

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



ESCUELA DE AGRICULTURA

**La Erosión del Suelo y sus Métodos de
Control Aprobados**

T E S I S

Que para obtener el título de:
Ingeniero Agrónomo Extensionista

p r e s e n t a :

NAHUM CALEB ZAMORA MONSALVO

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. 7 de Octubre de 1981

C. **ING. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI**
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
P R E S E N T E

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE _____

NAHUM CALEB ZAMORA MONZALVO Titulada:

" LA EROSION DEL SUELO; Y SUS METODOS DE CONTROL APROBADOS."

Damos nuestra aprobación para la Impresión de la misma

DIRECTOR



ING. ERNESTO MIRAMONTES LAU

ASESOR



ING. BENJAMIN PONCE ROMERO

ASESOR



ING. RAMON CEJA RAMIREZ

srd:



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

EXPEDIENTE

Escuela de Agricultura 18 de Marzo de 1931

NUMERO 1251

De la manera más atenta me permito comunicar a ustedes que he tenido a bien nombrarlos miembros del Jurado que ha de dictaminar sobre el Trabajo de Tesis denominado - - - - -

"LA EROSION DEL SUELO; Y SUS METODOS DE CONTROL APROBADOS"

presentado por el Pasante MARIAN CALES ZANORA MONSALVO

Como base en el Artículo 40, Capítulo IV, Título Octavo del Reglamento de la Ley Orgánica, " No podrá verificarse ningún Examen si la tesis no hubiese sido admitida por lo menos por la mayoría de los miembros del Jurado".

Con objeto de convocar al Examen correspondiente, suplicamos a ustedes se sirvan emitir su dictamen haciendo saber si el presente trabajo puede ser admitido para Examen posterior. En caso contrario, rogamos consignen las razones correspondientes.

ATENTAMENTE
"CIENCIA Y TRABAJO"
EL DIRECTOR

ING. LEONEL GONZALEZ JAVREGUI

RESULTADO es de admitirse
FIRMA

DEDICATORIAS .

AL ING. MARCO A. VALENZUELA GARCIA.

Supervisor Regional de Conservación
del Suelo y Agua:

Por su valiosa asesoría en el desarrollo de este trabajo.

AL ING. RAMON A. LIMON MORENO:

Por haberme comisionado al V. Curso de la Dirección General de Conservación del Suelo y Agua que se imparte en Chapingo; donde obtuve las ideas generales para el anteproyecto de esta tesis.

A MI DIRECTOR DE TESIS:

EL ING. ERNESTO MIRAMONTES LAU
y a mis asesores los ingenie--
ros:

RAMON CEJA RAMIREZ Y BEJAMIN -
PONCE ROMERO; quienes hicieron
posible la realización de este
trabajo.

A MARISOL:

Quien me brindó su colaboraci
ción y asesoría en el aspecto
administrativo dentro de
la Escuela de Agricultura -
de la Universidad de Guada-
lajara.

A LA SRITA. IRMA YOLANDA TORRES CURIEL:

Quien cooperó con su valiosa ayuda en -
la redacción de esta tesis.

A MI FAMILIA:

Quien siempre me ha brindado
su apoyo:

Evila, Chelín, Mamá, Abueli-
to, Adina, Nohemí, Efraín y-
mís primos.

A:

ELENA, JASSON OMAR

Y JENNIFER.

A:

ERNESTINA CAMARENA MEZA

Y JAIRO.

A LA FAMILIA:

GONZALEZ PATIÑO:

Quienes me han ayudado
en todo:

ROSA LINDA, CLARITA, -
MAMA CLARITA Y LICHA.

A MIS PROFESORES Y AMIGOS:

Dedico el presente trabajo.

CON TODO HONOR Y RESPETO A:

ING. ADOLFO MARTINEZ CORTINA Y

C.P. ARMANDO TORRES REYES.

	PAG.
PREFACIO.	1
JUSTIFICACION DE LA OBRA.	2

C O N T E N I D O

INDICE DE CUADROS.	3
INDICE DE FIGURAS.	5
RESUMEN.	7
INTRODUCCION.	10
ANTECEDENTES.	12
A) ANTECEDENTES SOBRE CONSERVACION DE SUELOS.	12
B) ANTECEDENTES SOBRE INVESTIGACION EN CONSERVACION DE SUELOS EN EL MUNDO.	13
C) ANTECEDENTES SOBRE INVESTIGACION EN CONSERVACION DE SUELOS EN MEXICO.	17
D) LIMITACIONES EN LA INVESTIGACION SOBRE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA.	18
E) ASPECTOS TEORICOS.	19
OBJETIVOS GENERALES	21
DEFINICION DEL CONCEPTO EROSION.	22
1. MECANICA DE LA EROSION.	22
A) EL SALPICAMIENTO.	22
B) EL ESCURRIMIENTO.	23
C) FORMAS DE LA EROSION HIDRICA.	26

	PAG.
2. MANEJO DE SUELOS.	27
A) USO ACTUAL.	28
B) CLASIFICACION DE TIERRAS SEGUN SU CAPACIDAD DE USO.	28
C) CLASES DE TERRENOS.	29
 CAPITULO I. MATERIALES Y METODOS.	 31
1. PROCEDIMIENTOS PARA EL CONTROL DE LA EROSION.	31
1.1. SURCADO AL CONTORNO.	31
1.1.1. DEFINICION.	31
1.1.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.	32
1.1.3. CALCULO DEL AREA MEDIDA.	33
1.1.4. NIVELACION DEL TERRENO.	33
1.1.5. LOCALIZACION Y TRAZO DE CURVAS A NIVEL O LINEAS GUIAS.	34
1.1.6. TRAZO DE SURCOS A NIVEL.	35
1.1.7. TRAZO DE SURCOS CON PENDIENTE.	40
1.1.8. EVALUACION.	40
1.1.9. RESTRICCIONES.	42
1.2. TERRAZAS DE FORMACION PAULATINA.	43
1.2.1. DEFINICION.	43
1.2.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.	44
1.2.3. CALCULO DEL AREA MEDIDA.	44
1.2.4. NIVELACION DEL TERRENO.	45
1.2.5. LOCALIZACION Y TRAZO DE CURVAS A NIVEL.	45

	PAG.
1.2.5.1. AJUSTE DEL ESPACIAMIENTO O ANCHO ENTRE TERRAZAS.	49
1.2.5.2. CARACTERISTICAS DEL CANAL.	50
a) TIPOS DE CANAL.	50
b) DECLIVE O PENDIENTE DEL CANAL.	53
c) VELOCIDAD MAXIMA PERMISIBLE EN EL CANAL.	53
1.2.6. ESPECIFICACIONES.	57
1.2.7. RESTRICCIONES.	58
1.3. TERRAZAS DE BANCO.	58
1.3.1. DEFINICION.	58
1.3.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.	63
1.3.3. CALCULO DEL AREA MEDIDA.	63
1.3.4. NIVELACION DEL TERRENO.	64
1.3.5. LOCALIZACION Y TRAZO DE CURVAS A NIVEL O LINEAS GUIA.	64
1.3.6. ESPECIFICACIONES.	64
1.3.7. EVALUACION.	67
1.3.8. RESTRICCIONES.	70
1.4. TERRAZAS DE BASE ANCHA.	70
1.4.1. DEFINICION.	71
1.4.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.	71
1.4.3. CALCULO DEL AREA MEDIDA.	71
1.4.4. NIVELACION DEL TERRENO.	72
1.4.5. LOCALIZACION Y TRAZO DE CURVAS A NIVEL.	72
1.4.5.1. ESTABLECIMIENTO DEL CANAL CON UNA DETERMINADA PEN DIENTE.	74

	PAG.
1.4.5.2. DETERMINACION DE LOS CORTES Y RELLENOS.	74
1.4.6. ESPECIFICACIONES.	76
1.4.6.1. EPOCA DE CONSTRUCCION.	77
1.4.6.2. ESTACADO PARA LA CONSTRUCCION.	77
1.4.7. EVALUACION	78
1.5. PRESAS FILTRANTES PARA EL CONTROL DE AZOLVES.	78
1.5.1. GENERALIDADES.	80
1.5.2. DEFINICION.	82
1.5.3. LOCALIZACION DE LOS SITIOS PARA UBICAR LAS PRESAS.	83
1.5.4. ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO.	83
1.5.4.1. ALTURA DE LA PRESA.	83
1.5.4.2. ESPACIAMIENTO DE LAS PRESAS.	84
1.5.5. RESTRICCIONES.	88
CAPITULO II. PROCEDIMIENTO PARA LA CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA.	92
2.1. DEFINICION.	92
2.2. USO DE LAS MICROCUENCAS.	93
2.3. RECOPIACION DE DATOS CLIMATOLOGICOS.	94
2.3.1. FORMAS DE LA PRECIPITACION PLUVIAL.	95
2.3.1.1. TIPOS DE PRECIPITACION.	95
2.3.2. MEDICION DE LA PRECIPITACION.	96
A) PRECIPITACION MEDIA.	96
B) PROBABILIDAD DE LLUVIA.	99

	PAG.
C) INTENSIDAD Y DURACION DE LLUVIA.	99
D) FRECUENCIA DE LA LLUVIA.	99
2.4. CALCULO DE LAS NECESIDADES HIDRICAS DE LOS CULTIVOS.	100
2.4.1. USO CONSUNTIVO.	100
2.4.2. PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DEL USO CONSUNTIVO.	101
2.5. CALCULO DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (C.E.)	106
2.5.1. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO.	108
2.5.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO.	108
2.5.1.2. TIEMPO DE RIEGO.	112
2.5.1.3. EFICIENCIA DE RIEGO.	113
2.5.1.4. INTERVALO DE RIEGO.	115
2.6. CALCULO DEL AREA DE LA MICROCUENCA DE CAPTACION DE AGUA.	116
2.6.1. DETERMINACION DEL AREA DE SIEMBRA.	117
2.6.2. DETERMINACION DEL AREA DE ESCURRIMIENTO.	119
2.7. TIPO DE CULTIVO A INTRODUCIR.	121
BIBLIOGRAFIA.	123

P R E F A C I O .

El presente trabajo consia de 2 capítulos generales. En el primero - se trata acerca del diseño y construcción de algunas prácticas mecánicas- que presentan como objetivo general el control de la Erosión, describiendo una metodología bastante sencilla lo cual facilita en un momento dado- su aplicación práctica en el terreno de cultivo.

El segundo capítulo es más específico ya que habla de los experimentos llevados a cabo por algunos científicos especializados en áreas de - temporal, donde la precipitación es poca y se hace necesaria la introducción de alguna práctica que permita la mayor captación del agua de lluvia con el fin de aprovecharse en la producción agrícola y desde luego sin - llegar a propiciar Erosión.

JUSTIFICACION DE LA OBRA.

Esta tesis se realizó pensando principalmente en el hecho de dar a conocer los principales aspectos de diseño y construcción de las prácticas mecánicas más comúnmente empleadas en México y que se analizan detalladamente en el Manual de Conservación del Suelo y Agua, editado por el Colegio de Postgraduados de Chapingo en el año de 1977; y auspiciado por otras instituciones como la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.) y el Departamento de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL). Obra que reúne el esfuerzo de muchísimos técnicos de diferentes instituciones avocadas al control de la erosión y su problemática, en un intento por atenuar los efectos catastróficos que ésta produce.

No obstante lo particular que pueda aparentar la justificación de este trabajo, se considera que la validez de los resultados generados en terrenos de cultivo en diferentes partes de la república, son tan universales como la distribución misma de las obras.

Lo anterior tiene carácter de revisión de literatura monográfica y se pretende lograr la extensión del presente trabajo, con el fin de prestar utilidad a un nivel técnico y rural.

I N D I C E D E C U A D R O S .

	PAG.
1. DISTANCIAS A QUE DEBEN TRAZARSE LAS LINEAS GUIAS EN CULTIVOS A NIVEL, SEGUN LA PENDIENTE DEL TERRENO.	41
2. CUADRO QUE RELACIONA EL PORCENTAJE DE PENDIENTES - CON: EL INTERVALO VERTICAL, EL INTERVALO HORIZON -- TAL; Y LOS METROS LINEALES DE DESARROLLO DE BORDOS- POR HECTAREA.	48
3. ESPACIAMIENTO O ANCHO ENTRE TERRAZAS PARALELAS EN - FUNCION DEL NUMERO DE SURCOS Y SU EQUIDISTANCIA.	51
4. VELOCIDADES MAXIMAS PARA CANALES.	54
5. DIMENSIONES Y CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LAS TE RRAZAS DE BASE ANCHA.	55
6. ESPACIAMIENTO UNITARIO ENTRE PRESAS PARA CONTROL DE AZOLVES, EN FUNCION DE LA PENDIENTE MEDIA DE LA CAR CAVA Y LA ALTURA DE LA ESTRUCTURA.	56
7. ESPACIAMIENTO UNITARIO ENTRE PRESAS PARA EL CONTROL DE AZOLVES, CUANDO LOS SEDIMENTOS SON ARENOSOS Y LA PENDIENTE DE ESTOS ES DE 2.0%.	89
8. ESPACIAMIENTO UNITARIO ENTRE PRESAS PARA EL CONTROL DE AZOLVES, CUANDO LOS SEDIMENTOS SON DE TEXTURA ME	

DIA Y LA PENDIENTE DE ESTOS ES DE 1.0%.	90
9. ESPACIAMIENTO UNITARIO ENTRE PRESAS DE CONTROL DE AZOLVES, CUANDO LOS SEDIMENTOS SON ARCILLOSOS Y LA PENDIENTE DE ESTOS ES DE 0.5%.	91
1A. VALORES DE LA EXPRESION K_t . EN RELACION CON LAS TEMPERATURAS MEDIAS EN °C PARA USARSE EN LA FORMULA DE BLANEY Y CRIDDLE.	103
2A. PORCENTAJES DE HORAS LUZ EN EL DIA PARA CADA MES DEL AÑO - EN RELACION AL NUMERO TOTAL EN UN AÑO (FACTOR P).	104
3A. COEFICIENTE DE DESARROLLO K_c PARA EL CALCULO DE USOS CONSUMTIVOS.	107
4A. COEFICIENTE DE DESARROLLO K_c PARA EL CALCULO DE USOS CONSUMTIVOS.	107-A
5A. PROFUNDIDAD Y ESPACIAMIENTO LATERAL (A PARTIR DEL TALLO) - QUE ALCANZA EL SISTEMA RADICAL DE UN CULTIVO AL MOMENTO DE LA MADUREZ. EN UN SUELO BIEN DRENADO Y QUE NO PRESENTA DEFICIENCIAS QUE IMPIDAN EL DESARROLLO NORMAL EN LA PLANTA.	118
CUADRO QUE RELACIONA LOS CULTIVOS EN FUNCION DEL SUELO, AGUA Y PLANTA.	122-A
CUADRO DE LA HUMEDAD APROVECHABLE PARA SUELOS DE DIVERSAS TEXTURAS.	122-B

I N D I C E D E F I G U R A S .

