalidad principal de drenar los excedentes de una fuerte precipitación pluvial que se registre en el lugar, teniendo características diferentes a las de banco de formación mecánica y de formación paulatina que se identifican por un escalonamiento -- bien conformado. En el caso de las terrazas de drenaje se trata de bordos bastante amplios con una base de 5 a 6 m y una altura máxima de 45 cm en su parte central, formándose por el lado de la parte superior del terreno un canal de sección prácticamente triangular invertida, que en su parte más amplia tiene una distancia media de 3 m con altura de 45 cm. Este triángulo invertido da al canal una sección bastante amplia para retener y drenar los escurrimientos superficiales que reciba.

El uso de este tipo de terrazas está limitado a pendientes que fluctúan del 3 al 15%, únicamente para terrenos agrícolas, -- pues con tales pendientes y para otros usos no se recomienda -- ningún tipo de terrazas. La amplitud de los bordos permite el tránsito fácil de los implementos agrícolas, lo que no ocurre con los tipos de terrazas de banco, por lo que antes de planear

el tipo de terraza que deba construirse deben considerarse los programas de mecanización que más convengan a tales terrenos.

C) Terrazas de absorción.

Son de base ancha, como las de drenaje, se recomiendan para áreas de precipitaciones promedio menores de 800 mm al año - debiendo ser construídas a nivel en toda su longitud, con objeto de captar totalmente la escasa precipitación que se registra en el lugar. Su uso queda limitado a pendientes no mayores de 10%, debido al bancaleo que originan en áreas de pendientes mayores, resultado igualmente importante que es posible lograr - mediante la aplicación de otras prácticas.

La principal finalidad de éstas terrazas es la de retener los escurrimientos superficiales de las lluvias que llegan a ellas, esto se logra construyéndolas a nivel y obstruyendo las salidas laterales para evitar que pudiera escapar el agua almacenada. Sus características y dimensiones son: 6 m de base, 45 cm de altura y una amplitud hasta de 3 m en el canal, que es en donde se retendrá el agua escurrida.

D) Terrazas individuales.

Como su nombre lo indica, son aplicables individualmente a unidades arbustivas y arboreas por plantar o ya plantadas en terrenos con pendiente, y que por su diseño semicircular favorecen la retención y el aprovechamiento máximo del agua de lluvia, así como de los fertilizantes que se apliquen, independiente--

mente de que aislan a la planta de la pendiente general del terreno donde la tierra de la cepa podría ser arrastrada por los fuertes escurrimientos superficiales (16).

E) Terrazas de canal.

Estas se construyen de manera que se obtenga un canal a un nivel un poco más bajo que el nivel original del terreno; así se logra interceptar y transportar eficientemente el agua de escorrentia.

F) Terrazas de caballon.

En estas terrazas se levanta un caballon sobre la superficie original del terreno haciendo el canal tan pequeño como sea posible, de manera que se logre mantener el agua de escorrentia sobre el terreno durante algún tiempo, para así incrementar su absorción por el suelo (6).

2.1.4.3. Clasificación de terrazas de acuerdo con el tipo de -- desagüe.

A) Terrazas con desagüe hacia un cause empastado.

Este sistema de terrazas se caracteriza por tener desagües hacia un cause o causes empastados, los cuales pueden estar ubi-cados en diferentes partes del terreno.

B) Terrazas con desagüe hacia un sistema de drenaje superficial.

Este tipo de terrazas se caracteriza por conducir los excepe

dentes de agua hacia las partes bajas, donde previamente se ha instalado un sistema de tubería enterrada con entradas múltiples que permite desalojarlos.

C) Terrazas de absorción.

Este sistema es denominado de terrazas a nivel, donde las acumulaciones de agua se infiltran a lo largo de dichas terrazas, a través del perfil del suelo (5).

2.1.4.4. Clasificación de terrazas según la condición de escurrimiento.

A) Terrazas con declive.

Este tipo de terrazas se destina principalmente a interceptar y desviar el desagüe a una velocidad que no ocasione erosión. Se utilizan en aquellas áreas donde la precipitación es abundante o bien las características de permeabilidad y profundidad de los suelos, ocasionan una acumulación de agua excesiva, la cual es necesario desalojar hacia una salida natural o artificial debidamente protegida.

B) Terrazas a nivel.

Estas terrazas se destinan a contener y conservar el agua de lluvia en regiones con precipitación escasa. Generalmente se recomiendan en áreas con precipitaciones bajas a moderadas, que no excedan de 750 mm anuales, o bien donde los suelos son profundos, con buena permeabilidad y capaces de absorber toda el agua de lluvia (4)(5).

2.1.5. Beneficios de las terrazas.

Los beneficios obtenidos mediante la construcción de terrazas a nivel general, son los siguientes:

- Reducen la velocidad de los escurrimientos superficiales, y - al mismo tiempo un control más adecuado de la erosión en los terrenos dedicados a la agricultura.
- Controlan el arrastre de los nutrientes existentes en la capa arable del suelo.
- Aumentan la infiltración del agua en el suelo, para que pueda ser utilizada por los cultivos.
- Disminuyen la velocidad de los escurrimientos superficiales - que llegan a los terrenos aguas abajo, de tal forma que no - propicien la erosión del suelo.
- Mejoran las excedencias de agua superficial a velocidades no-erosivas (5) (18) (19).

2.2. Escurrimientos Superficiales

2.2.1. Definición.

En sí el escurrimiento superficial puede ser definido como la porción del volúmen precipitado que fluye sobre el terreno - hacia canales, arroyos, lagos y océanos como corriente superficial. En dicha definición se considera que solamente una parte de la precipitación forma el escurrimiento superficial, ya que la mayor parte es interceptada por la vegetación, almacenada - en depresiones, infiltrada y retenida en el suelo o pérdida por evaporación y por transpiración. Esta distribución de la preciu

pitación constituye el ciclo hidrológico esquematizado en la Figura #4 (5) (15).

2.2.2. Factores que afectan al escurrimiento superficial.

Existen varios factores que afectan al escurrimiento superficial, los cuales pueden dividirse en dos grandes grupos:

I. Factores climáticos.

Estos tienen una enorme importancia debido a que son afectados por los cambios estacionales, ocasionados por el clima dominante y son los siguientes:

1. La lluvia: Se incluyen aquí una serie de factores como-
son:

- a) La intensidad
- b) Duración
- c) Tiempo de distribución
- d) Area de distribución
- e) Frecuencia
- f) Situación geográfica

2. La nieve

3. La evapotranspiración

II. Factores fisiográficos.

Se refiere principalmente a las características de la cuenca la cual comprende los factores geométricos y físicos.