	PAG.
1. UBICACION DE UNA CURVA DE NIVEL MEDIANTE ESTACAS.	36
2. TRAZADO DE LOS SURCOS O LINEAS GUIA.	37
3. TRAZADO DE SURCOS PARALELOS A DOS LINEAS GUIAS <u>IN</u> MEDIATAS 1 Y 2, 2 Y 3, ETC., HASTA TERMINAR EL <u>LO</u> TE (ESQUEMA EN PLANTA).	38
4. LABOR DE ARADO EN UN CAMPO EN EL QUE SE UNEN DOS- TERRENOS CON DISTINTAS CURVAS DE NIVEL (ESQUEMA - EN PLANTA).	39
5. SECCION TRANSVERSAL DE UNA TERRAZA, MOSTRANDO SUS PENDIENTES LATERALES.	59
6. UBICACION DE LAS ESTACAS EN EL PUNTO DE BALANCE - PARA LA CONSTRUCCION DE TERRAZAS DE BANCO.	60
7. POSICION DE LA ESTACA PARA CONSTRUCCION DE LA TE- RRAZA DE CANAL AMPLIO.	61
8. UBICACION DE LAS ESTACAS PARA LA CONSTRUCCION DE- TERRAZAS DE BANCOS ALTERNOS.	62
9. TIPOS DE BANCALES SEGUN SU TALUD.	65
10. TIPOS DE DECLIVE EN BANCALES.	66

11. DISMINUCION DE LA PENDIENTE PROMEDIO DEL TERRENO, EN
DONDE SE HAN CONSTRUIDO TERRAZAS DE BANCOS ALTERNOS. 68
12. FORMACION SUCESIVA DE LAS TERRAZAS DE BANCAL. 69
13. NOTACIONES PARA CORTES Y RELLENOS EN TERRAZAS CON DE
CLIVE. 75
14. COLOCACION DE LAS ESTACAS PARA LA CONSTRUCCION DE LA
TERRAZA DE BASE ANCHA. 79
15. SECUENCIA DE LAS PRESAS CONSTRUIDAS BAJO EL CRITERIO
DE ESPACIAMIENTO "CABEZA - PIE". 86
16. SECUENCIA DE LAS PRESAS CONSTRUIDAS BAJO EL CRITERIO
DE DOBLE ESPACIAMIENTO. 87
17. TIPOS DE SECCIONES TRANSVERSALES DE LAS TERRAZAS. 87-A

R E S U M E N .

Resumen del trabajo de tesis que lleva como título "La Erosión del Suelo y sus Métodos de Control Aprobados".

Lo anterior se fundamenta principalmente en la experiencia adquirida a partir del mes de enero de 1980 en que he venido desempeñando mis funciones como Técnico de Campo en la Jefatura del Sub-Programa de Conservación del Suelo y Agua, y actualmente en la Supervisión Regional de la Zona IV de la Dirección General del mismo programa; siendo el propósito al realizar el presente trabajo, el de obtener un compendio bien detallado acerca de las prácticas antierosivas para terrenos agrícolas que la Dirección mencionada ejecuta a nivel rural como apoyo a zonas temporales - principalmente y de riego; siendo oficialmente las más usadas para tal efecto.

Los antecedentes tomados al respecto y que se refieren a las obras que el Programa de Conservación de Suelo y Agua realiza actualmente, están tomados de las siguientes partes:

1. De la Memoria del VII Congreso Nacional Soc. Mex. de la Ciencia. Pronunciado por Breach, en el año de 1974 en la ciudad de Guanajuato, Gto.
2. De las Notas para la Historia de la Dirección General de Conservación del Suelo y Agua, S.A.R.H., libro inédito, pero que reúne un sinnúmero de datos útiles y que se formó desde-

1977,

3. De la oportunidad que tuve en participar en el 5° Curso de la Dirección General de Conservación del Suelo y Agua, para Ingenieros Agrónomos del Programa S.A.M. llevado a cabo en el Auditorio de Sociología Rural en la Escuela Nacional de Agricultura de Chapingo durante el mes de enero de 1981.
4. De la experiencia adquirida directamente en el campo, trazando Terrazas de Formación Paulatina, haciendo estudios Técnicos Unitarios para construir abrevaderos y zanjas de captación de agua por escurrimiento; y Supervisando obras que ya han sido construidas para evaluar su funcionamiento, etc.

Las prácticas mecánicas a que se refiere el presente trabajo están enfocadas específicamente a prestar un apoyo en los diferentes métodos que existen para el control de la erosión en terrenos de cultivo; y aquí se hace una descripción detallada de la metodología para el trazo, construcción, uso y mantenimiento de dichas prácticas, complementada con recomendaciones para la promoción en la ejecución de las obras, así como su mejor localización en el campo. Siendo las más usadas las siguientes:

- I. Surcado al Controno.
- II. Terrazas de Formación Paulatina o de Base Angosta,
- III. Terrazas de Banco.
- IV. Terrazas de Base Ancha.
- V. Presas Filtrantes para el Control de Azolves.
- VI. Método de Captación de Agua de lluvia "IN SITU" para fines agrícolas.

Como ya se dijo, la obra consiste en formar un compendio de las prácticas que más se utilizan en el medio rural y que como se expresa; el objetivo de ésta es coadyuvar en la lucha para el control de la erosión en terrenos de cultivo, siendo además una tesis de consulta que se refiere al mejor manejo y utilización del suelo.

I N T R O D U C C I O N .

LA EROSION DEL SUELO; Y SUS METODOS DE CONTROL APROBADOS.

La erosión es un proceso natural y dinámico que la tierra sufre, y - que normalmente se mantiene dentro de los límites permisibles, cuando - existen relaciones armónicas entre la vegetación y el medio que les ro -- dea.

Sin embargo, al modificarse el equilibrio ecológico al introducirse los diferentes sistemas de producción, la erosión puede alcanzar proporciones catastróficas y reducciones drásticas en los niveles de producción por lo cual se debe declarar de utilidad pública las investigaciones y es tudios relacionados con la clasificación de los recursos naturales tales como el suelo y el agua; y también lo que se refiere a la metodología y - a las prácticas más adecuadas que permitan la conservación del suelo contra los procesos erosivos naturales e inducidos.

El control de la erosión también obedece a principios naturales que se pueden encuadrar en formas geológicas definidas del relieve de la tierra, mismas que podemos denominar como cuencas hidrográficas, donde se de senvuelven los distintos sistemas de producción agropecuarios.

Por lo tanto, un buen planteamiento que se relacione con el manejo y la conservación de los recursos suelo y agua, debe incluir la participación de instituciones oficiales para hacer más efectiva la canalización - de los recursos económicos y humanos; para que se proyecten en un control

eficaz de la erosión como un enfoque integral del problema a nivel de cuenca hidrográfica, incluyendo entidades federativas, a los distintos sistemas de tenencia de la tierra o a los distritos agropecuarios de riego y temporal.

A N T E C E D E N T E S .

A) ANTECEDENTES SOBRE CONSERVACION DE SUELOS.

Las primeras evidencias sobre la necesidad de conservar el suelo y el agua en México, se manifestaron con los estudios de suelos hechos por la Comisión Nacional de Irrigación*. En 1939 ante dicha Comisión, el Ing. Lorenzo Patiño N. presentó el primer informe sobre la reducción de la erosión para terrenos bajo cultivo en ladera, mismo que se presentó en el VI Congreso Científico del Pacífico celebrado en Berkeley, Calif. E.U.A.

En 1941, en la primera Convención Nacional Forestal, el citado ingeniero presentó la ponencia "La Conservación de los Suelos en México", que fue premiada y motivó que por acuerdo presidencial, el 25 de marzo de 1942 se creara el Departamento de Conservación del Suelo dentro de la Dirección de Agrología de la Comisión Nacional de Irrigación.

En 1943 se establecieron los primeros Distritos de Conservación en Arroyozarco, Méx. y en Malintzin, Tlax. los cuales se utilizaron para el adiestramiento en la técnica de conservación del suelo a todo el personal con el que se inició este servicio.

En 1944 se crearon nueve Distritos más en los estados de Jalisco, Michoacán, México, Hidalgo y Puebla.

* Después Secretaría de Recursos Hidráulicos y actualmente Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

En 1945 se formuló el proyecto de la Ley de Conservación del Suelo y el Agua con la finalidad de fomentar, proteger y reglamentar la conservación de estos recursos para la agricultura nacional, misma que fue publicada en el Diario Oficial en marzo de 1946. En acato a la misma ley, el Departamento de Conservación del Suelo pasó a ser Dirección dentro de la Comisión Nacional de Irrigación.

El 10. de enero de 1947 de acuerdo con la nueva ley de Secretaría de Estado, pasó a depender de la Secretaría de Agricultura (4).

Desde su creación, la Dirección de Conservación del Suelo y el Agua ha creado 24 Delegaciones en diferentes entidades del país, dando preferencia a la atención de las zonas de agricultura de subsistencia en condiciones de temporal (1).

Desafortunadamente, la labor de la citada dirección y muchas otras que han nacido en diferentes dependencias con similares objetivos, han carecido de investigación de apoyo. Esta situación ha propiciado una diversidad de criterios de acción y ha dificultado presentar un frente común al avance de la erosión.

En base a lo anterior, por iniciativa de la Secretaría de Agricultura y Ganadería y con la coordinación del Colegio de Postgraduados de Chapingo, Méx. se elaboró el Manual de Conservación del Suelo y del Agua, y conjuntamente se inició la investigación formal sobre estos aspectos (2).

B) ANTECEDENTES SOBRE INVESTIGACION EN CONSERVACION DE SUE LOS EN EL MUNDO.

Las primeras investigaciones científicas sobre erosión fueron desa--

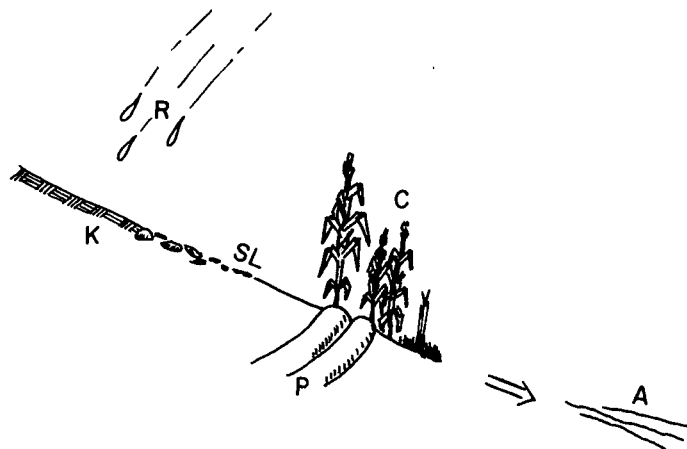
rrolladas por el alemán Wollny entre 1877 y 1895 mediante pequeños lotes para medir la erosión por efecto de la lluvia bajo diferentes tipos de vegetación y residuos de cosechas. Fuera de este trabajo, el desarrollo de la investigación en Conservación de Suelos se desarrolló principalmente en Estados Unidos, donde en 1907, a través de su Departamento de Agricultura (USDA), declara una política oficial de protección a la tierra (10).

Los primeros intentos hechos en los E.U.A. para medir escorrentía y erosión mediante parcelas de observación, datan de 1915 y se establecieron con el propósito de evaluar el deterioro del suelo por el proceso de la erosión (24). En 1930 el USDA estableció las primeras 10 estaciones de investigación para estudiar el fenómeno de la erosión y los factores que la producían.

Con la información obtenida, Smith (1941), Browing, et al (1947) y Musgrave (1947) intentaron sistematizar el cálculo de las pérdidas de suelo mediante el análisis de los factores causantes, incluyendo en cada avance, la concurrencia de más factores o afinándolos a medida que se incrementaba el conocimiento de éstos a través del estudio ordenado.

Al proliferar el número de estaciones y los trabajos de investigación sobre esta problemática, en 1952 se estableció en la Universidad de Purdue el Centro de Información sobre Escorrentía y Pérdidas de Suelo del Servicio de Investigación Agrícola (ARS) del USDA. Todos los experimentos establecidos en los E.U.A. son resumidos y analizados en este centro, sin duda el principal logro de ese esfuerzo es la "Ecuación Universal para Estimar Pérdidas de Suelo" desarrollada por Wischmeier y Smith (23,11), que a continuación se detalla:

$$A = RKSLCP \dots (1)$$



Donde:

A = Pérdida de suelo por unidad de área (ton/ha.) en un determinado período.

B = Erosividad o capacidad erosiva de la lluvia (número de unidades índice - erosión con la lluvia de un año normal).

K = Erodibilidad o susceptibilidad del suelo a erosionarse (es la proporción de erosión por unidad índice - erosión, sufrida por un determinado suelo en continuo barbecho en una longitud de 22.13 m. y una pendiente del 9%).

S = Pendiente del terreno (es la proporción de pérdida de suelo debida a la pendiente del terreno comparada con otro con 9% de pendiente).

L = Longitud de la pendiente (es la proporción de pérdida de suelo por longitud de la pendiente en relación a otro con una longitud de 22.13 m. con el mismo tipo de suelo y pendiente).

C = Prácticas vegetativas (es la proporción de pérdida de suelo sufrida por un terreno con un determinado cultivo y manejo, en relación a otro en condiciones de barbecho bajo el cual se evalúa el factor K).

P = Prácticas mecánicas o de Conservación de Suelos (es la proporción de pérdidas de suelo de un terreno surcado al contorno, - cultivos en fajas o terrazas, en relación a otro con surcos angostos trazados en el sentido de la pendiente) (23).

De estos factores, los primeros dos (R y K) son invariables para un determinado tiempo y espacio, los segundos (S y L) se pueden alterar sólo si se modifica el relieve, por lo tanto también se consideran relativamente constantes. Sólo los dos últimos factores (C y P), son manejables por el hombre para reducir las pérdidas del suelo por erosión (A).

Los factores R, K, L y S son los que le dan magnitud a la erosión; C y P, que en la ecuación varían de 0 a 1, son atenuantes de ella. Por ejemplo, si bajo determinadas condiciones la erosión sufrida por un terreno es de 8 ton/ha/año, y se estableciera una rotación maíz-maíz-avena con trébol dulce intercalado, que según Wischmeier y Smith tiene un valor de $C = 0.32$, por ese hecho la erosión se reduce a 2.56 ton/ha/año. Si además se siguiera la práctica de surcado al controno ($P = 0.50$), entonces la erosión resultante sería del orden de 1.28 ton/ha/año (23).