Dentro de los factores geométricos tenemos los siguientes:

- a) Area de drenaje

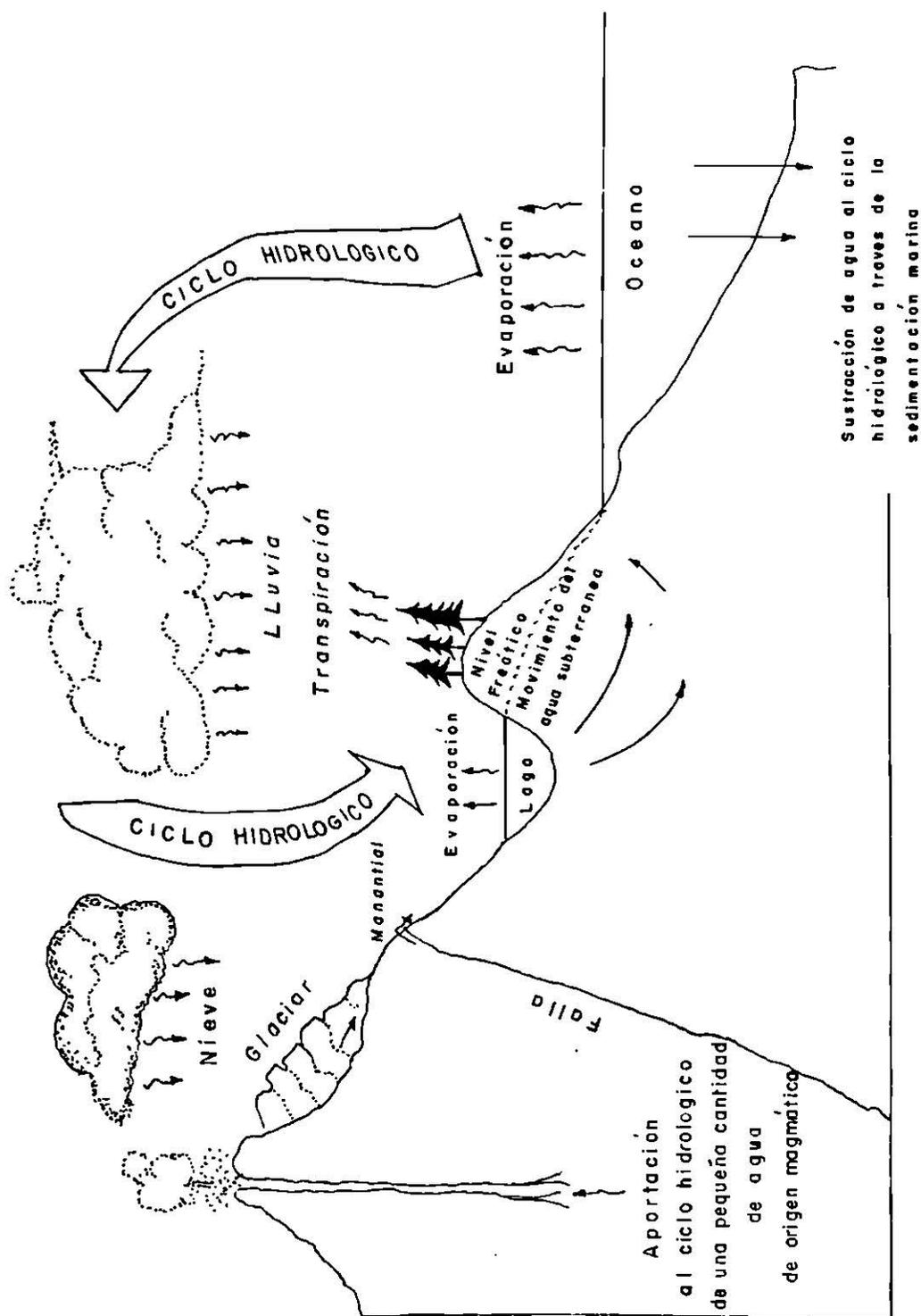


Figura #4. El ciclo hidrológico.

- b) Topografía
- c) Pendiente
- d) Red de drenaje
- e) Pendiente del cause

Y dentro de los factores físicos tenemos los siguientes:

- a) Cubierta del suelo
- b) Uso del suelo
- c) Condiciones de infiltración superficial
- d) Tipo de suelo
- e) Condiciones geológicas: permeabilidad y capacidad de almacenamiento superficial.
- f) Condiciones topográficas favorables para almacenamientos como lagos y lagunas (15).

2.2.3. Fórmulas para calcular los escurrimientos superficiales.

El cálculo de los escurrimientos superficiales se considera para dos objetivos: el escurrimiento medio, que sirve para estimar el volúmen de agua por almacenar o retener, y los escurrimientos máximos necesarios para el diseño de obras de conservación.

Cálculo del escurrimiento medio.

El valor del escurrimiento medio puede ser calculado mediante el empleo de la siguiente fórmula:

$$V_m = A.C.P_m$$

donde:

V_m = Volúmen medio que puede escurrir (miles de m^3)

A = Area de la cuenca (km^2)

C = Coeficiente de escurrimiento (Tabla #1)

P_m = Precipitación media (mm)

Cálculo del escurrimiento máximo.

Los escurrimientos máximos en pequeñas cuencas o áreas de drenaje pueden ser estimados mediante 3 procedimientos:

A) Método racional.

Este método requiere de datos pluviográficos para obtener escurrimientos máximos en una cuenca pequeña y se basa en la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Q = 0.028 C i A$$

donde:

Q = Escurrimiento máximo (m^3/seg)

0.028 = Constante numérica resultante de las unidades en que se expresan las variables

C = Coeficiente de escurrimiento (Tabla #1)

i = Intensidad de la lluvia para una frecuencia o período de retorno dado (cm/hora). Este valor se obtiene en el apéndice II del Manual de Conservación.

A = Area de la cuenca (ha)

B) Método racional modificado.

Es parecido al anterior, con la diferencia que en éste método se sustituye el valor de la intensidad de la lluvia y en su lugar se utiliza el valor de lluvia máxima en 24 horas para-

Tabla #1. Valores de C para el cálculo de escurrimientos.

Topografía	Textura del suelo*		
Vegetación	Gruesa	Media	Fina
Bosque			
Plano (0-5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (6-10% pendiente)	0.25	0.35	0.50
Escarpado (11-30% pendiente)	0.30	0.50	0.60
Pastizales			
Plano (0-5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (6-10% pendiente)	0.16	0.36	0.55
Escarpado (11-30% pendiente)	0.22	0.42	0.60
Terrenos cultivados			
Plano (0-5% pendiente)	0.30	0.50	0.60
Ondulado (6-10% pendiente)	0.40	0.60	0.70
Escarpado (11-30% pendiente)	0.52	0.72	0.82

*Ver triángulo de grupos textuales en el Capítulo III, de Manejo de Suelos.

diferentes períodos de retorno, con lo cual nos queda la fórmula siguiente:

$$Q = 0.028 C L A$$

Donde:

L = Lluvia máxima en 24 horas para un período de retorno dado (cm/ha). Su valor se obtiene en el Apéndice III del Manual de Conservación.

Las demás variables son semejantes al anterior método.

C) Método simplificado de las huellas máximas.

Este método es recomendable para cárcavas donde se puedan observar las huellas dejadas por los escurrimientos máximos. La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$Q = A V$$

Donde:

Q = Escurrimiento máximo (m^3/seg)

A = Area hidráulica de la sección (m^2)

V = Velocidad de flujo (m/seg) (5).

2.3. Presas de Control de Azolves

Las presas de control de azolves, tienen como finalidad la disminución de la velocidad del agua de escorrentía, logrando de esta manera que se depositen aguas arriba de las estructuras, -- parte del material que es acarreado en suspensión.

Existen varios tipos de presas de control de azolves, los cuales difieren por el tipo de material utilizado en su construcu

ción, así tenemos los siguientes:

- Presas de ramas
- Presas de malla de alambre
- Presas de morrillos
- Presas de piedra acomodada
- Presas de gaviones
- Presas de mampostería

Los tres primeros tipos se consideran como de carácter temporal, y los tres últimos, como de carácter permanente.

En las presas de carácter temporal su principal ventaja - es lo económico del material utilizado, lo cual hace que el costo de su construcción sea sumamente bajo y además, no se requiere de una gran experiencia para su establecimiento, en cambio - en las presas de carácter permanente su material es muy costoso y requieren que su construcción sea supervisada por personas -- con suficiente experiencia en la materia.

2.3.1. Presas de piedra acomodada.

La piedra es un material magnífico para la construcción de presas de control de azolves y debe usarse siempre que se tenga a la mano.

Las presas de piedra acomodada son de gran duración debido a la resistencia del propio material, lo que difiere considerablemente de cuando se utilizan materiales de naturaleza vegetal como troncos, ramas, etc., en los otros tipos de estructuras.