Esfuerzos de investigación similares a los de E.U.A. se han iniciado ya en varios países del mundo tratando primeramente de detectar los principales factores involucrados en el proceso de la erosión y después lograr su control mediante prácticas vegetativas y mecánicas adaptables a su situación particular. Mientras tanto, es particularmente importante la difusión de los resultados de investigación, por tratarse sobre todo de una ciencia nueva. (10)

C) ANTECEDENTES SOBRE INVESTIGACION EN CONSERVACION DE SUELOS EN MEXICO.

En 1974 se inició de hecho la investigación formal sobre la conservación de suelos en México, al seleccionarse la cuenca hidrográfica del río Tezcoco con fines de estudio (5).

La ventaja que se le observó a ésta cuenca es que incluye amplia diversidad de ecosistemas, gran variedad en el uso del suelo y por su localización geográfica, es representativa de los principales problemas sociales del país.

El primer estudio que se estableció en la cuenca del río Tezcoco tuvo como objetivos evaluar las pérdidas de suelos y nutrimentos en relación con el uso del suelo y explicar el fenómeno de la erosión con base en las causas que lo propician en los diferentes ecosistemas de la cuenca. En los resultados preliminares de este trabajo, se observó que las mayores pérdidas de suelo corresponden a las zonas altamente degradadas y de cultivo y que estas pérdidas disminuyen conforme a la alteración de los ecosistemas naturales (5).

Con base en los resultados anteriores, se iniciaron estudios de observación para el manejo de las zonas altamente degradadas y su reincorporación a la productividad mediante plantaciones de nopal y pastizales principalmente (21,9). En las áreas agrícolas, se establecieron experimentos sobre prácticas de labranza y manejo de residuos orgánicos en diferentes cultivos (19) y se inició la evaluación de diferentes prácticas de conservación de suelos y algunos tipos de secciones transversales de terrazas (18).

Como puede observarse al comparar el desarrollo de nuestra investigación con la del resto del mundo, en México se está experimentando con los factores atenuantes de la erosión, mientras que los causantes de ella se manejan en segundo término considerando básicamente las experiencias generadas en otros países.

La razón de este procedimiento es precisamente la necesidad de información sobre la bondad de diferentes prácticas mecánicas y vegetativas de conservación del suelo y del agua. Para el estudio de los factores responsables de la erosión a nivel nacional, se requiere de la proliferación de cuencas de estudio como la del río Tezcoco y consistencia en la información meteorológica de apoyo.

D) LIMITACIONES EN LA INVESTIGACION SOBRE CONSERVACION DEL SUELO Y EL AGUA.

No obstante que la erosión es en realidad la causa de otros problemas consecuentes de fertilidad, productividad y salinidad, no ha sido sometida a la investigación tan intensiva como éstos últimos, debido a una serie de limitaciones tanto de carácter teórico como económico que son tan marcadas

en otras áreas de la ciencia del suelo ya que además la erosión se agudiza más en las áreas temporales del país, a donde la investigación se ha enfocado apenas en los últimos años.

A continuación se analizan las principales limitaciones que es necesario considerar en la investigación sobre conservación del suelo y el agua.

E) ASPECTOS TEORICOS.

VARIABILIDAD DE LOS FACTORES DE LA EROSION.

La investigación moderna sobre estos aspectos, se ha enfocado principalmente al desarrollo de modelos matemáticos de predicción, integrados por trabajos individuales que analizan separadamente la participación de los diferentes factores involucrados tanto en producir la erosión como en atenuarla (14).

Los principales esfuerzos a este respecto datan desde 1947 con Musgrave (15), hasta 1965 con Wischmeier y Smith (23) al definir la "Ecuación Universal para Estimar la Pérdida del Suelo", que sigue vigente y ha llegado a ser la principal herramienta en la planeación del manejo del suelo en Estados Unidos y otros países. (10)

De esta forma, las características de la precipitación y del suelo, el tipo de cultivo, el manejo de residuos, las prácticas de labranza y conservación, la modificación de la pendiente por erosión o deposiciones, etc., quedan incluidas en modelos de predicción que comúnmente son modificados para aplicarse bajo condiciones geográficas o climáticas específicas (14,10).

Desafortunadamente para nuestro país, la gran diversidad de climas, -suelos y el desconocimiento de sus principales características, restringen por ahora el uso de tales ecuaciones en México. Sin embargo, la investigación directa sobre la bondad de las prácticas mecánicas y vegetativas para contrarrestar los efectos de la erosión, pueden ayudar a definir políticas de acción de acuerdo a los objetivos de los Programas de Conservación del-Suelo y del Agua*.

OBJETIVOS GENERALES.

- 1o. Hacer una recopilación de los principales antecedentes que hay acerca de las obras de Conservación de Suelos y el Agua en México.
- 2o. Describir una metodología práctica y sencilla en relación al trazo y construcción de las obras, cuyo objeto principal es controlar al máximo la Erosión.
- 3o. Hacer una revisión literaria de los autores que hablan acerca de la Pérdida de Suelo por efecto de la Erosión Hídrica en Terrenos Agrícolas.
- 4o. Demostrar que la Erosión es un fenómeno negativo en función de la fertilidad del suelo; y que origina una serie de factores adversos tales como salinidad, sodicidad, variabilidad en el pH y pérdida de nutrientes, así como otros.
- 5o. Proporcionar un elemento más de consulta que sirva para apoyar didácticamente en los temas de manejo, mejoramiento y conservación de suelos.
- 6o. Proponer la extensión y divulgación del presente trabajo con el fin de asesorar técnicamente el medio rural en función de sus necesidades y en relación a la Conservación del Suelo y del Agua.

DEFINICION DEL CONCEPTO EROSION

1. MECANICA DE LA EROSION.

La erosión se define como un proceso geológico en donde se desprenden y se transportan las partículas del suelo por los agentes erosivos tales - como el agua y el viento (2).

Aquí se analiza específicamente la mecánica de la erosión hídrica o - los efectos causados por el agua, que supone dos pasos muy importantes.

A) EL SALPICAMIENTO.

Resulta que la mayor parte de los suelos que sufren el problema de la erosión, estos se ven afectados directamente por las gotas de lluvia al - chocar contra el suelo, por la razón de que una gota lleva consigo una - energía natural originada por el peso de la gota en sí, la fuerza de atracción que la tierra ejerce sobre ella; y la velocidad de aceleración que ésta adquiere hasta llegar a chocar contra el suelo. (2)

Se deduce que la gota de lluvia lleva consigo una energía potencial - $E.P. = \text{masa} \times \text{gravedad} \times \text{altura}$.

Los efectos que ocasiona son: La oradacción del suelo, el desprendi-- miento de las partículas y el lanzamiento de éstas a una distancia varia-- ble entre los 0.60 y 1.20 mts. A éste fenómeno lo llamamos el SALPICAMIENT-

TO.

EFFECTOS DEL SALPICAMIENTO.

- a) Si el suelo es plano, el salpicamiento es radial.
- b) Si el suelo es inclinado, el salpicamiento va en dirección de la pendiente.
- c) Si el viento desvía la gota, el salpicamiento va hacia el ángulo obtuso.

Por lo tanto el salpicamiento se ve influenciado por el microrelieve del terreno, por la dirección y fuerza del viento y la densidad de la cobertura vegetal que el suelo tenga.

B) EL ESCURRIMIENTO.

Cuando la lluvia es intensa se sucede el fenómeno en el cual el suelo se humedece, hasta llegar a su capacidad de campo, luego se compacta, es decir, se tapan los macro y microporos formándose una costra superficial; y si el terreno llovido presenta un desnivel, sobreviene el desprendimiento, el escurrimiento y arrastre de la partícula del suelo en dirección a la pendiente del terreno.

Por lo tanto se dice que la energía potencial que la gota de lluvia lleva consigo, se transforma en energía cinética o de movimiento. $E.C. = 1/2 m.v^2$ ($E.C. = 1/2$ de la masa x la velocidad al cuadrado) y está en función de la pendiente del terreno. (2)

CONSIDERACIONES.

a) Cualquier flujo de agua a lo largo de una pendiente posee una energía cinética debido a la diferencia del nivel del terreno y ejecuta 2 trabajos:

- 1) El desprendimiento de la partícula del suelo.
- 2) El acarreo de las mismas.

b) Cuando la velocidad de la compactación del suelo es mayor que la de infiltración, se presenta entonces el escurrimiento, por una precipitación pluvial abundante, y el consecuente exceso de humedad.

Según experimento realizado en el Colegio de Postgraduados de Chapin^go, se puede cuantificar la susceptibilidad que el suelo tiene a erosionarse, por efecto de la lluvia, la escurrimiento; y la pendiente natural del terreno, para demostrar las pérdidas de suelo agrícola.

Para tal efecto se presenta el siguiente cuadro:

EFECTO CAUSADO POR LA LLUVIA Y EL ESCURRIMIENTO.

	LLUVIA	ESCURRIMIENTO
MASA	Supongamos que la masa de la lluvia es = R	Supongamos que hay un 25% - de escurrimiento. LA MASA - DEL ESCURRIMIENTO ES = $\frac{R}{4}$
VELOCIDAD	Supongamos una velocidad - de la gota al llegar al - llegar al suelo de 8 mts./ Seg.	Supongamos una velocidad de escurrimiento superficial - de 1 mt/Seg.
ENERGIA CINETICA (E.C.)	$\frac{1}{2} R (8)^2 = 32 R$ $1/2 \cdot m \cdot v^2$ $32 R = \frac{8}{R} \therefore 32 R \therefore \frac{8}{R}$ Así tenemos que: $32 (8) = R$ $256 = R$	$\frac{1}{2} \cdot R \cdot (1)^2 = \frac{8}{R}$

La lluvia tiene entonces 256 veces más energía cinética que la escurrimiento superficial, lo que podría originar la pérdida hasta de 250/Ton./

Ha./año, en un terreno con más del 5% de pendiente. (24)

C) FORMAS DE LA EROSION HIDRICA.

De todo lo anteriormente expuesto es posible hacer una diferenciación entre las distintas formas de la erosión hídrica, (2) como a continuación se describe:

EROSION EN CANALES.

Es la remoción del suelo por el agua en pequeños surcos o arroyuelos cuando existe una concentración de flujo superficial. Convencionalmente se dice que existe erosión por canales, cuando estos se han vuelto bastante grandes y estables para poder ser borrados con las labores agrícolas normales. Este tipo de erosión aumenta en función de la longitud y grado de la pendiente.

EROSION POR CARCAVAS.

Es una forma más avanzada que la erosión en canales, en donde la profundidad alcanzada por estos es mucho mayor y no siempre pueden ser borrados por la maquinaria agrícola.

EROSION EN PEDESTALES.

Cuando se protege a un suelo fácilmente erosionable, por medio de piedras o raíces de un árbol, quedan "pedestales" aislados, coronados con el

material vegetativo resistente; y generalmente en la base del pedestal no existe socavación o es muy reducida, este tipo de erosión se desarrolla lentamente a través de los años y se localiza generalmente en manchones desnudos de terrenos con vegetación aislada.

Su importancia estriba en que es posible calcular aproximadamente la profundidad del suelo que ha sido erosionado, mediante un examen de la altura del pedestal.

EROSION REMONTANTE O POR CAIDA.

Esta forma es un proceso geológico que se presenta en las paredes de las carcavas, sin ninguna intervención del hombre. La caída de agua que se forma en la orilla de la carcava va formando una socavación, dejando la parte superior sobresaliendo; por fin el peso de esta parte hace que se desprenda y caiga aumentando la anchura de la carcava; y se continúa un nuevo ciclo erosivo. Este caso es semejante en las orillas de los ríos, en la zona costera, etc.

2. MANEJO DE SUELOS.

Antes de efectuarse trabajos específicos sobre conservación del suelo y agua, es necesario realizar una planeación para el buen manejo de los suelos, la cual consiste en conocer las circunstancias de su utilización actual, los factores que normalmente restringen su uso y la clasificación de acuerdo con su aptitud o uso potencial. La utilización del suelo, se representa en un plano denominado de uso actual, donde se ubican y delimitan

las áreas agrícolas, pecuarias, forestales, asociaciones especiales de vegetación y áreas de provistas de vegetación. (2)

Posteriormente se determinan los factores limitantes que afectan el buen desarrollo de los cultivos, tales como: deficiencias de humedad, excesos de agua, erosión topográfica, profundidad del manto freático, pedregosidad superficial, salinidad y sodicidad, que permiten agrupar los suelos en clases. (2)

Una vez agrupados los suelos en clases, se pueden programar una serie de normas técnicas que deben hacerse extensivas a los agricultores, para el manejo eficiente de este recurso, como fuente de producción.

Estos aspectos se detallan en forma más amplia y permiten al técnico hacer un diagnóstico mediante un estudio técnico unitario de la zona de trabajo con lo siguiente:

A) USO ACTUAL.

Se refiere a la utilización que dentro de las operaciones agrícolas, ganaderas o silvícola, se registran al momento de efectuar sus delimitaciones por este concepto. (2)

B) CLASIFICACION DE TIERRAS SEGUN SU CAPACIDAD DE USO.

Este sistema de clasificación tiene como finalidad ubicar los elementos de juicio necesarios para dedicar los diferentes terrenos al uso adecuado, según su aptitud en particular y de este modo, programar el aprove-

chamiento óptimo de este recurso. (2)

C) CLASES DE TERRENOS.

Se consideran ocho clases de terrenos los cuales se describen a continuación:

TERRENOS DE PRIMERA: (1). Aquellos que presentan muy pocas o ninguna limitación para el uso, y cuando existen éstas son fáciles de corregir.

Estos terrenos permiten desarrollar una gama de cultivos, pastos, bosques o vida silvestre. Son planos y con poco riesgo de erosión profundos y bien drenados.

TERRENOS DE SEGUNDA (2). Presentan limitaciones poco acentuadas para el desarrollo de cultivos, tales como susceptibilidad moderada a la erosión hídrica o sólida, pendiente suave, profundidad menor que la ideal, contenido moderado de sales o de sodio, fáciles de drenar; todo con facilidad a corregir pero sin que desaparezca el problema.

TERRENOS DE TERCERA (3). Presentan severas limitaciones que restringen el desarrollo de los cultivos por establecer, o bien requieren de prácticas especiales de conservación para algunos o todos los cultivos agrícolas, tales como: pendientes fuertes, moderada susceptibilidad a erosionarse por el agua o el viento, inundaciones frecuentes, poca profundidad efectiva, moderada salinidad o sodicidad, pedregosidad.

TERRENOS DE CUARTA (4). Con limitaciones muy severas desde el punto de vista agrícola, ejemplo: pendiente muy pronunciada, poca profundidad

del suelo, inundaciones frecuentes, drenaje deficiente, fuerte salinidad o sodicidad, efectos, moderados efectos de clima.