Este tipo de presas es la que se utiliza con mayor frecuencia en el país.

2.3.2. Construcción.

Para llevar a cabo una adecuada construcción de este tipo de presas es conveniente utilizar piedras planas o lajas, las cuales pueden acomodarse perfectamente una sobre otra dejando menores intersticios para el paso del agua.

Cuando en la construcción se dispone de piedras muy irregulares, estas deberán acomodarse en una forma tal que los huecos entre ellas sean lo más pequeño posibles, procurando rellenar los espacios grandes con piedras pequeñas, a fin de evitar escurrideros en el cuerpo de la misma estructura.

La construcción de las presas de piedra acomodada se inicia con la apertura de una zanja transversal a la carcava con una profundidad variable de acuerdo a la altura de la presa.

Esta zanja se rellena posteriormente con piedras de tamaño mediano, para formar la cimentación de la estructura, debiendo prolongar este empotramiento hasta los taludes de la carcava, para evitar que la estructura sea flanqueada por los escurrimientos.

Se procede después a colocar las piedras en hiladas sobre la cimentación hasta lograr la altura elegida, la cual por regla general no debe ser mayor de 3.00 m.

Es recomendable que la parte central transversal de la es-

estructura, quede más baja que los extremos de la misma, esto con la finalidad de poder obtener la capacidad necesaria del vertedor y evitar que los escurrimientos vayan a erosionar sus flancos.

Para construir el delantal, se escogen las piedras más grandes y planas, con objeto de formar una especie de enlosado que va semiincrustado en el fondo de la carcava, a una profundidad mínima de 20 cm.

La longitud de esta parte de la presa deberá ser mayor de 1.5 veces la de la altura efectiva de la estructura (5). Figura #5.

2.4. Generalidades sobre el área de Estudio

2.4.1. Localización.

El presente trabajo se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., localizada en el km. 17 de la carretera Zuázua-Marín, que está situado geográficamente a los $25^{\circ}53'$ latitud norte y $100^{\circ}03'$ longitud oeste, con respecto al meridiano de Greenwich y con una altura sobre el nivel medio del mar de 367.3 m.

2.4.2. Aspectos fisiográficos.

2.4.2.1. Geología.- En base a la carta Geológica de la República Mexicana, G14C16, los afloramientos que se presentan en el área de estudio, corresponden principalmente a formaciones de rocas sedimentarias de la Era Mesozóica principalmente de los -

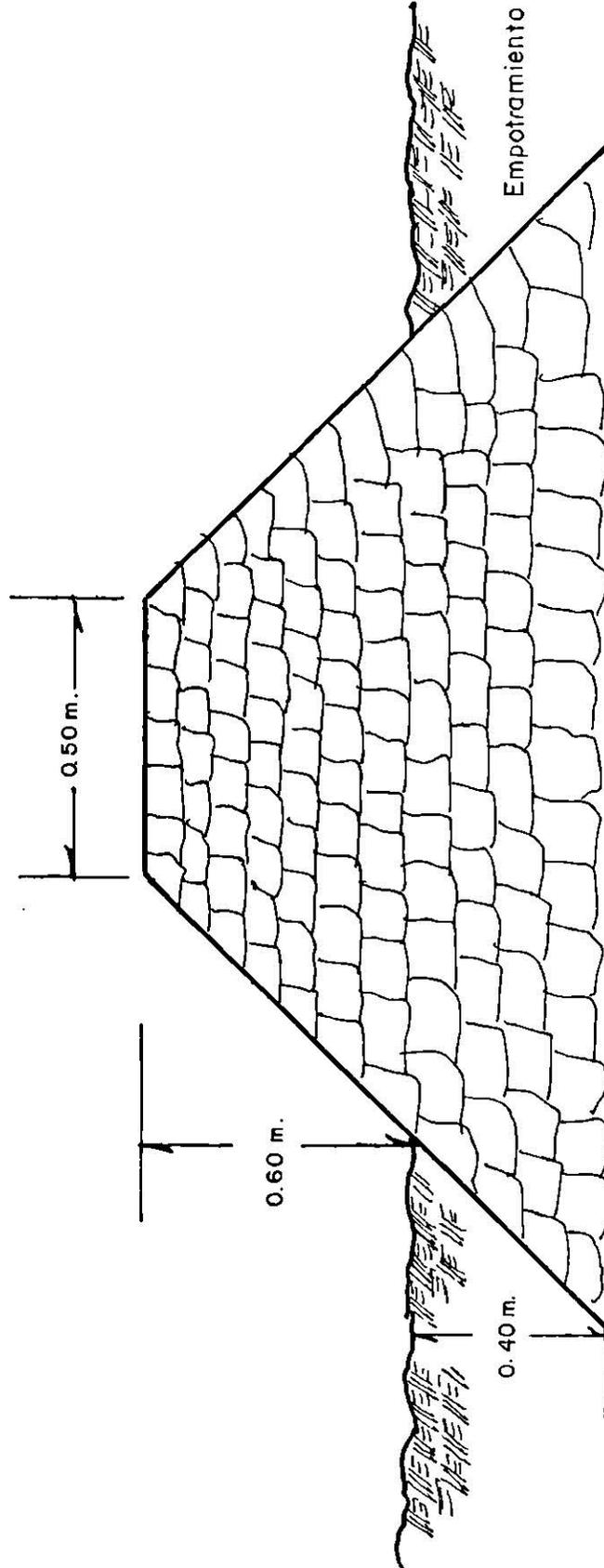


Fig. 5 Presas de piedra acomodada.

períodos cretácico superior e inferior. Los tipos principales de rocas presentes son: Calizas (oscura y clara), Calizas con Pedernal, Areniscas y Lutitas.

Las partes bajas, están constituidas principalmente por aluviones producidos por el intemperismo de las partes altas, que corresponden a la Era Cenozoica y posiblemente a los períodos -- Pleistoceno y Reciente, estos aluviones descansan en su mayor -- parte sobre la formación de lutitas (21).

2.4.2.2. Suelos.- De acuerdo a la descripción geológica, la totalidad de los suelos del área de estudio son jóvenes, de origen aluvial, con perfil no genético. La gran mayoría de estos suelos pertenecen al grupo de los Feozem, aunque también se presentan suelos de los grupos Litosol (en las lomas y cerros) Fluvisol (en los cauces de los arroyos) y Regosol (en las partes bajas de los taludes de cerros y sierras).

Las características textuales que predominan en el área de estudio pertenecen a los suelos arcillosos, migajones y francos. La mayor parte del área presenta suelos profundos (mayores de 1 m), presentándose cierto grado de erosión y salinidad, mismos -- que pueden ser corregidos con prácticas adecuadas de manejo de -- suelo y agua (2).

2.4.3.2. Hidrología.- El Municipio de Marín, N.L. se encuentra -- situado entre los ríos Dr. González y Marín, uniéndose estas --- aguas abajo al Río Pequería que a su vez se une al Río San Juan-

y finalmente estas aguas son depositadas en la presa Marte R. - Gómez. En una gran parte del Municipio se presenta una red hidrológica muy marcada en donde todos los arroyos intermitentes- en épocas de lluvia desembocan a los ríos antes mencionados(13).

2.4.2.4. Vegetación.- En cuanto al reconocimiento de campo y a la carta de uso del suelo de Apodaca G14C16 la distribución de la vegetación se puede considerar que pertenece a un matorral - mediano subperenifolio, representado por las siguientes especies de plantas:

- Huizache (Acacia farnesiana)
- Uña de gato (Acacia greggi)
- Chaparro prieto (Acacia amentacea)
- Palo verde (Sercidium macrum)
- Mezquite (Prosopis glandulosa)
- Junco (Koeberlinea spinoza)
- Tasajillo (Opuntia leptocaulis)
- Oreja de Ratón (Coldonia canescens)
- Coyotillo (Karwinskia humboldtiana)
- Nopal (Opuntia sp.), asociados con zaca

te buffel (Cenchrus ciliaris). En donde el pasto tiene una buena cobertura, encontrándose en buenas condiciones para el pastoreo (2).

2.4.3. Clima.

Para la determinación del clima se emplearon los datos es-

tadísticos de la Estación Meteorológica de la Facultad de Agronomía durante el período comprendido de enero de 1981 a enero de 1985.

De acuerdo a la clasificación climática de Koppen modificado para la República Mexicana por García, E., el Municipio de Marín, N.L., se encuentra bajo la influencia de dos subtipos climáticos: BS_0 y BS_1 , los cuales corresponden al grupo de climas secos o estepa (BS_0) (8).

Prácticamente el 60% de la superficie del Municipio de Marín, N.L. se encuentra bajo la influencia del subtipo climático- BS_0 , correspondiendo su área de influencia de la parte poniente de la sierra Picachos, donde al presentarse el efecto de sombra orográfica, tiende a producir una aridez mayor que se refleja en la vegetación. Este subtipo se caracteriza por ser cálido, con una temperatura media anual de 22°C , siendo el mes de enero el más frío, con temperatura media de 12.88°C , es además extremo, es decir, con fuertes oscilaciones de las temperaturas medias mensuales con respecto a la media anual.

Temperatura.- Las temperaturas medias mensuales tienen una variación de 16.76°C , habiéndose presentado la más baja en enero con un valor de 12.88°C y la más alta en agosto con 29.64°C .

Las temperaturas máximas absolutas tienen una variación de 15.2°C , presentándose la más baja en enero con un valor de 23.0°C , y la más alta en el mes de agosto con un valor de 38.2°C .

En las temperaturas mínimas extremas, se presenta una variación de 17.3°C , presentándose en diciembre la temperatura ---

más baja con un valor de 5.0°C y en agosto la más alta con un valor de 22.3°C .

La precipitación media anual es de 464.90 mm, siendo los meses más lluviosos, los meses de mayo y septiembre con 67.5 y 72.5 mm respectivamente.

La evaporación anual máxima que se ha presentado es de --- 2018.74 mm y la media anual es de 1918.04 mm, siendo la media-anual máxima de 252.95 mm en el mes de agosto y la mínima mensual media en el mes de enero con un valor de 62.95 mm.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Materiales

Los materiales utilizados para la realización de éste trabajo fueron los siguientes:

1. Tránsito
2. Nivel
3. Estadal
4. Tripié
5. Baliza
6. Cinta métrica
7. Éstacas
8. Tractor
9. Bordeador
10. Arado de discos
11. Palas
12. Hilos
13. Piedras

3.2. Metodología

Por lo que respecta a la metodología ésta se dividió en tres etapas que fueron: diseño, trazo y construcción de las terrazas.

Diseño.- El diseño de las terrazas se inició durante el mes de marzo de 1986 realizandose primeramente un estudio del campo para determinar los lugares por los cuales se concentra--

ban los escurrimientos superficiales. Esto se llevó a cabo para establecer en dichos lugares presas de piedra acomodada para dar una mayor consistencia a las terrazas.

Enseguida se efectuó un levantamiento altimétrico en cuadrícula del área de estudio (ver Figura #6), estacando a cada 20 m.

Posteriormente en trabajo de gavinete, se determinaron las curvas a nivel, así como la pendiente media del terreno. Se determinaron dos pendientes ya que el terreno se dividió a la mitad, para poder utilizar los dos criterios de espaciamento. Las pendientes obtenidas fueron del 2% en la parte aguas arriba del terreno y del 4% en la parte aguas abajo del terreno.

Una vez calculadas las pendientes medias del terreno se determinó el espaciamento entre terrazas. Dicho espaciamento se calculó mediante el empleo de las fórmulas siguientes:

1. Aquella que utiliza como datos la pendiente del terreno, la intensidad de la precipitación y el tipo de suelo.

Su fórmula es:

$$IV = a p + b$$

Esta fórmula fué empleada para la parte aguas arriba del terreno.

Donde:

IV = Intervalo Vertical (m)

a = Variable que ésta en función de la intensidad de la precipitación

p = Pendiente del terreno (%)

240 mts.

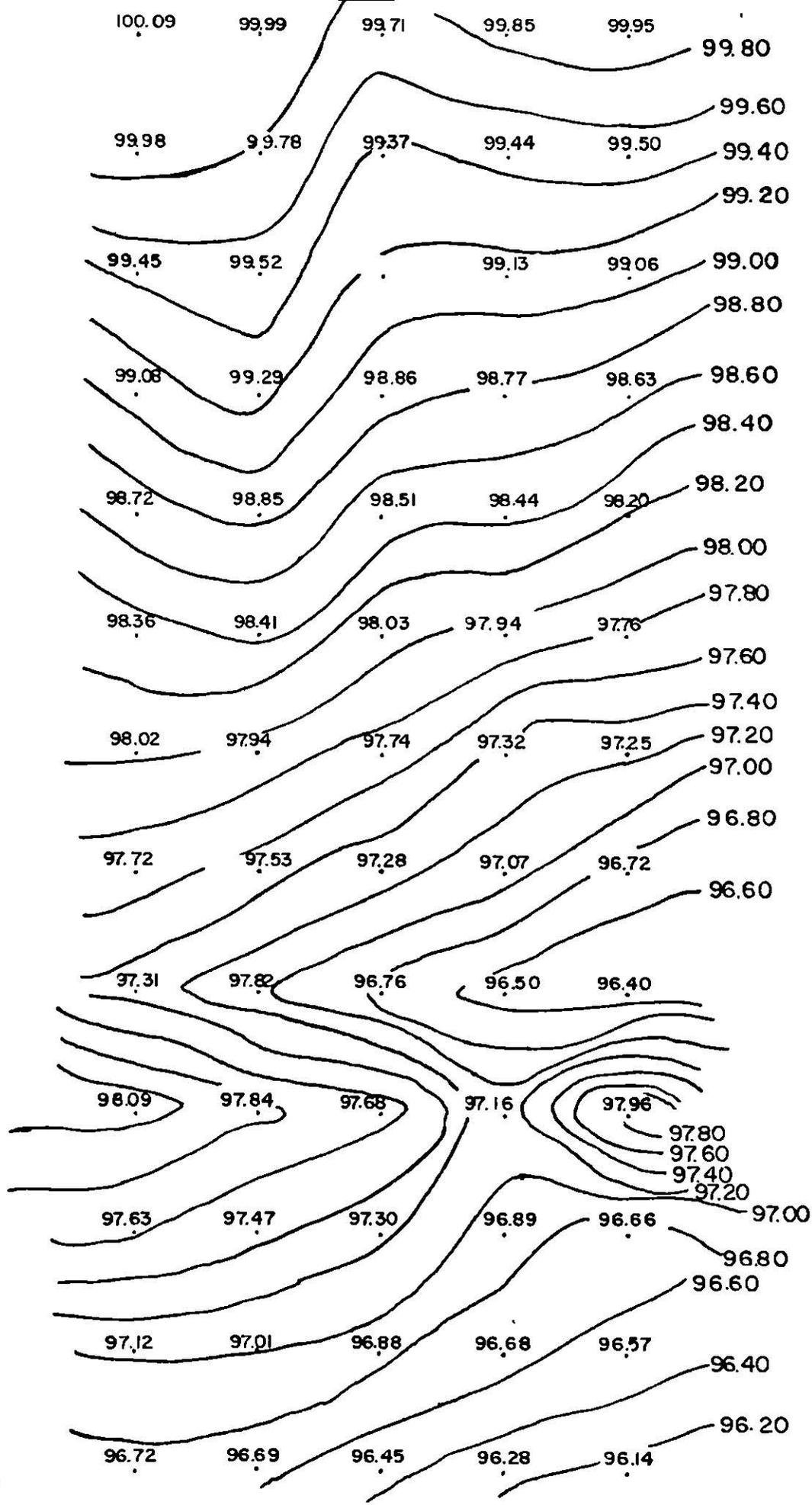


Fig. 6 Topografía del area de estudio

b = Variable que depende de la erodabilidad del suelo, de los métodos de cultivo y de sus prácticas de manejo.