TERRENOS DE QUINTA (5). Aunque no tiene problema de erosión, presentan limitaciones que no es ni práctico ni económico tratar de superar, por lo que es preferible su uso para pastizales, árboles o vida silvestre, - ejemplo: terrenos bajos, sujetos a inundaciones frecuentes, planos con rocas en la superficie, terreno de primera clase ubicados en pequeños claros dentro de una zona de bosque.

TERRENOS DE SEXTA (6). Presentan severas limitaciones que los hace impropios para los cultivos, por lo que su uso se restringe a pastizales, - bosque o vida silvestre.

Aquí las prácticas de conservación y manejo son indispensables para - mantener el nivel de productividad del terreno.

TERRENOS DE SEPTIMA (7). De limitaciones muy severas, inadecuados para cultivos, su uso queda restringido para pastos con limitaciones, árboles o vida silvestre. La conservación es indispensable para evitar daño a las áreas vecinas.

TERRENOS DE OCTAVA (8). Sus limitaciones son excesivas para su uso en cultivos comerciales, desarrollo de pastizales o bien explotaciones forestales: por lo que su utilización debe orientarse a fines recreativos, vida silvestre, abastecimiento de agua o para fines estéticos. Es antieconómico cualquier intento de acondicionamiento aunque algunas prácticas de conservación benefician su uso para la vida silvestre y protegen las cuencas de erosión severa, material rocoso, clima adverso, inundaciones, salinidad y sodicidad.

C A P I T U L O I .

MATERIALES Y METODOS.

1. PROCEDIMIENTOS PARA EL CONTROL DE LA EROSION.

Existen diversas prácticas para disminuir o controlar el fenómeno -- erosivo. Algunas de ellas se refieren a la implementación de métodos fisicos (o mecánicos) y/o vegetativos, cuya función será siempre la misma: - "detener la pérdida constante del suelo". Las primeras se refieren al em- pleo de la maquinaria y las segundas a la plantación de material vegetativo.

Por lo anterior se han estudiado algunos métodos mecánicos para el - control de erosión, que son a saber:

1.1. SURCADO AL CONTORNO.

1.1.1. DEFINICION.

Es una práctica mecánica de uso común en tierras agrícolas que con-- sisten en el trazo del surcado en sentido perpendicular a la pendiente natural del terreno siguiendo curvas a nivel, con el fin de evitar al máxi- mo la erosión producida por el escurrimiento superficial; y propiciar la- mayor infiltración y retención para el óptimo desarrollo de los cultivos.

Esta práctica se realiza preferentemente en suelos profundos, con -

pendientes que no excedan al 5% y donde la precipitación pluvial es escasa o abundante.

En zonas donde la precipitación pluvial es mayor, se recomienda trazar los surcos con un ligero desnivel que pueda variar desde un 3% a un 8%; y así desalojar los excedentes de agua, a cauces naturales u otros sitios de descarga previamente establecidos y empastados (2).

Si se dá el caso que la pendiente del terreno es mayor al 5%, entonces el surcado al contorno deberá acompañarse con otras prácticas mecánicas como son las terrazas.

1.1.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.

Una vez determinada el área de trabajo que por sus condiciones requiera de la aplicación de alguna práctica mecánica de caracter anti-erosivo; se recomienda realizar un levantamiento topográfico, utilizando cualquiera de los siguientes métodos: (12)

1. El método de los ángulos externos o internos, para formar la poligonal de apoyo, en el cual se procede a la medición de las distancias que forman los diferentes vértices, cuantificando el ángulo externo o interno formado entre las líneas que a el convergen.

2. El método de triangulación; en este se usan figuras susceptibles a descomponerse en triángulos. En este caso se procede a medir todos los ángulos y un lado, que será la línea base para que en el gabinete se calculen los elementos restantes para obtener el área que comprenden.

3. El método por radiaciones, este consiste en la medición de los ángulos y las distancias a partir de un punto del terreno hacia todos los vértices que configuran la poligonal, refiriéndose al equipo necesario para la ejecución de los métodos topográficos anteriormente mencionados, se recomienda el uso del tránsito, la plancheta, la cinta métrica o el estadal, la baliza, y auxiliándose del número de estacas necesarias que indiquen los vértices de la poligonal.

Existen otros métodos para levantamientos topográficos en los cuales se requiere mayor precisión y minuciosidad, y queda a criterio del técnico la utilización de cada uno de ellos. (12)

1.1.3. CALCULO DEL AREA MEDIDA.

Una vez efectuado el levantamiento topográfico en el terreno específico en donde se llevará a cabo la ejecución de alguna práctica mecánica para el control de la erosión, se deberá proceder a calcular el área medida utilizando el método más apropiado. Si se dispone de todos los datos relacionados con las distancias y los ángulos, es conveniente usar la fórmula general para el cálculo de las áreas; y si solamente se tiene una figura dibujada en donde se describe la configuración del polígono y su escala, entonces se calculará el área del terreno medido mediante un planímetro.

1.1.4. NIVELACION DEL TERRENO.

Para la realización de esta práctica es conveniente determinar el -

desnivel del terreno estudiado, con el propósito de estudiar el porcentaje que tiene la pendiente en el terreno. (12)

La nivelación consistirá en utilizar un aparato topográfico (planche-ta, tránsito, nivel montado) y con él, determinar las cotas de sobre elevación o desnivel; recomendándose poner una estaca por lo menos cada 20 mts. Todo esto servirá para calcular los espaciamientos que las líneas guías de ben tener y a partir de ellas trazar el surcado al contorno. (2)

1.1.5. LOCALIZACION Y TRAZO DE CURVAS A NIVEL O LINEAS GUIAS.

El diseño de la obra dará las características y especificaciones que se deben de considerar.

Para la ejecución del surcado al contorno, es conveniente señalar sobre el terreno las líneas a nivel (de cota o elevación, previamente determinada) que sirvan de guía al establecer el surcado. Debe considerarse las características topográficas del terreno ya que si la topografía es de pen diente uniforme, bastará una sola línea guía y cuando ésta sea irregular, será necesario trazar más de dos líneas guías, los procedimientos a seguir se describen a continuación: (2)

1. En el área de trabajo se localiza la línea de pendiente máxima y se marca con una estaca el punto medio de esa pendiente, Ver Figura - No. 1.

2. A partir del punto señalado con la estaca inicial, se procede a marcar la línea guía o curva de nivel, por medio de estacas señaladas de 15 a 20 metros. Ver figura No. 2. El trazado se hace con cualquier instru-

mento de nivelación (nivel montado, demano, caballete, tránsito, etc.)

3. Con los puntos previamente localizados, se procede al trazado del surco o línea guía con los implementos agrícolas adecuados (de -- tracción mecánica o animal). Ver Fig. No. 1.

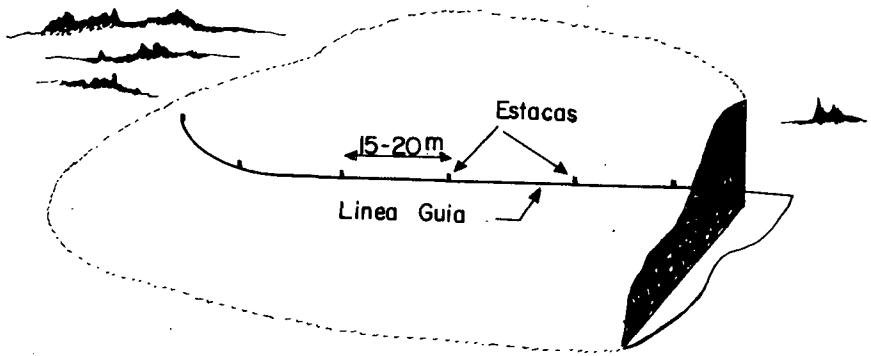
4. Posteriormente se trazan los surcos paralelos a la línea -- guía, hacia arriba y hacia abajo, hasta cubrir todo el terreno, circuns-- tancia en la cual, todos los surcos se encontrarán sensiblemente a nivel, ya que la topografía es uniforme. Ver Fig. No. 2.

Se presenta el caso que al juntarse los surcos de la línea segunda, -- van quedando unos espacios donde el laboreo no es posible llevarlo a ca-- bo; esto se conoce con el nombre de cornejales, dicha expresión se refie-- re a aquellos lugares que van quedando sin surcar, tal como se aprecia en la Fig. No. 3 y 4.

1.1.6. TRAZO DE SURCOS A NIVEL.

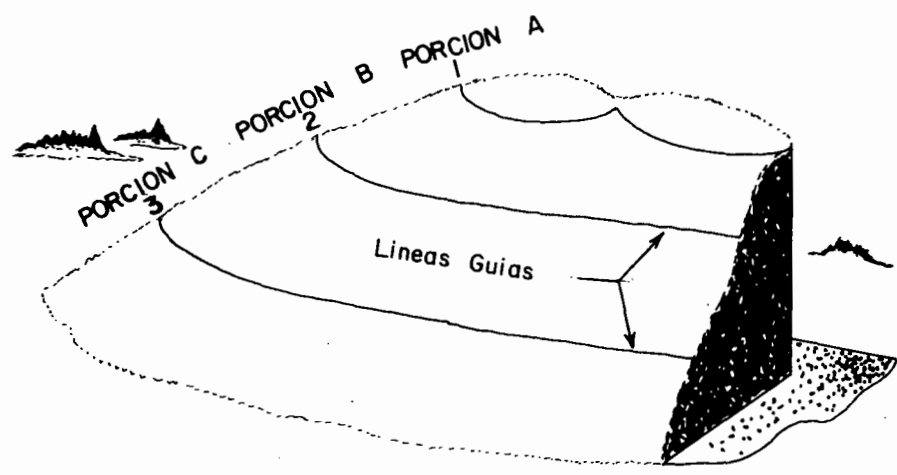
Se realiza cuando los resultados del diseño de esta obra, apoyados -- en el estudio correspondiente dan por resultado este tipo de trazo, ya que la precipitación pluvial, la profundidad del suelo, la pendiente del te-- rreno y la textura así lo han determinado.

Lo anterior define la capacidad de campo que tiene el suelo, ya que -- el trazo de los surcos a nivel se recomienda cuando la precipitación es -- menor a los 800 m.m. y el suelo tiene una textura media o franca, de tal -- manera que en esas condiciones hay una rápida infiltración de la lluvia, -- lo que nos permite reservar una cantidad adicional de humedad para el cul



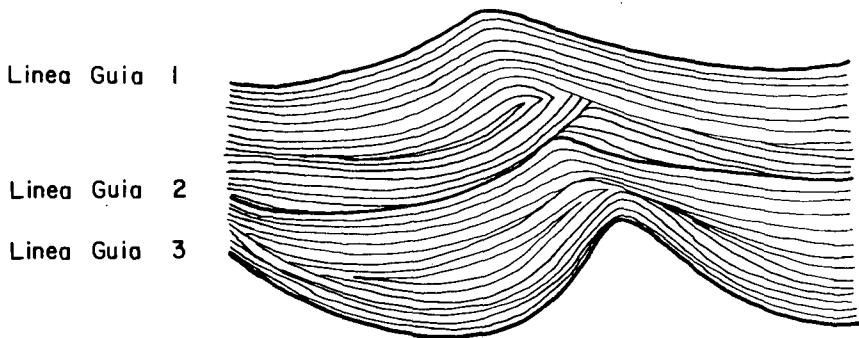
Ubicacion de una curva de nivel mediante estacas.

FIGURA I

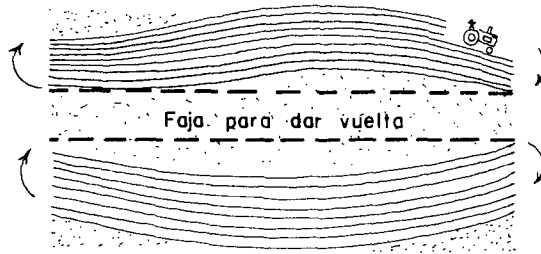


Trazado de los surcos o lineas guias.

FIGURA 2



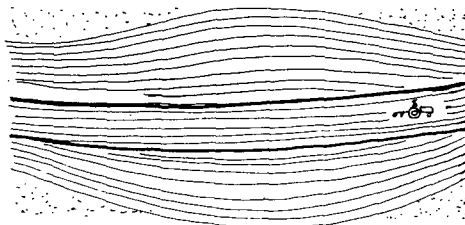
Trazado de surcos paralelos a dos lineas guias inmediatas
1 y 2, 2 y 3, etc. hasta terminar el lote (esquema en planta).



PASO 1: Utilícese cada una de las curvas de nivel cual si fueran contra-surcos y árese hasta que la superficie sea lo suficientemente angosta para trabajar a lo largo de ella.



PASO 2: Árese en torno a la extensión irregular dejando en la parte más angosta una faja suficiente para que el tractor pueda maniobrar.



PASO 3: Árese la faja, como si fuera una sola tierra, dejando un surco muerto situado en el centro, o dejece para pastos, cuando su pendiente sea grande y cause un problema de erosión.

Labor de arado en un campo en el que se unen dos terrenos con distintas curvas de nivel. (esquema en planta).

FIGURA 4

tivo, además del enriquecimiento del manto freático, todo esto cuando se pretende la máxima captación posible del agua de lluvia. (2)

1.1.7. TRAZO DE SURCOS CON PENDIENTE.

Este trazo de surcado se recomienda cuando la precipitación excede de los 800 mm. y el terreno presenta una pendiente más pronunciada, siendo la composición de ese suelo con carácter arcilloso (suelos pesados), condición que imposibilita la infiltración rápida del agua de lluvia (o riego) provocando el anegamiento de los surcos y el desborde del agua y por consiguiente un acarreo de partículas del suelo y nutrientes.

Cuando este es el caso se le dará el trazo de la línea guía una pendiente de aproximadamente del 1 al 2 al millar ($S = 0.001$ ó $S = 0.002$) o sea del 1% al 2%; que son las velocidades de flujo hídrico aplicadas en sistemas de riego que se suponen no erosionan ni azolvan (2).

1.1.8. EVALUACION.

Esta práctica mecánica denominada surcado al contorno se recomienda preferentemente en suelos profundos, con pendientes que no excedan al 5%,- Ver cuadro No. 1.

En zonas donde la precipitación es mayor, se permite un cierto declive en el trazo de las líneas guías con el objeto de propiciar, el desfogue del exceso de humedad, sin llegar a producir erosión.

DISTANCIAS EN QUE DEBEN TRAZARSE LAS LINEAS GUIAS EN CULTIVOS A NIVEL
SEGUN LA PENDIENTE DEL TERRENO.

CUADRO # 1.