El valor del coeficiente "a", se calculó ubicando el área de trabajo en la Figura #7 y obteniendolo por interpolación, en este caso $a = .18$.

El valor del coeficiente "b" se determinó en base a la Tabla #II, considerando el drenaje del suelo y la cubierta vegetal. Dicho valor fué de 0.45.

Tabla # II, Valores del coeficiente "b" para calcular el espaciamiento entre terrazas.

Valor de b	Drenaje interno del suelo	Cubierta vegetal en el período de lluvias intensas
0.30	lento	escasa
0.45	rápido	escasa
	lento	abundante
0.60	rápido	abundante

Con estos valores y el de la pendiente media aguas arriba del terreno, se determinó el Intervalo Vertical.

$$IV = (.18) (2) + 0.45$$

$$IV = 0.81 \text{ m.}$$

Una vez obtenido el intervalo vertical se calculó el intervalo horizontal mediante la siguiente fórmula: $IH = IV/P \times 100$ -



1. Aguascalientes
2. Baja California Norte
3. Baja California Sur
4. Campeche
5. Chiapas
6. Chihuahua
7. Coahuila
8. Colim
9. Distrito Federal
10. Durango
11. Estado de México
12. Guanajuato
13. Guerrero
14. Hidalgo
15. Jalisco
16. Michoacán
17. Morelos
18. Nayarit
19. Nuevo León
20. Oaxaca
21. Puebla
22. Querétaro
23. Quintana Roo
24. San Luis Potosí
25. Sinaloa
26. Sonora
27. Tabasco
28. Tamaulipas
29. Tlaxcala
30. Veracruz
31. Yucatán
32. Zacatecas

Fig. 7 Coeficiente de "a" para el cálculo de espaciamiento entre terrazas

Donde:

IH = Intervalo Horizontal (m)

IV = Intervalo Vertical (m)

P = Pendiente del terreno (%)

Sustituyendo tenemos que:

$$IH = \frac{0.81}{2} \times 100$$

$$IH = 40.5 \text{ m.}$$

Este valor es la distancia o espaciamiento que debe existir en el terreno entre una terraza y otra. Se determinaron un total de 3 terrazas mediante el empleo de ésta fórmula.

2. Aquella que considera la pendiente del terreno y la precipitación anual.

Su fórmula es:

$$IV = 2 + \frac{P}{3 \text{ o } 4} \quad (.305)$$

Esta fórmula se empleó en la parte aguas abajo del terreno.

Donde:

IV = Intervalo Vertical (m)

P = Pendiente del terreno (%)

3 = Factor que se utiliza en áreas donde la precipitación anual es menor de 1200 mm.

4 = Factor que se utiliza en áreas donde la precipitación anual es mayor de 1200 mm.

0.305 = Factor de conversión de pies a metros.

En este caso se utilizó el valor de 3, ya que la precipitación media anual en la región de Marín, N.L. es inferior a 1200 mm., por lo tanto:

$$IV = (2+4/3) (.305)$$

$$IV = 1.016 \text{ m.}$$

Con el Intervalo Vertical y la pendiente media aguas abajo del terreno se calculó el Intervalo Horizontal.

$$IH = \frac{IV}{P} \times 100$$

Donde:

$$IH = \frac{1.016}{4} \times 100$$

$$IH = 25.40 \text{ m.}$$

El número total de terrazas obtenidas con el empleo de esta fórmula fué de 4. Y la separación entre una terraza y otra en el terreno fué de 25.40 m.

En la Figura #8, se muestra que para pendientes mayores al 7% el intervalo horizontal varía en un metro proporcional al incremento de la pendiente utilizando cualquiera de las fórmulas.

Trazo.- El procedimiento a seguir en el trazo de las terrazas el cual se llevó a cabo en mayo de 1986 fué el siguiente:

1. Se realizó primeramente un trazo de las terrazas en el plano altimétrico con la finalidad de seguir las curvas a nivel y tratar de que las terrazas no se salieran de estas mismas, -

----- $V = (2 + P/304)(.305)$

—— $V = (a)(p) + b$

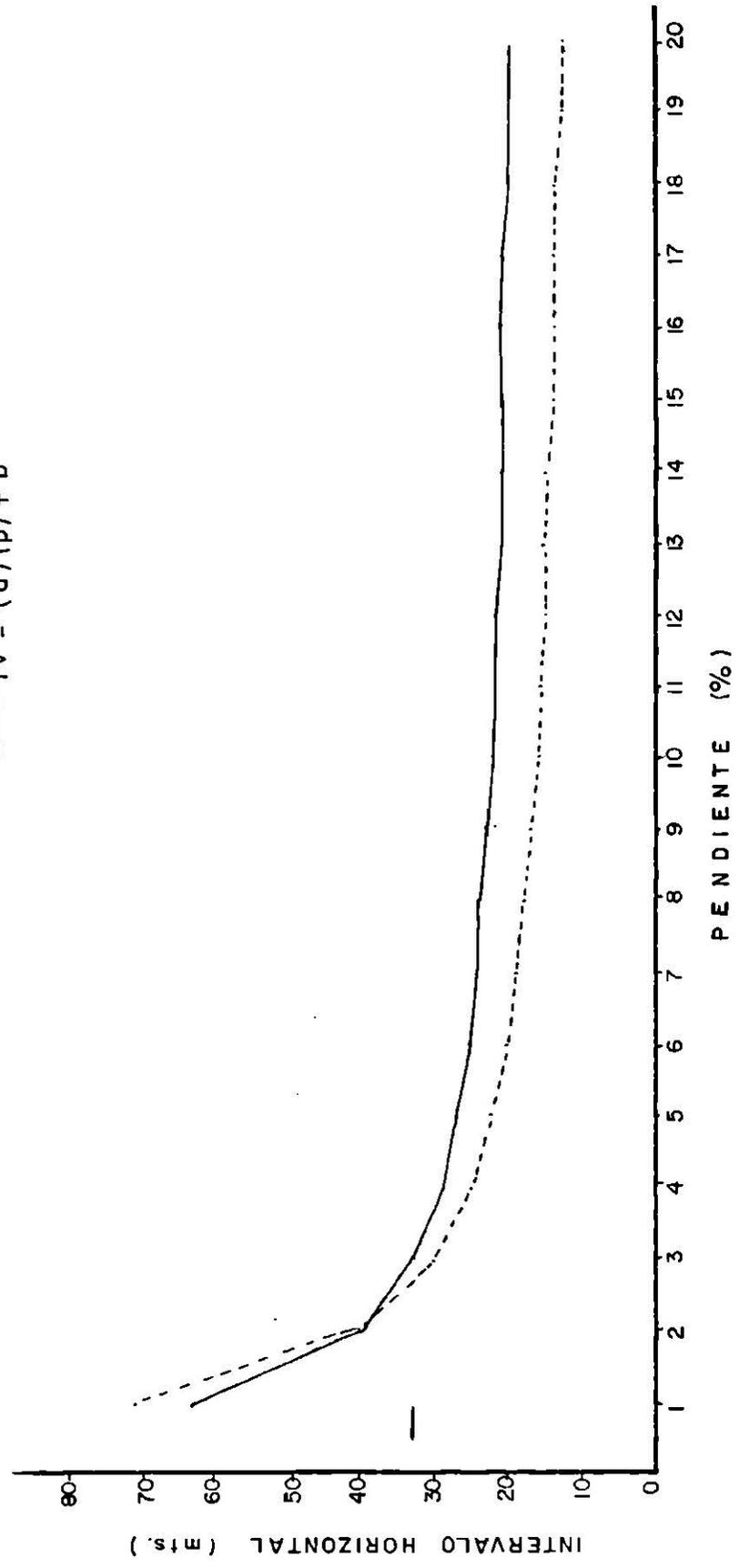


Fig. 8 Comportamiento del intervalo horizontal mediante el empleo de ambas fórmulas.

posteriormente se transfirieron al campo.

2. Se localizó el punto inicial de partida en la parte --- aguas arriba del terreno y se tomó su altura la cual fué de --- 0.90 m.

3. A partir de este punto, se trazó la primer terraza con un aparato de nivelación; buscando dicha altura a cada 20 m, y estacando a todo lo largo de la curva a nivel.

4. El trazo de las demás terrazas se llevó a cabo sumando a cada lectura el intervalo vertical (ver Tabla #III) y buscando el valor obtenido con el aparato de nivelación a cada 20 m - y estacando a todo lo largo de la curva a nivel.

Tabla #III. Lecturas obtenidas a partir del Intervalo Vertical para el trazo de terrazas.

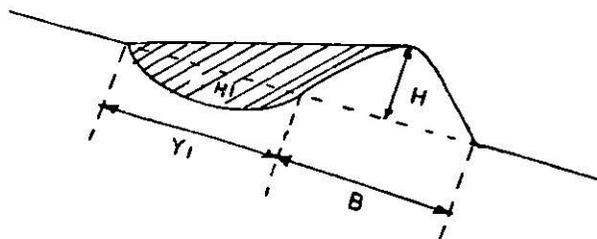
Pendiente (%)	Lectura (m)	I.V. (m)	Número de terrazas
	90		1
		0.81	
2	1.71		2
		0.81	
	2.52		3
		1.016	
	3.536		4
		1.016	
4	4.552		5
		1.016	
	5.568		6

Construcción.- En el período comprendido entre junio-julio de 1986 se efectuó la construcción de las terrazas, la cual --- consistió en remover la tierra de tal modo que se formara el -bordo y el canal.

Esto se llevó a cabo de la siguiente manera:

Se realizó primeramente una pasada (ida y vuelta) con el--boreador. Enseguida se efectuaron dos pasadas con el arado de discos, arando en una sola dirección, de esta forma se logró -obtener material de préstamo para la formación del bordo prove-niente de la parte aguas arriba de la terraza y al mismo tiempo la formación del canal. Se decidió utilizar el tipo de terra--za de formación sucesiva que emplea material de préstamo tomado aguas arriba del bordo (ver Figura #9) ya que de esta forma, -las terrazas presentan una mayor resistencia o estabilidad al -no removerse el suelo ubicado tanto en la base como en la par-te aguas abajo del bordo, al presentarse un canal de desagüe -de aproximadamente unos 25-30 cm, de altura y con cierta pen---diente hacia las orillas con la finalidad de eliminar los exce-dentes de H° y al establecerse también barreras vivas en este -caso nopal (Opuntia spp.)

Por último se realizó el afinado de las terrazas, el cual--consistió en darle a las terrazas la forma y dimensiones desea-das que fueron de aproximadamente unos 55 cm, de corona, 1 m, -de base y unos 75 cm, de altura.



H = ALTURA DEL BORDO (cm) H_i = PROFUNDIDAD DE CORTE (cm)
 B = ANCHO DEL BORDO (cm) Y_i = ANCHO DEL CORTE (cm)
 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

Fig. 9 Terraza de base angosta utilizando material de préstamo tomado aguas arriba del bordo.

La primer terraza que se construyó fué la más elevada y después de esta y por su turno cada una de las sucesivas, pendiente abajo.

Una vez terminadas las terrazas se procedió a realizar una serie de prácticas conservacionistas complementarias tales como: Presas filtrantes de piedra acomodada para reforzar los lugares de las terrazas en donde se concentraban los escurrimientos superficiales; en las orillas del terreno se realizaron tinas ciegas adaptándoles una cepa en las cuales se sembraron Eucaliptos (Eucaliptus cameldulensis) con la finalidad de formar una cortina rompevientos, dicha cortina se ubicó en forma perpendicular a la dirección de los vientos dominantes (NE). Se trajo también material vegetativo del Estado de San Luis Potosí en este caso nopal tunero (Opuntia spp.) para utilizarlo como barreras vivas-

y dar así una mayor estabilidad a los bordos de las terrazas además de proporcionar beneficios económicos adicionales. Por último se construyó un canal de desagüe con la finalidad de eliminar los excedentes de humedad que pudieran presentarse, estos excedentes son encausados hacia una carcava empastada (ver Figura # 10).

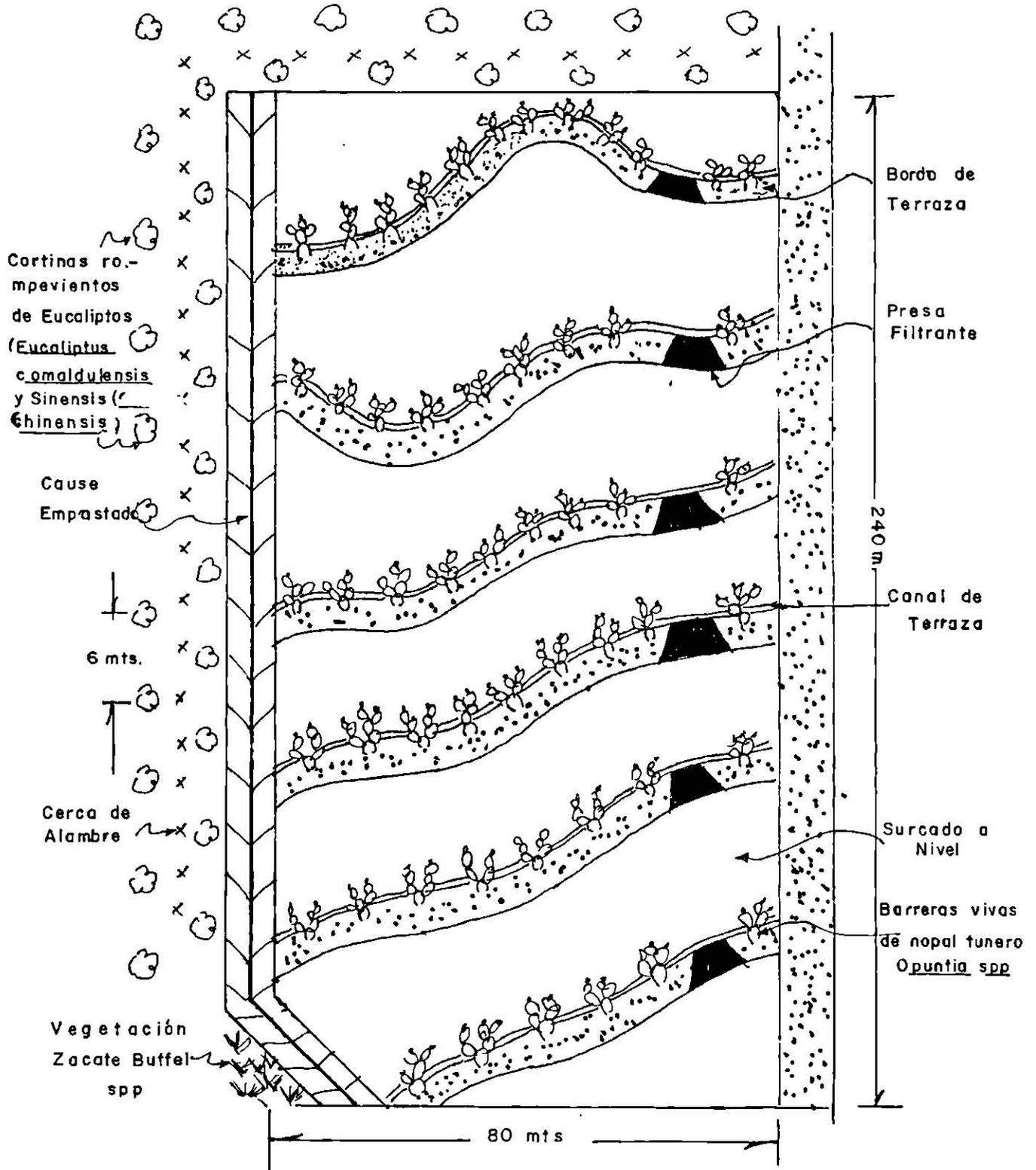


Fig. 10 Practicas conservacionistas

IV. RESULTADOS

Los resultados encontrados mediante el desarrollo de este trabajo fueron los siguientes:

1. Se encontró que la separación entre una terraza y otra al utilizar la fórmula que considera la pendiente del terreno y la precipitación anual fué de 25.40 m.
2. Al emplear la fórmula que utiliza como datos, la pendiente del terreno, la intensidad de la precipitación y el tipo de suelo, se encontró que la separación entre terrazas fué de 40.50 m, es decir casi el doble de distancia o espaciamiento que la fórmula anterior.
3. Una vez concluida la construcción de las terrazas, se presentaron en la región precipitaciones muy abundantes sobre todo en el mes de septiembre de 1986, en el cual se tubo una \bar{x} mensual de 190 mm, de precipitación ocasionando con esto el arrastre de una gran cantidad de suelo, el cual se logró controlar o retener mediante la construcción de las terrazas quedando esto de manifiesto a través de los canales de las mismas, los cuales quedaron completamente llenos de sedimentos después de las lluvias, logrando de esta manera reducir los escurrimientos superficiales y al mismo tiempo un control de la erosión laminar. Posteriormente estos sedimentos se utilizaron como material de préstamo para elevar los bordos de las terrazas.

4. Una vez construidas las terrazas se procedió a sembrar sorgo forrajero con la finalidad de evaluar la eficiencia en cuanto a captación de agua de lluvia en las terrazas, encontrándose en base a los muestreos realizados un incremento de 10 ton/ha. de sorgo forrajero, ya que anteriormente se tenía un rendimiento aproximado de 28 ton/ha, y con la innovación de las terrazas se logró aumentar el rendimiento a 38 ton/ha.

V. CONCLUSIONES

1. Se presentó una mayor separación entre terrazas al utilizar la fórmula que considera como datos, la pendiente del terreno, la intensidad de la precipitación y el tipo de suelo ya que dicha fórmula se empleó para la parte aguas arriba del terreno la cual presenta una pendiente del 2%.

En cambio con la fórmula que considera como datos la pendiente del terreno y la precipitación anual se encontró una menor distancia ya que ésta fórmula se empleó para la parte aguas abajo del terreno, la cual presenta una pendiente mayor (4%).

De esta manera tenemos que a mayor pendiente se tendrá una menor separación entre terrazas.

2. Para fines prácticos en ambas fórmulas a partir del 7% de pendiente y a medida que ésta se incrementa progresivamente se le irá disminuyendo un metro respectivamente a la separación obtenida entre terrazas siempre y cuando los valores de las variables que intervienen en las fórmulas sean semejantes a nuestro caso. Ya que lo más recomendable es tener intervalos horizontales (separaciones entre terrazas) menores cuando se vayan a establecer en las terrazas barreras vivas con plantas económicas como por ejemplo, el nopal tunero; el cuál después de cierto tiempo podrá utilizarse para fines forrajeros, hortícolas y como venta de plantas, además de proporcionar estabilidad a las terrazas.

3. Las terrazas cumplieron con los objetivos para los cuales fueron creadas, ya que además de captar el agua de lluvia - y mantener así la humedad en el suelo lograron retener gran cantidad de azolve reduciendo de esta manera la erosión y evitando la formación de cárcavas. Sin embargo, para justificar con bases lo anterior será necesario en posteriores trabajos el uso de medidores de H° tales como los tensiómetros, bloques de yeso, etc.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar la construcción de las terrazas durante la estación seca del año, ya que el movimiento de tierras y las operaciones de la maquinaria se dificultan en condiciones de humedad. También es conveniente que la primer terraza por construir sea en la parte más alta del terreno y posteriormente cada una de las demás pendiente abajo.

2. Mantener la capacidad de almacenamiento de las terrazas, limpiando el canal de los azolves retenidos al hacer las labores y procurar sobrelevar el bordo en forma sucesiva utilizando los mismos azolves, de esta manera se favorecerá la formación de las terrazas de banco y al mismo tiempo servirá de aporque a las barreras vivas.

3. Rotar cultivos en fajas incluyendo una leguminosa con la finalidad de mantener e incrementar la fertilidad nativa, además de incorporar los residuos de cosecha para darle una mejor estructura al suelo y provocar así una mayor infiltración del agua de lluvia.

4. Debido a que la zona en donde se realizó el estudio no cuenta con agua para riego es necesario analizar los datos de la cantidad y distribución de la lluvia para establecer fechas óptimas de siembra. Así tenemos que observando la Figura #11 podemos ver que en el mes de abril es cuando se inicia el ----

período de lluvias por eso es recomendable sembrar por ejemplo una leguminosa los últimos de marzo o primeros de abril para cosecharse a fines de julio e inmediatamente sembrar alguna gramínea los primeros de agosto para cosechar los fines de noviembre o principios de diciembre, quedando estos ciclos de cultivo comprendidos en las épocas de las lluvias fuertes que serían las de mayo y septiembre respectivamente.

El inicio de la fecha de siembra del ciclo temprano es que las terrazas conservan la H° de los meses de diciembre, enero y parte de febrero esto debido a que los suelos son arcillosos quedando el mes de marzo para que la tierra de punto para la siembra.

5. Desde un punto de vista económico se recomienda utilizar la fórmula que considera como datos la pendiente, la intensidad de la precipitación y el tipo de suelo, ya que con dicha fórmula el espaciamiento entre terrazas fué mayor logrando con esto un menor empleo de maquinaria, de mano de obra y material vegetativo para la estabilidad de los bordos de las terrazas.

Sin embargo, desde un punto de vista conservacionista se recomienda utilizar la fórmula que utiliza como datos la pendiente del terreno y la precipitación anual ya que la separación entre terrazas es menor logrando de esta manera un control más eficiente de la erosión laminar.