PRACTICA MECANICA	PENDIENTE MEDIA DEL TERRENO %	DISTANCIA ENTRE LINEAS GUIAS (METROS)*
SURCADO AL	1 a 3	50
CONTORNO (SC)	3 a 5	40
(SC)	6 a 8	30
COMPLEMENTADA	8 a 10	20
CON OTRA PRACTICA	10 a 12	15
MECANICA	12 a 15	10

*DEBEN MEDIRSE SOBRE EL TERRENO.

Su uso extensivo servirá para controlar la velocidad en los escurrimientos superficiales, controlando así en buena parte la erosión en aquellos suelos dedicados al cultivo, así como para lograr el máximo aprovechamiento del agua de lluvia.

Provoca una mayor infiltración del agua en el suelo y aumenta la humedad disponible para las plantas.

Permite conservar el suelo en el lugar de su explotación, así como los nutrientes contenidos en el mismo con el mejor aprovechamiento de los fertilizantes aplicados en cada caso. (2)

Evita la formación de cárcavas en terrenos con pendiente.

1.1.9. RESTRICCIONES.

La aplicación del surcado al contorno implica la intervención de un técnico o bien la preparación del productor a un nivel de conciencia, para llevar a bien el desempeño de dicha práctica.

Por el tradicionalismo de los trabajos normales de campo, el productor está acostumbrado a los trazos rectos en sus sistemas de siembra, por lo que ésta práctica implica la poca aceptación por parte del productor, ya que significa para él, un mayor esfuerzo en su aplicación.

Una restricción importante para la aplicación de ésta práctica es la dificultad que tiene cuando hace uso intenso de la maquinaria, puesto que si no se ha planeado convenientemente su ejecución; se dificulta tanto la siembra, las labores culturales, así como la cosecha; cuando ésta se realiza mecanizadamente.

Todo debe quedar sujeto a un estudio detallado que nos permita dar el correcto diagnóstico para el mejor efecto de ésta labor.

1.2. TERRAZAS DE FORMACION PAULATINA.

1.2.1. DEFINICION.

Las terrazas son terraplanes formados entre los bordos de tierra, o - la combinación de bordos y canales construidos en sentido perpendicular a - la pendiente del terreno (2).

FINALIDADES DE LAS TERRAZAS:

- a) Reducir la erosión del suelo.
- b) Aumentar la infiltración del agua en el suelo, para que pueda ser utilizada por los cultivos.
- c) Disminuir el volumen de escurrimiento que llega a las construcciones aguas abajo.
- d) Desalojar las exedencias de agua superficial a velocidades no erosivas.
- e) Reducir el contenido de sedimentos en las aguas de escurrimiento.
- f) Mejorar la superficie de los terrenos, acondicionándola para las labores agrícolas.

Para que un sistema de terrazas sea efectivo debe usarse en combinación con otras prácticas, tales como: surcado al contorno, cultivos en fa-

jas, rotación de cultivos y un manejo del suelo ajustado a su capacidad de uso, además se requiere de un sistema completo de manejo del agua, que debe incluir canales empastados, desagües subterráneos, drenes y estructuras de desviación de los excedentes que forman la escorrentía.

Las terrazas de formación paulatina, conocidas también como terrazas de base angosta, están clasificadas dentro del grupo de prácticas antierosivas que tienen una sección transversal y que pueden adaptarse a las diferentes condiciones topográficas y ecológicas del lugar de estudio.

En este tipo de terraza, la sección transversal está constituida por un borde de tierra semicompactado, colocado sobre una curva a nivel previamente trazada. El borde no se siembra, sino que se debe proteger con material vegetativo permanentemente, (nopal, maguey, pastos, etc.)

1.2.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.

Una vez determinada el área de trabajo que por sus condiciones requiera de la aplicación de alguna práctica mecánica de carácter antierosivo, se recomienda realizar un levantamiento topográfico, utilizando cualquiera de los siguientes métodos: Lo anterior viene referido en el punto 1.1.2.

1.2.3. CALCULO DEL AREA MEDIDA.

Este procedimiento viene explicado en el punto 1.1.3. del surcado al contorno, de este mismo capítulo.

1.2.4. NIVELACION DEL TERRENO.

Consultar el punto 1.1.4. del surcado al contorno, de este mismo capítulo.

1.2.5. LOCALIZACION Y TRAZO DE CURVAS A NIVEL.

DISEÑO DE LAS TERRAZAS.

Para el diseño de las terrazas es necesario considerar los aspectos siguientes: (2)

- 1o. Espaciamiento entre terrazas.
- 2o. Características del canal.
- 3o. Forma de la sección transversal.

La importancia de cada uno de los aspectos anteriores se presentan a continuación:

ESPACIAMIENTO ENTRE TERRAZAS.

Este depende principalmente de la pendiente, sin embargo, también influye la precipitación pluvial, la sección transversal de la terraza, los implementos agrícolas que se van a utilizar y el tamaño de las parcelas.

CALCULO DEL ESPACIAMIENTO ENTRE TERRAZAS.

El espaciamiento entre dos terrazas se puede medir utilizando la dife

rencia de nivel entre ellas, denominado intervalo vertical (i.v.), o considerando la distancia horizontal entre ellas, que se conoce con el nombre de intervalo horizontal (i.h.). Generalmente el intervalo horizontal se mide sobre el terreno (distancia superficial), sobre todo en pendientes pequeñas, donde la diferencia entre las dos mediciones, es depreciable. (2)

En pendientes fuertes, sí debe utilizarse el intervalo horizontal, ya que la distancia superficial puede provocar errores considerables.

Los procedimientos para calcular el espaciamiento entre terrazas son las siguientes:

Fórmula que considera la pendiente y la precipitación anual.

Para calcular el intervalo vertical se utiliza la siguiente fórmula:

$$I.V. = \left(2 + \frac{P}{364} \right) (0.305) =$$

Donde:

- I.V. - Intervalo Vertical (metros).
- P. - Pendiente del terreno %.
- 3. - Factor que se utiliza en áreas donde la precipitación anual es menor de 1,200 mm.
- 4. - Factor que se utiliza en áreas donde la precipitación anual es mayor de 1,200 mm.
- 0.305. - Factor de conversión de pies a metros.

Por ejemplo se ha calculado el espaciamiento entre dos terrazas en terrenos ubicados en el Distrito de Temporal No. 1, Zapopan, Jalisco; donde-

la precipitación media anual es de 800 mm. y la pendiente es del 14%.

Al entrar con un valor de la pendiente del 14% y una precipitación menor de 1,200 mm., en el Cuadro No. 2; se obtiene que el valor del intervalo vertical es de 2.03 metros; y el intervalo horizontal es de 14.50 metros o sea el intervalo entre las dos terrazas.

Aplicando la fórmula del I.v. tenemos:

$$I.V. = \left(2 + \frac{P}{304} \right) 0.305 =$$

$$I.V. = \left(2 + \frac{14}{3} \right) 0.305 = 2.03 \text{ m.}$$

Los valores del intervalo aparecen en el Cuadro No. 2.

Cálculo del intervalo horizontal de una terraza:

Se emplea la siguiente fórmula:

$$I.H. = \frac{I.V.}{P} \times 100$$

DONDE:

I.H. Intervalo Horizontal (metros)

I.V. Intervalo Vertical (metros)

P. Pendiente del Terreno (%)

Los valores del intervalo horizontal para diferentes pendientes aparecen en el Cuadro No. 2.

CUADRO QUE RELACIONA EL PORCENTAJE DE PENDIENTE CON: EL INTERVALO VERTICAL, EL INTERVALO HORIZONTAL; Y LOS METROS LINEALES DE DESARROLLO DE BORDOS POR HECTAREA.

CUADRO # 2.

PEND. %	I. V.	I. H.	M. L.
1	0.71	71.00	140.85
2	0.81	40.50	246.91
3	0.92	30.67	326.05
4	1.02	25.50	392.16
5	1.12	22.40	446.43
6	1.22	20.33	491.88
7	1.32	18.86	530.22
8	1.42	17.75	563.38
9	1.53	17.00	588.24
10	1.63	16.30	613.50
11	1.73	15.73	635.73
12	1.83	15.25	655.74
13	1.93	14.85	673.40
14	2.03	14.50	689.66
15	2.14	14.27	700.77
16	2.24	14.00	714.29
17	2.34	13.76	726.74
18	2.44	13.56	737.46
19	2.54	13.37	747.94
20	2.64	13.20	757.58
21	2.75	13.10	763.36
22	2.85	12.95	772.20
23	2.95	12.83	779.42
24	3.05	12.71	786.78
25	3.15	12.60	793.65
26	3.25	12.50	800.00
27	3.36	12.44	803.86
28	3.46	12.36	809.06
29	3.56	12.28	814.33
30	3.66	12.20	819.67

Aplicando la fórmula del I.H. tenemos:

$$I.H. = \frac{I.V.}{P} \times 100 =$$

$$I.H. = \frac{2.03}{14} \times 100 = 14.50 \text{ m.}$$

Es muy importante hacer notar que los métodos anteriores para calcular el espaciamiento entre terrazas no se recomiendan para las terrazas - de banco. (2)

1.2.5.1. AJUSTE DEL ESPACIAMIENTO O ANCHO ENTRE TERRAZAS.

La separación obtenida entre dos terrazas por cualquiera de los procedimientos debe ajustarse tomando en cuenta los implementos agrícolas - por utilizar.

Si las terrazas son paralelas, pero no están espaciadas para llenar los requerimientos del uso de la maquinaria, presentan dificultades de la boreo.

Por tal motivo si la separación entre terrazas no se ajusta al ancho de la maquinaria o a un múltiplo de ella, forzosamente quedarán fajas don de no será posible sembrar. Por ejemplo, si el equipo es para cuatro surcos y la distancia entre surcos de 80 cms.; las terrazas deben planearse de 3.20 m. o un múltiplo de este; y si se quiere que sean aún más laborables, deben planearse para que permitan dar vueltas completas del equipo o sea del doble, que en este caso sería de 6.40 m.

En el Cuadro No. 3 se presentan datos que permiten ajustar el intervalo horizontal entre dos terrazas, de acuerdo con el número de surcos y-

el equipo disponible. (2).

Calcular el número de surcos que pueden ser trazados entre terrazas y ajustar dicho intervalo, en base a la disponibilidad de maquinaria, el intervalo horizontal calculado entre terrazas fue de 22 metros.

Al ver el Cuadro No. 3 con la distancia entre surcos de 1.10 m.; y al buscar 22 m, en esa hilera se indica que se pueden trazar 20 surcos.

1.2.5.2. CARACTERISTICAS DEL CANAL.

Las terrazas consideran en el diseño de su sección un canal para el desague de excedencias. En el caso de las terrazas construidas a nivel, el canal tiene pendiente de cero y su función es la de almacenar el volumen de escurrimiento generado en la sección; en el caso de terrazas con declive o drenaje, el diseño del canal debe considerar el tipo, declive, velocidad y capacidad de desfogue, estos aspectos se discuten a continuación:

a) TIPOS DE CANALES.

Los canales de las terrazas pueden ser trapezoidales, o triangulares (2).

Los canales trapezoidales se adaptan mejor en terrenos con pendientes suaves (alrededor del 4%), y en suelos de buena permeabilidad, donde no se tienen problemas de mal drenaje, en estos casos es posible construir bordos sin necesidad de hacer grandes excavaciones de corte.

Espaciamiento o ancho entre terrazas paralelas en función del número de surcos y su equidistancia.

CUADRO # 3.

Número de Surcos	Número de vueltas			Intervalo horizontal (m)				
	Equipo 2 surcos	Equipo 3 surcos	Equipo 4 surcos	Distancia entre surcos (m)				
				0.70	0.80	0.92	1.00	1.10
12	5	4	3			11.04		
14	7			11.20	12.88			
16	8		4	11.20	12.80			
18	9	6		12.60				
20	10		5					22.00
22	11						22.00	24.20
24	12	8	6			22.08	24.00	
26	13					23.92		
28	14		7	22.40				
30	15	10			24.00			33.00
32	16		8	22.40				
34	17			23.80			34.00	
36	18	12	9			33.12		
38	19					34.96		
40	20		10			36.80		
42	21	14			33.60			46.20
44	22		11		35.20			48.40
46	23				36.60		45.00	
48	24	16	12	32.60			48.00	
50	25			35.00		45.00		
52	26			36.40		47.84		
54	27	18						59.40
56	28							
58	29				46.40			
60	30	20	15		46.00		50.00	
62	31							
64	32		16					
66	33	22		46.00		50.72		
68	34		17	47.60				
70	35							
72	36	24	18					
74	37							
76	38		19		50.80			
78	39	26						
80	40		20					
82	41							

Los canales triangulares en forma de "V" pueden utilizarse en terrenos cualquier pendiente terraceable y se adaptan mejor en suelo de permeabilidad lenta.

A los canales, se les debe dar una altura adicional o bordo libre para prevenir el efecto de la sedimentación en el canal, la erosión de los bordos, al efecto de las operaciones normales de labranza y como un factor de seguridad. La elevación de diseño o altura efectiva del bordo se debe medir considerando un ancho de 90 cms. en el bordo y en el canal. (2)

b) DECLIVE O PENDIENTE EN EL CANAL.

Este debe ser tal, que propicie un buen desagüe y desfogue los escurrimientos del área del canal a velocidades no erosivas.

Los declives mínimos van desde medio al millar (0.05%) para suelos con buen drenaje interno, hasta dos al millar (0.2%) para suelo con drenaje deficiente y estos se recomiendan para evitar acumulaciones de agua en el canal de la terraza que dificulten las operaciones agrícolas.

Los declives máximos permisibles en un canal están en función de la erodabilidad de los suelos y de la longitud de la terraza, éstos declives longitudinales presentan una condición crítica cuando las terrazas han sido recién cultivadas y no existe cobertura vegetal, ver Cuadros Núms., 5- y 6 declives máximos permisibles.

c) VELOCIDAD MAXIMA PERMISIBLE EN EL CANAL.

Las velocidades permisibles del agua en el canal están en función directa de la erodabilidad de los suelos y de los contenidos de materia orgánica, ver Cuadro No. 4, velocidades máximas para canales.

CUADRO # 4.

Velocidades máximas para canales.

Características del suelo	Velocidad máxima (m/ses)
Suelos con alto contenido de materia orgánica	0.75
Suelos normales	0.90
Suelos muy erodibles	1.45

Este valor se calcula con la fórmula de Manning.

$$V = \frac{r^{2/3} s^{1/2}}{n}$$

Donde:

V - Velocidad máxima m/seg

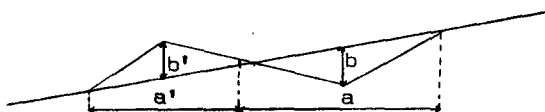
r - Radio hidráulico

s - Pendiente en metros por metro

n - Coeficiente de rugosidad.

CUADRO # 5.

Dimensiones y capacidad de almacenamiento de las terrazas de base ancha.



a = Ancho de Corte
b = Profundidad de Corte

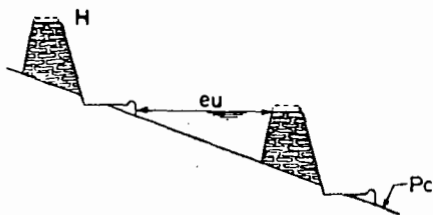
a' = Ancho de Bordo
b' = Altura de Bordo

Pendiente %	Capacidad de almacena- miento l/m lineal	Dimensiones de la terraza (cm)			
		a	a'	b	b'
5	400	180	170	17	19
	600	238	220	20	25
	800	238	230	22	26
	1 000	268	258	22	29
	1 200	294	282	23	32
10	400	212	218	25	25
	600	260	266	31	31
	800	300	308	35	35
	1 000	336	344	39	39
	1 200	342	360	32	46
15	400	207	220	27	25
	600	250	270	33	31
	800	283	265	33	36
	1 000	306	275	36	41
	1 200	355	283	33	51

CUADRO # 6.

ESPACIAMIENTO UNITARIO ENTRE PRESAS PARA CONTROL DE AZOLVES, EN FUNCION DE LA PENDIENTE MEDIA DE LA CARCAVA Y LA ALTURA DE LA ESTRUCTURA.

PENDIENTE DE LA CAR CAVA %	ESPACIAMIENTO UNITARIO ENTRE PRESAS CONSECUTIVAS (m)										
	ALTURA DE LA PRESA (m)										
	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50
3	16.7	20.0	23.3	26.7	30.0	33.3	36.7	40.0	43.3	46.7	50.0
4	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	37.5
5	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0
6	8.3	10.0	11.7	13.3	15.0	16.7	18.3	20.0	21.7	23.3	25.0
7	7.1	8.6	10.0	11.4	12.9	14.3	15.7	17.1	18.6	20.0	21.4
8	6.2	7.5	8.8	10.0	11.2	12.5	13.8	15.0	16.2	17.5	18.8
9	5.6	6.7	7.8	8.9	10.0	11.1	12.2	13.3	14.4	15.6	16.7
10	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0
11	4.6	5.4	6.4	7.3	8.2	9.1	10.0	10.8	11.9	12.8	13.6
12	4.2	5.0	5.9	6.7	7.5	8.3	9.2	10.0	10.8	11.7	12.5
13	3.8	4.6	5.4	6.1	6.9	7.7	8.5	9.2	10.0	10.8	11.5
14	3.6	4.3	5.0	5.7	6.4	7.1	7.9	8.6	9.3	10.0	10.7
15	3.0	4.0	4.7	5.3	6.0	6.7	7.3	8.0	8.7	9.3	10.0
16	3.1	3.8	4.3	5.0	5.7	6.2	6.9	7.6	8.1	8.8	9.3
17	2.9	3.5	4.1	4.7	5.3	5.9	6.5	7.0	7.7	8.2	8.8
18	2.8	3.3	3.9	4.4	5.0	5.6	6.1	6.7	7.2	7.8	8.3
19	2.6	3.2	3.7	4.2	4.8	5.3	5.8	6.3	6.9	7.3	7.9
20	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
21	2.4	2.9	3.3	3.9	4.3	4.8	5.2	5.7	6.2	6.7	7.1
22	2.3	2.7	3.2	3.6	4.1	4.5	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9
23	2.2	2.6	3.0	3.5	3.9	4.3	4.9	5.2	5.6	6.1	6.5
24	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9	6.2
25	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0
26	1.9	2.3	2.7	3.1	3.5	3.9	4.2	4.6	5.0	5.4	5.8
27	2.8	2.2	2.6	3.0	3.3	3.7	4.1	4.4	4.8	5.2	5.5
28	1.8	2.1	2.5	2.8	3.2	3.6	3.9	4.3	4.6	5.0	5.3
29	1.7	2.1	2.4	2.7	3.1	3.4	3.8	4.1	4.5	4.8	5.1
30	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.7	4.0	4.3	4.7	5.0
31	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.2	3.5	3.9	4.2	4.5	4.9
32	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.1	4.4	4.7
33	1.5	1.8	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5
34	1.5	1.8	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4
35	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0	4.3



H = Altura de la presa (m)
 eu = Espaciamento unitario (m)
 Pc = Pendiente medio de la carcava (5).

1.2.6. ESPECIFICACIONES.

Tal como se mencionó en los objetivos, esta práctica está orientada hacia el control de la erosión del suelo en áreas de temporal o de riego, donde los terrenos presenten problema de pendiente, que puede ser desde un 6% hasta un 15% empleándose posteriormente como guía en el sistema de surcado al contorno.

Un uso también muy importante, es retener toda el agua de lluvia posible, principalmente en áreas donde la precipitación pluvial es reducida (menos de 800 mm./año).

Un uso complementario de este tipo de terrazas es la posibilidad de plantar material vegetativo permanentemente sobre el bordo de la terraza (agave, nopal, pastos, frutales, etc.) con el propósito de dar la altura-utilidad al área que dedica para su construcción. (19)

Al trazar y construir esta obra, se requiere de más atención que la que normalmente se dedica a otras prácticas, ya que un mal diseño puede conducir directamente a la rotura en cadena de los bordos que se localizan aguas abajo del primero que se rompa. Atención que debe de partir desde el momento de su trazo por parte del técnico que ejecute la obra. (19)

Así como la participación que debe dedicarle el dueño de la parcela para su debida operación por lo que se requiere de una mayor atención por parte del interesado o del beneficiario, para que ésta práctica aparentemente sencilla llegue a cumplir con la finalidad planeada.

Sin embargo ésta participación activa por parte del beneficiario, significa para cada localidad un mayor ingreso económico que surge a par-

tir de la necesidad y el beneficio, en función de una labor de conciencia, tomando en cuenta la utilidad que presta dicha obra; ya que el afinado de la obra y el mantenimiento y conservación de la misma se hace mediante mano de obra campesina preferentemente. (2)

1.2.7. RESTRICCIONES.

Su empleo en condiciones normales implica un costo adicional reflejado en el uso de maquinaria agrícola e implementos especiales, así como la adquisición de semilla para la plantación del material vegetativo sobre el bordo, la cual en ocasiones no existe fácilmente en el mercado en cantidades suficientes.

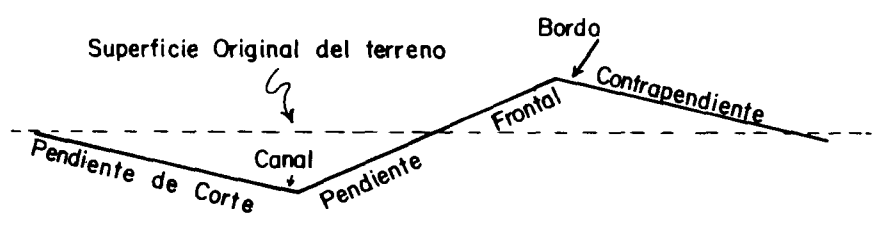
Si bien es cierto que el incremento en el costo al realizar dicha práctica es notable, se considera elevado inicialmente, pero analizado a largo plazo reditúa con creces la inversión propuesta, ya que se propicia el cumplimiento de los objetivos para el que fue trazado.

1.3. TERRAZAS DE BANCO.

Tomando en consideración las terrazas que tienen sección transversal, es posible hablar acerca de aquellas que constan en dicha sección de tres pendientes laterales conocidas como: pendiente de corte, pendiente frontal y contrapendiente; las cuales se muestran en las figuras Núms., 5, 6, 7, y 8.

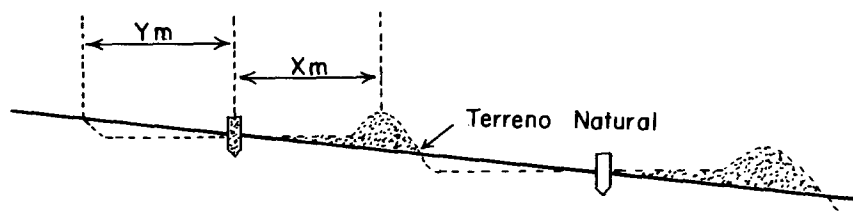
1.3.1. DEFINICION.

Las terrazas de banco o bancales, se construyen para formar escalones



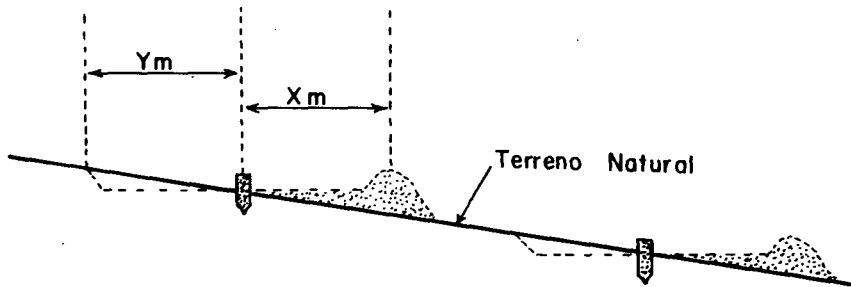
Seccion transversal de una terraza, mostrando sus pendientes laterales.

FIGURA 5

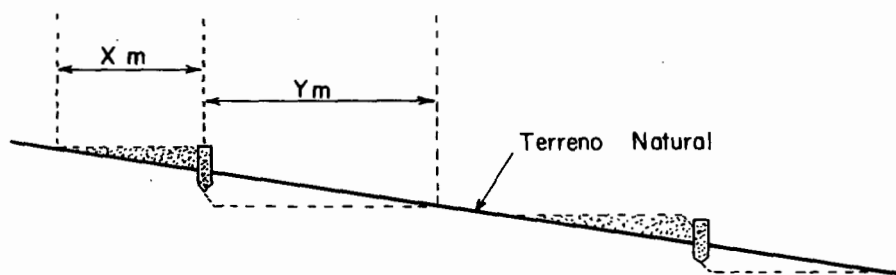


Ubicacion de las estacas en el punto de balance para la construccion de terrazas de banco.

FIGURA 6



Posicion de la estaca para construccion de la terraza de canal
amplio.



Ubicacion de las estacas para la construccion de terrazas de bancos alternos.

FIGURA 8

propiamente dichos, los cuales deberán ser amplios y a nivel. (2)

El bordo tiene el talud aguas abajo y debe ser protegido con vegetación permanente. Este tipo de terraza aprovecha notablemente el agua de lluvia o riego. (2)

Cuando un sistema de terrazas está construido por una serie de bancales construidos en forma alterna con fajas de terreno natural donde no se realiza ningún movimiento de tierra, suelen llamarse terrazas de bancos--alternos. (2)

Este sistema de terrazas se diseña para mejorar la configuración del terreno y lograr una mejor disposición del suelo para las labores agrícolas.

1.3.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.

Una vez determinada el área de trabajo que por sus condiciones requiera de la aplicación de alguna práctica mecánica de carácter antierosivo; se recomienda realizar un levantamiento topográfico.

Tal como se refiere el punto No. 1.1.2.

1.3.3. CALCULO DEL AREA MEDIDA.

Una vez realizado el levantamiento topográfico se procede a calcular el área medida con los métodos ya descritos en el punto No. 1.1.3.

1.3.4. NIVELACION DEL TERRENO.

Ya que se ha producido con el levantamiento topográfico y se ha calculado el área del terreno; es conveniente llevar a cabo la determinación de la diferencia de alturas con el propósito de localizar las curvas a nivel o líneas guías para el trazo de las terrazas con las especificaciones que convengan según el caso. Consultar el punto 1.1.4.

1.3.5. LOCALIZACION Y TRAZO DE CURVAS A NIVEL O LINEAS GUIAS.

El diseño de la obra dará las características y especificaciones que se deben de considerar.

Se recomienda seguir la metodología descrita específicamente en el punto 1.1.5 del surcado al contorno.

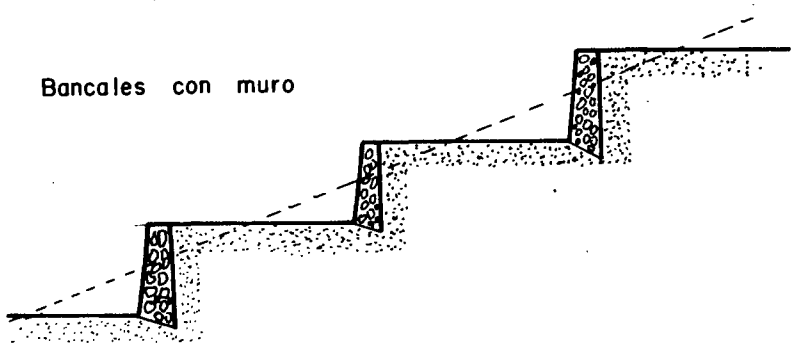
1.3.6. ESPECIFICACIONES.

Sección transversal de banco. Los bancales se construyen excavando en la mitad superior de la faja de terreno y rellinando con la tierra extraída, la mitad inferior. Estos bancales pueden tener talud (bancales con talud) o muros verticales de piedra (bancales con muro) como se muestra en la figura No. 9.

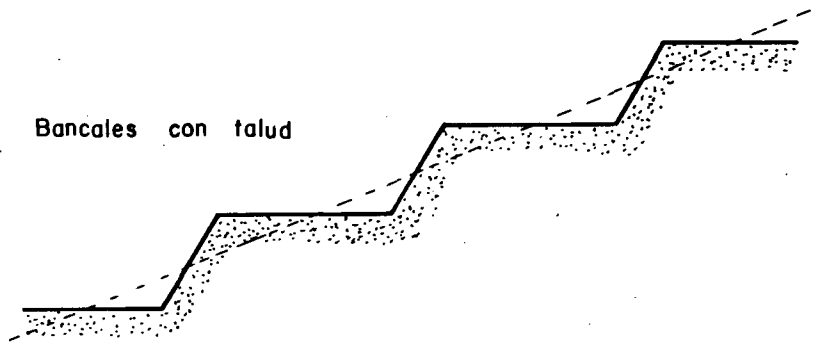
Los bancales se pueden construir a nivel o en declive hacia un desagüe, de acuerdo a la condición de escurrimiento. (2)

En la figura No. 10 se aprecian tres tipos de secciones transversales

Bancales con muro



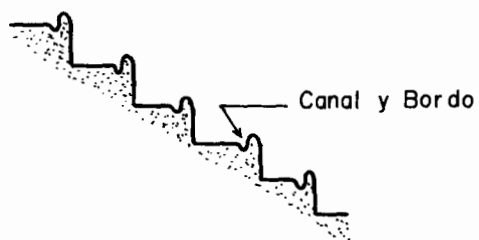
Bancales con talud



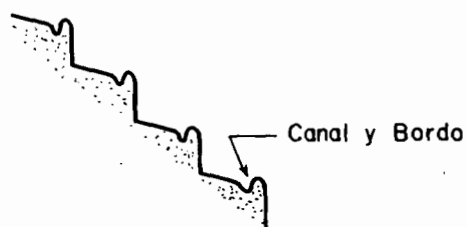
Tipos de bancales segun su talud.