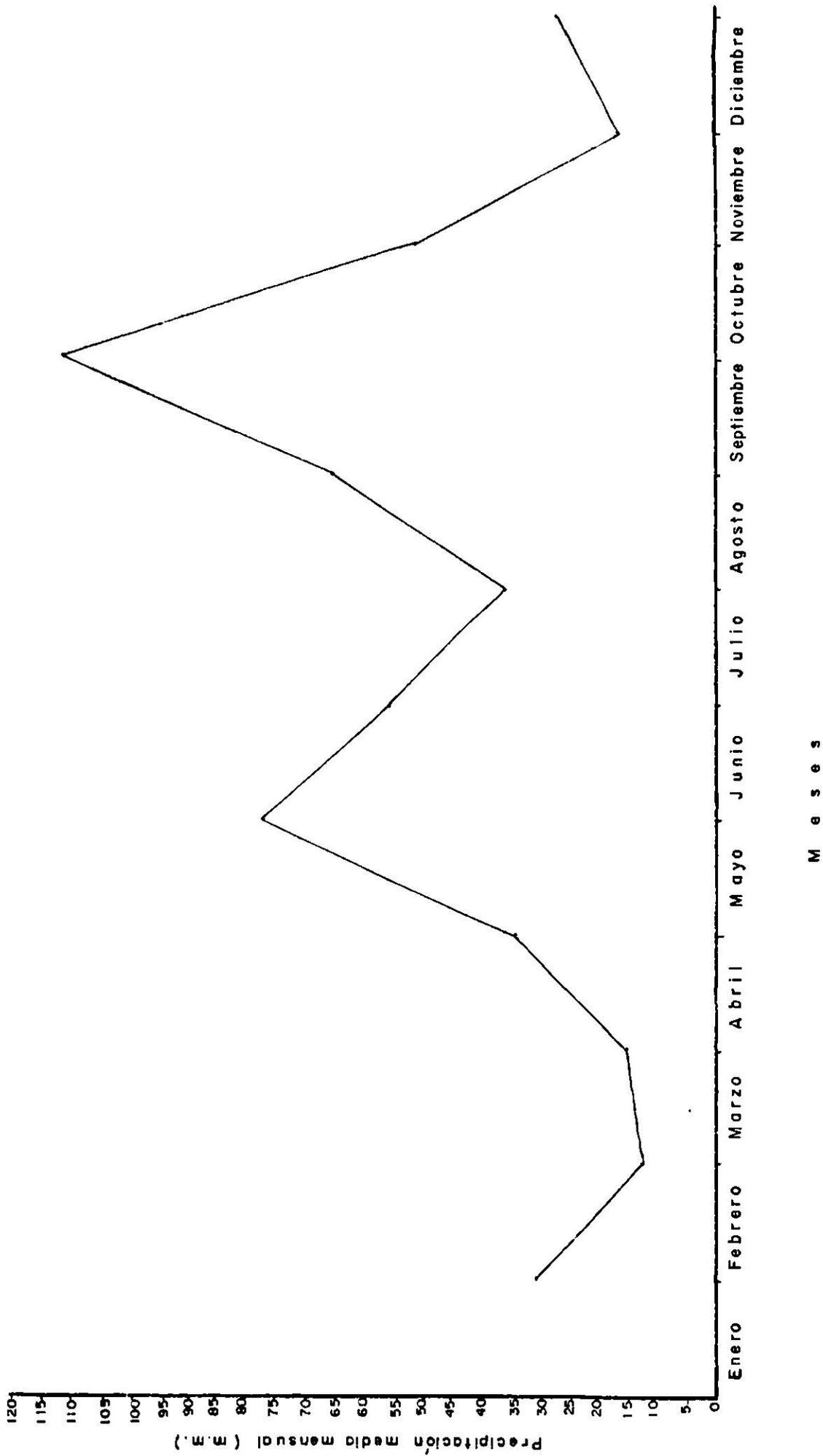


Fig. II Distribución de la precipitación media mensual de la estación meteorológica de la F.A.U.A.N.L. Marín, N.L. (1978 - 1987)

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Anestar, G.P. 1973. Conservacao Do Solo Reflorestamento Clima. Instituto Campineiro de Ensino Agricola Campinas, Brasil.
2. Araujo Hernández, J.M. y J.L. Garza R. 1984. Estudio Agrológico detallado del campo experimental de la F.A.U.A.N.L. - Marín, N.L. Tesis profesional.
3. Ayres, Q.C. 1960. La erosión del suelo y su control. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España.
4. Bennet, H.H. 1974. Elementos de conservación del suelo, Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
5. Colegio de Postgraduados, 1977. Manual de conservación del suelo y del agua. C.P. Chapingo, México.
6. De Castro, S.F. 1965. Conservación de suelos. Salvat Editores, S.A. Barcelona, España.
7. Foster, A.B. 1979. Métodos aprobados en conservación de suelos. Editorial Trillas. México.
8. García, E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). U.N.A.M. México.

9. Guzmán, E.L. 1963. The terrace of the ancient mountain Mayas. Chiapas, México. *Rev. Inter-Americana de Ciencias Sociales*.
10. Gustafson, F.A. 1957. *Conservación del suelo*. Primera Edición. Editorial Continental, México.
11. INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. Carta Geológica. G14C16 Apodaca.
12. INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. Carta Uso del Suelo. G14C16 Apodaca.
13. López, G.M. 1986. Cuantificación de especies frutícolas nativas e introducidas en el Municipio de Marín, N.L. Tesis - no publicada.
14. Ruiz Figueroa, J.F. 1979. Evaluación de 5 tipos de terrazas en suelos de ladera de la Cuenca del Río Tezcoco. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Rama de Suelos. Chapingo, México.
15. Rodríguez Toriz, F. 1975. Elementos de escurrimiento superficial. Departamento de Irrigación. Patena AC. Chapingo, México.
16. Secretaría de Agricultura y Ganadería, 1975. *Conservación del suelo y el agua*. Dir. Gral., de Conservación del Suelo y del Agua. México, D.F.

17. Secretaría de Agricultura y Ganadería, 1973. Terrazas para la Conservación del Suelo y del Agua. Dir. Gral. de Conservación del Suelo y del Agua. México, D.F.
18. S.A.R.H. Representación general en el Estado de Nuevo León. Jefatura de Sub Programa de Conservación del Suelo y Agua. Expediente Técnico Unitario. Distrito II. Municipio de Dr. Arroyo, N.L.
19. S.A.R.H. Representación general en el Estado de Nuevo León. Jefatura del Sub Programa de Conservación del Suelo y Agua. Expediente Técnico Unitario. Distrito II. Municipio Galeana N.L.
20. Thompson, L.M. 1966. El suelo y su fertilidad. Tercera Edición. Editorial Reverte, S.A. Barcelona-Buenos Aires-México.
21. Villarreal, J. 1980. Proyecto de presa de almacenamiento y estación de bombeo para riego, en terrenos de la F.A.U.A.N. L., en Marín, N.L.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., localizada en el Km. 17 de la carretera Zuázua-Marín.

Los objetivos de este trabajo fueron:

1. Captar al máximo la cantidad de agua de lluvia para aumentar así la humedad disponible para los cultivos y lograr un aprovechamiento más óptimo de la escasa y mala distribución de la precipitación que se presenta en la zona.
2. Controlar y disminuir la velocidad de los escurrimientos superficiales de tal forma que no propicien la erosión del suelo.

Para lograr los objetivos propuestos se decidió utilizar el tipo de terraza de base angosta que emplea material de préstamo tomado aguas arriba del bordo, calculando el espaciamiento entre terrazas a través de dos criterios o fórmulas de espaciamiento:

1. Aquella que utiliza como datos la pendiente del terreno, la intensidad de la precipitación y el tipo de suelo.

$$(1) \quad IV: a \cdot p + b$$

2. Aquella que considera la pendiente del terreno y la precipitación anual.

$$(2) \quad IV: 2 + P/3 \text{ o } 4 \quad (.305)$$

Una vez obtenido el Intervalo Vertical (IV) se procede a calcular el Intervalo Horizontal (IH) o separación entre terraz

zas a través de la fórmula siguiente:

$$IH = \frac{IV}{P} \times 100$$

En cuanto a los resultados encontrados tenemos que al emplear la fórmula N° (1), la separación entre terrazas fué de - 25.40 m; en cambio con la fórmula N° (2) se encontró una separación entre terrazas de 40.50 m.

Las terrazas cumplieron con ambos objetivos ya que además de captar el agua de lluvia y mantener así la humedad para -- los cultivos en el suelo, lo cual se manifestó en el incremento de 10 ton/ha de sorgo forrajero, lograron retener gran cantidad de azolve en sus canales reduciendo de esta manera los- escurrimientos superficiales y ejerciendo a la vez un control- de la erosión.