FIGURA 9

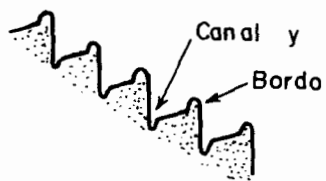
a) NIVEL



b) PENDIENTE EXTERNA



c) PENDIENTE INTERNA



Tipos de declives en bancales.

FIGURA 10

para terrazas de banco: a nivel (a) y con pendiente de desagüe (b y c), las cuales pueden construirse con pendiente externa o interna.

La ventaja que ofrece la pendiente externa (b) es que requiere menor movimiento de tierra para su construcción que las anteriores, pero su principal desventaja es que si no se calculan correctamente las dimensiones del canal de desagüe, el riesgo de destrucción de la terraza es mayor que en el caso de construirla con pendiente interna (c), pero la desventaja de ésta última, es que requiere de gran movimiento de tierra para su construcción, debido a que se invierte la pendiente del terreno en el área de la sección. (2, 19)

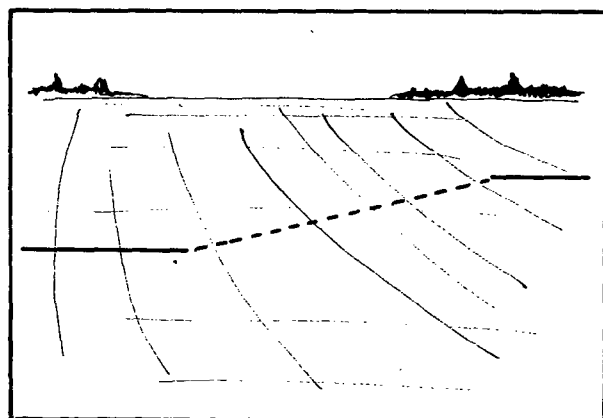
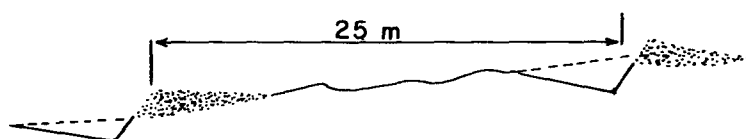
1.3.7. EVALUACION.

Los bancales se adaptan a terrenos con diferentes pendientes, pero requiere de suelos profundos.

Este tipo de terrazas hacen que el terreno tenga más fácil laboreo, especialmente cuando el material de relleno se obtiene de la parte baja.

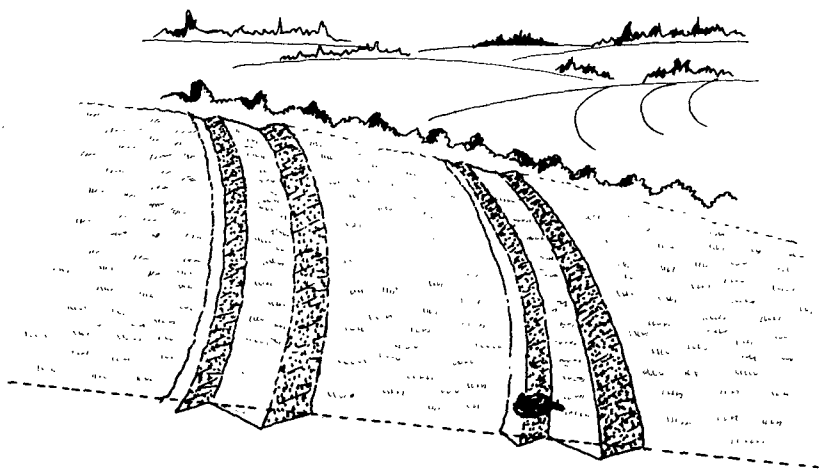
La construcción de la terraza con el material de préstamo de la parte baja, disminuye la pendiente promedio del área laborable entre terrazas, especialmente donde ésta es muy fuerte, ver figura No. 11.

Este sistema de terrazas construidas en suelos profundos, favorece la formación de terrazas de bancal, si las labores de cultivo se realizan volteando el suelo hacia abajo. Figura No. 12.



Disminución de la pendiente promedio del terreno en donde se han construido terrazas de bancos alternos.

FIGURA II



Formacion sucesivo de las terrazas de bancales.

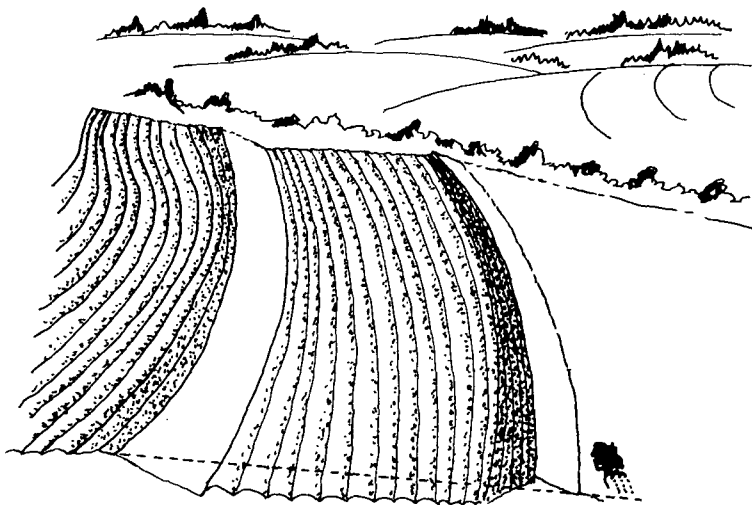


FIGURA 12

1.3.8. RESTRICCIONES.

Preferentemente deben mantenerse los taludes de la terraza siempre empastados o con cualquier otro material vegetativo de sostén, controlar las malas hierbas y los animales roedores.

Es muy importante hacer notar que en suelos poco profundos o de material arenoso es realmente difícil implementar el sistema descrito.

Los movimientos de tierra que ésta práctica necesita son mayores que con cualquiera otro tipo de sección transversal, lo que hace que sea costosa su construcción.

La producción agrícola en los primeros años se abate, debido a que parte de la siembra se realiza en capas de tierra aún no intemperizadas.

El ancho del bacanal está en función de la profundidad del suelo fértil y de la pendiente del terreno, también se debe procurar un espacio considerable para optimizar el trabajo de la maquinaria. (2)

1.4. TERRAZAS DE BASE ANCHA.

En función de la necesidad que existe en el medio agrícola de controlar los escurrimientos superficiales que propician la erosión del suelo, se plantea a continuación otro tipo de práctica mecánica que tiene aplicación directa en aquellos terrenos que presentan problema de pérdida constante de suelo.

1.4.1. DEFINICION.

Las terrazas de base ancha se construyen de manera que se pueda labo rear en toda su sección transversal. Las pendientes del bordo y el canal se proyectan para permitir el paso de maquinaria y (2) cubrir los requeri mientos de anchura de la misma.

En el cuadro No. 5 aparece el croquis de este tipo de sección con - las dimensiones de la excavación así como las del bordo. Estos valores va rían según las diferentes capacidades de almacenamiento y rangos de pen- diente entre 5% y el 15%. Es decir que se debe de tomar en cuenta el tipo de sección transversal seleccionada y la capacidad de almacenamiento en - litros por metro lineal, para poder así precisar las dimensiones correc- tas de las terrazas (2)

Es conveniente puntualizar que las dimensiones propuestas en este ti po de terrazas, se pueden modificar tomando en cuenta el equipo de traba- jo disponible; por ejemplo, si se tiene un suelo poco profundo, se puede- disminuir la profundidad de corte y aumentar el ancho del mismo. (23)

1.4.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.

Consultar el punto 1.1.2.

1.4.3. CALCULO DEL AREA MEDIDA.

Verificar lo concerniente a los métodos utilizados para el cálculo - de superficies, indicados en el punto No. 1.1.3.

1.4.4. NIVELACION DEL TERRENO.

Si la superficie que se va a terracear recibe volúmenes considera --bles de una zona adyacente, se deben construir canales de desviación o intercepciones, para dirigir los escurrimientos fuera del sistema de terrazas. Por tal razón es muy importante ubicar a estas correctamente sobre - el terreno y hacer énfasis en el canal de desague.(2)

En primer lugar, se recomienda marcar la línea del canal y el bordo, a fin de que los movimientos de tierra estén balanceados con cortes y rellenos a todo lo largo de la terraza.

El método que se sigue es el de cortes y rellenos propiamente dichos para lo cual es necesario efectuar un levantamiento de perfil de la línea del canal y el bordo. (12)

Con un aparato de nivelación se toman las notas sobre la línea con - equidistancias de 15 a 20 mts. las cuales se marcan con estacas para defi - nír con ellas la línea de la terraza. Las cotas se anotan en una libreta - de tránsito.

Se convierten todas las cotas a la misma altura del aparato, si es - que durante el levantamiento del perfil se hizo necesario colocar el apa - rato en diferentes sitios. (12)

1.4.5. LOCALIZACION Y TRAZO DE CURVAS A NIVEL.

Para ubicar las curvas a nivel sobre el terreno se procede a determi - nar la lectura promedio del estadal. Este valor se obtiene sumando todas-

las cotas sobre la línea de la terraza y dividiéndola entre el número de estas.

Si las estacas se colocan cada 15 mts. cada estaca intermedia representa 7.5 mts., por lo que al hacer cálculo, se agrega la mitad de la suma de las dos últimas lecturas a la suma de las lecturas intermedias y el total se divide entre el número de lecturas menos uno. En la figura No. 6, se obtiene de acuerdo con este procedimiento, una cota promedio de 23.1 mts.

Este valor indica que si la longitud de la línea estacada estuviera nivelada, la cota en todos los puntos de la línea sería igual a la cota promedio. (2)

En seguida se procede a calcular el punto de balance o punto medio el cual servirá para indicarnos el centro de la longitud del diseño. En el ejemplo se considera una longitud de 180 mts. Entonces el punto de balance estará a los 90 mts.

Es necesario determinar el corte necesario en el canal para construir la terraza en un terreno con cierta pendiente y con una sección transversal balanceada. La cantidad de corte "C" en el canal se obtiene directamente de los cuadros que presentan las dimensiones de los diferentes tipos de terrazas.

En el caso de la figura 13, la terraza se va a diseñar con una sección transversal de base ancha, en un terreno de 4% de pendiente y con 25 cms. de altura, el valor de corte "C" seleccionado es de 0.2 mts.

Una vez definido el corte necesario para la altura especificada de

la terraza, se resta a la cota promedio, con lo que se obtiene la cota para el canal terminado en el punto medio o centro, en la figura No. 13 la cota promedio es de 23.1 mts. a la cual se le resta un corte de 0.2 m. y esto dá la cota en el punto de balance o punto medio de 22.9 mts. (2)

1.4.5.1. ESTABLECIMIENTO DEL CANAL CON UNA DETERMINADA PENDIENTE.

Se debe preveer la descarga o desague de la terraza para lo cual se calculan las cotas a ambos lados de punto central con la pendiente deseada.

En la figura 13 la cota promedio del estadal en el punto de balance es de 22.9 mts. como la pendiente de diseño del canal es de 0.6%, o sea, un desnivel de 0.1 m. por cada estaca separada a 15 mts.

Es necesario calcular la cota proyecto en cada estación a partir del punto de balance y aumentar 0.1 m. para cada estaca en la parte de pendiente arriba y reducir 0.1 m. a las que se encuentran en la porción pendiente de abajo.

Si la pendiente de diseño no se ajusta a la permisible o no produce una descarga apropiada de la terraza en el desague, se cambia el valor de la pendiente y se repite el cálculo. (2)

1.4.5.2. DETERMINACION DE LOS CORTES Y RELLENOS.

Para esto será necesario realizar cortes donde la cota original del -

terreno exceda a la de proyecto del canal y el relleno será donde la cota original sea menor a la del proyecto. En el ejemplo de la figura 13 la cota en la estaca 0 + 015 es 23.3 y la del proyecto en el canal es de 23.4, por lo tanto, es necesario un relleno de 0.1 m, mientras que en la estaca 0 + 150 la cota del terreno es de 22.8 y la del proyecto en el canal es de 22.5, lo que implica un corte de 0.3 m.

Se debe hacer un análisis correspondiente para determinar la distancia de los cortes y rellenos. Esto se puede hacer directamente en la libreta de campo o mediante un dibujo de perfil. (12)

En terrazas con declive, es aconsejable ajustar la pendiente a los límites permisibles de velocidad de flujo, para evitar el arrastre excesivo del suelo de un extremo a otro de la terraza. (2)

1.4.6. ESPECIFICACIONES.

La construcción de terrazas consiste en remover la tierra, de tal modo que se forme la sección deseada. Así como el bordo y el canal. La forma en que se hace el movimiento de tierra depende de las condiciones de pendiente, clima y profundidad del suelo, a veces es factible movilizar el material de la parte aguas arriba o de aguas abajo del sitio donde va a quedar ubicado el bordo; o bien de ambos lados. (2)

Para evitar el riesgo de un mal funcionamiento de la terraza, se recomienda establecer un estacado en forma adecuada y comenzar la construcción de la primera terraza, preferentemente por la parte más alta del terreno.

1.4.6.1. EPOCA DE CONSTRUCCION.

La principal limitante para la construcción de terrazas y el movimiento de tierra, en general lo constituye el agua. Cuando la precipitación es abundante y el terreno arcilloso se propicia la formación de lodos, que dificultan la operación y acceso del equipo de trabajo; el acabado y precisión de las obras bajo estas condiciones, generalmente es deficiente. En terrenos arenosos donde existe buena permeabilidad, (2) el problema no es tan grave, pero ocasionalmente existen tiempos muertos en que la lluvia no permite trabajar; si a esto le aunamos el detalle de que en la época de lluvias los terrenos casi siempre están cubiertos por los cultivos, indica que la construcción debe realizarse preferentemente durante el estiaje y principiando en aquellos terrenos arcillosos para que en caso de que por cualquier motivo se retrase el programa, queden por trabajar las áreas arenosas donde la construcción bajo la lluvia no es tan restrictiva.

1.4.6.2. ESTACADO PARA LA CONSTRUCCION.

La posición de las estacas juega un papel muy importante no solo para el trazo de las terrazas, sino también para la construcción.

Es conveniente que las estacas se ubiquen en puntos donde no sean removidas por el equipo de trabajo, de tal forma que en cualquier momento puedan realizarse verificaciones sobre los movimientos de tierra efectuados en una área determinada del terreno.

La estaca debe colocarse en la intersección del área de corte en relación a la de relleno, de tal forma que el operador de la maquinaria progra

me su rutina de trabajo, de acuerdo a las áreas de corte en relación a las de relleno. Figura No. 14.

Es conveniente indicar que el equipo para la construcción de cual --- quier tipo de terraza varía desde la utilización de mano de obra con pico y pala; que aunque este procedimiento es lento, costoso si se justifica debido a la necesidad tan grande que existe de absorber la abundancia que hay de ésta en el país; hasta la introducción de tractores agrícolas con implementos tales como cuchilla terrazadora, arado de vertedera, o la moto escropa y en ocasiones el Bull Dozer.

1.4.7. EVALUACION.

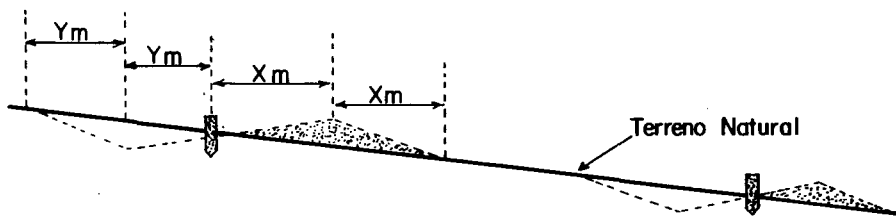
Los comentarios relacionados con la evaluación y las restricciones que se deben de observar en ésta práctica, se describen en el punto que habla acerca de las terrazas de formación sucesiva.

1.5. PRESAS FILTRANTES PARA EL CONTROL DE AZOLVES.

Una vez propuestos algunos métodos que pretenden controlar la erosión en terrenos agrícolas, surge otro análisis acerca del problema de la escurrentía que se presenta en la superficie del suelo, originada por el efecto de la precipitación pluvial.

En áreas donde el factor pendiente ocasiona el escurrimiento superficial y por consiguiente la erosión del suelo debido a la formación de cárcavas.

Y_m y X_m indican longitudes de corte y relleno, respectivamente.



Colocacion de las estacas para la construccion de la terraza de base ancha.

FIGURA 14

Es conveniente hacer una breve descripción de algunos métodos que se practican en terrenos de cultivo para controlar las cárcavas y con ello -contrarrestar su proceso erosivo.

1.5.1. GENERALIDADES.

Una cárcava es la forma producida por la socavación repetida sobre el terreno, debida al flujo incontrolado de los escurrimientos superficiales. La presencia de cárcavas en un terreno indica un grado avanzado de erosión, ya que por lo general éstas se inician después de que una gran parte del suelo superficial ha sido arrastrado a causa de una fuerte erosión laminar, que produce un fuerte zanjeado incipiente que lentamente se va agrandando hasta formar una torrentera de mayor anchura y profundidad (17).

Se consideran dos causas principales en la formación de las cárcavas; Una, derivada por el desgaste del terreno ocasionado por una caída de agua que proviene de una cuenca de escurrimiento aguas arriba, y la otra, producida por la erosión que sufre un cauce, debido a la velocidad del agua de escurrentía en el mismo, los tipos de erosión en "canal" y "remontante" aquí se encuentran simultáneamente. (17)

CAUSAS QUE ORIGINAN LA FORMACION DE CARCAVAS. (2)

- 1o. Las lluvias fuertes que caen sobre los suelos desprovistos de cubierta vegetal.
- 2o. Descuido y falta de protección en los caminos de herradura-

y veredas, a través de las pendientes.

- 3o. La ruptura de una terraza ocasionada por un exagerado volumen de agua, cuando la capacidad del sistema no se diseña correctamente.
- 4o. Desbordamiento o ruptura de un canal.
- 5o. Los llamados pasos de ganado, carreteras y brechas para vehículos sin protección de cunetas.

Las formas características de las cárcavas pueden ser: En forma de "U", se dan generalmente en terrenos de textura gruesa. (17)

Estas cárcavas pueden alcanzar hasta 20 ó 30 mts. de profundidad. En forma de "V" que se presentan generalmente en terrenos de textura fina, de profundidades variables, pero mayor en la parte superior, donde las pendientes son fuertes, para decrecer en las partes bajas, donde los declives son más suaves. (17)

DAÑOS: (2)

- 1o. Se produce el arrastre del suelo fértil en el área dañada, reduciendo la productividad.
- 2o. Ocasiona el azolve de vasos de almacenamiento, canales y otras obras hidráulicas.
- 3o. Dificulta el laboreo del terreno, impidiendo el paso de implementos o maquinaria.

4o. Cuando la cárcava es grande, el ganado en pastoreo corre el riesgo de caer y sufrir daños.

5o. Reduce el área de cultivo.

Existen algunas estructuras construidas en el paso directo de la escurrentía dentro de una cárcava, éstas se clasifican como temporales y permanentes, según sea el material empleado en su construcción y se conocen generalmente como presas filtrantes para el control de azolves.(2)

Sirven para disminuir la velocidad del agua de escurrentía, y en ésta forma se depositan aguas arriba de la estructura, parte del material acarreado en suspensión, formándose con ésto una capa de sedimento que bajo ciertas condiciones favorables, permite el establecimiento de una cubierta vegetal nativa o inducida que estabilice totalmente el lecho de la cárcava. (2)

La vida útil de las presas de carácter temporal fluctúa entre dos y cinco años, aunque es posible que éste tiempo sea suficiente para que se logre la estabilización de la cárcava. Las presas de carácter permanente (presas de gaviones) pueden tener una duración hasta de 40 ó 50 años.(17)

1.5.2. DEFINICION.

Las presas filtrantes y presas de gaviones para el control de azolves son muros de contención contruidos a base de piedra acomodada, formando una estructura sólida en forma trepezoidal, la forma de su sección consta de corona, taludes inclinados y base, colocadas transversalmente en el camino de una cárcava. Este muro deberá ir debidamente anclado en -

su base mediante un dentellón, para evitar el deslizamiento, (17)

Cuando el volumen de agua que corre a través de la cárcava es considerable, se debe construir un vertedor de demasias en la parte central superior de la presa para facilitar el libre escurrimiento; si este es el caso, se deberá proteger la caída que se forma, improvisando un colchón hidráulico, colocando piedra al voleo en la parte inferior de la estructura aguas abajo. (17)

1.5.3. LOCALIZACION DE LOS SITIOS PARA UBICAR LAS PRESAS.

La misma observación directa del problema en los terrenos de cultivo, o bien en cuencas donde los escurrimientos superficiales han propiciado la formación de una cárcava, nos dará el criterio para ubicar en alguna boquilla, dichas estructuras, que pretenden controlar el subsecuente fenómeno erosivo.

1.5.4. ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO.

1.5.4.1. ALTURA DE LA PRESA.

En las presas de carácter temporal, la altura efectiva de las mismas o sea la distancia que existe entre la cresta del vertedor y el fondo de la cárcava, no debe exceder de 1 M. ya que con alturas mayores, la presión del agua aumenta y se propician filtraciones a través y por abajo de la estructura lo que origina socavaciones que son difíciles de controlar y que a menudo causan su destrucción. (2)

El ancho de la cárcava varía desde los .40 mts. hasta 1.40 mts. Cuando la finalidad principal de control de cárcavas, es la de retener grandes volúmenes de azolve, las presas deben ser de mayor altura, ya que el volumen de sedimento retenido varía con el cuadrado de la altura efectiva de la presa, ejemplo: una estructura de 90 cms. de alto, retiene aproximadamente 9 veces más sedimentos que otra cuya altura sea únicamente 30 cms. - (2)

Para determinar la altura de las presas de control de azolves debe de considerarse el costo, y sobre todo que se puede tener la sección necesaria requerida para que el vertedor de la estructura funcione correctamente.

En las presas de carácter permanente la altura efectiva puede ser hasta de 5 mts. o más, sólo que para su diseño deben considerarse los problemas inherentes al cálculo matemático de la estabilidad de la obra. (17)

1.5.4.2. ESPACIAMIENTO DE LAS PRESAS.

Esto depende de la pendiente, de los sedimentos depositados, de la altura efectiva de las mismas y de la finalidad que se persigue con el tratamiento de las cárcavas, es decir; si se desea retener mucho sedimento, se aconseja emplear presas relativamente altas, espaciadas a distancias relativamente amplias. Si el objeto principal es estabilizar la pendiente de la cárcava, el espaciamiento y la altura de las presas deben ser menores. - (2)

Para dar un espaciamiento entre presas es posible considerar lo siguiente: (2)

- 1o. Construir las presas en base a la consideración denominada-cabeza-pie. Esto es, que la cota de la base de una presa de control de azolves, coincida con la cota del vertedor de la presa inmediata aguas abajo ver Figura No. 15.
- 2o. Construir la presa dando el doble de espaciamiento antes indicado. Esto reduce a la mitad el número de presas en comparación con la primera alternativa. Ver Figura No. 16.

La fórmula utilizada para calcular el espaciamiento unitario entre - presas bajo la consideración de que los sedimentos retenidos por estas se depositan exactamente a nivel, (2) en la siguiente:

$$E = \frac{H}{P_c} \times 100$$

Donde:

E = Distancia entre dos presas consecutivas. (m)

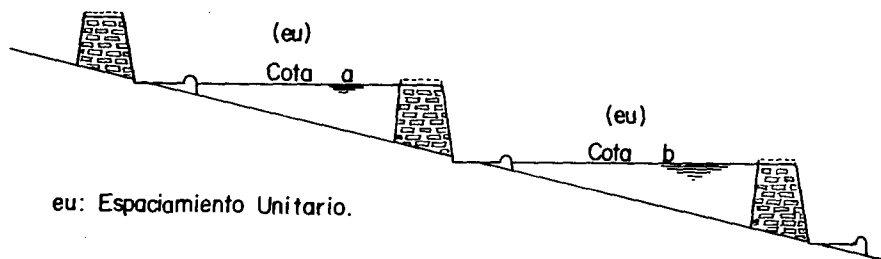
H = Altura efectiva de la presa. (m)

P_c = Pendiente de la cárcava (%)

(Las pendientes medias varían del 3% hasta el 35%).

Generalmente los sedimentos retenidos por las presas de control no - se encuentran exactamente a nivel, sino que tienen un declive determinado, el cual varía de acuerdo con la clase de materiales sedimentados y la pendiente inicial de la cárcava.

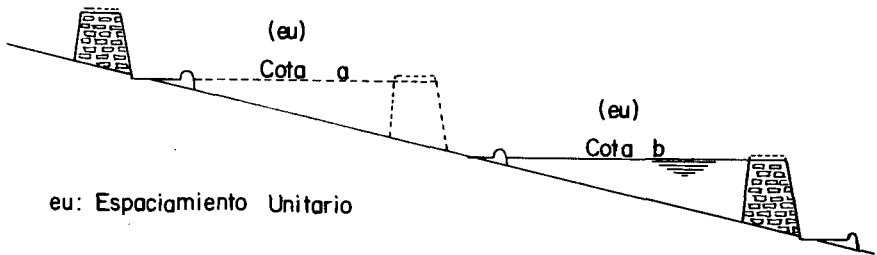
De acuerdo con la clase de sedimento, la inclinación de éstos es del 2% para las arenas gruesas mezcladas con grava, 1% para sedimentos de texturas medias (francos) y 0.5% para sedimentos finos, limosos o arcillosos.



eu: Espaciamiento Unitario.

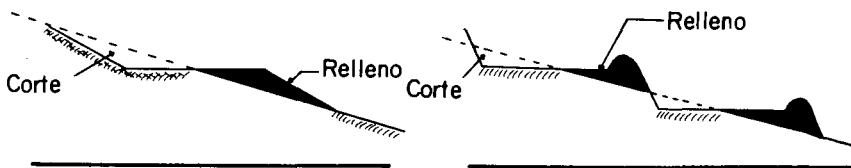
Secuencia de las presas construidas bajo el criterio de espaciamiento
" cabeza - pie ."

FIGURA 15



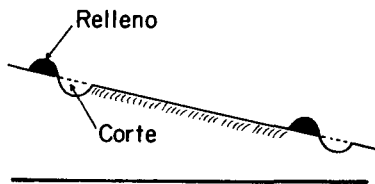
Secuencia de las presas construidas bajo el criterio de
"doble espaciamento".

FIGURA 16

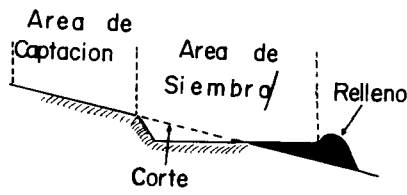


TERRAZA DE BASE ANCHA

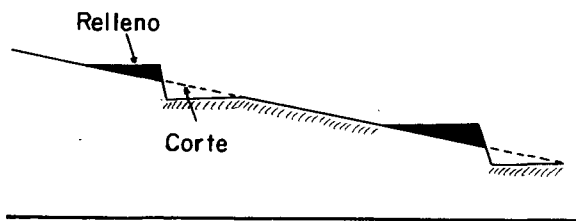
TERRAZA DE BANCO



TERRAZA DE BASE ANGOSTA



TERRAZA DE CANAL AMPLIO



TERRAZA DE BANCOS ALTERNOS

Tipos de secciones transversales de la terraza.

FIGURA 17

En base a ésto para determinar la distancia unitaria entre dos presas de control consecutivas, se utiliza la siguiente fórmula: (2)

$$E = \frac{H}{P_c - P_s} \times 100$$

DONDE:

E = Distancia entre dos presas consecutivas (m)

H = Altura efectiva de la presa.

P_c = Pendiente de la cárcava.

P_s = Pendiente del sedimento.

(Varfa de 0.5 a 2%).

Ver Cuadros del No. 6 al 9.

1.5.5. RESTRICCIONES.

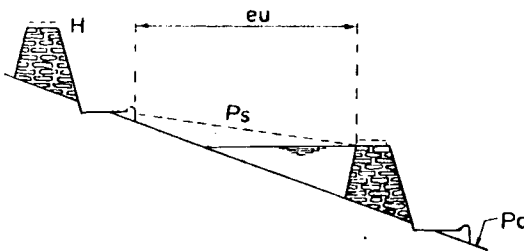
Para la construcción de ésta obra, es necesario utilizar piedra que algunas veces no existe abundantemente en el lugar que se trata de proteger, por lo que el costo en éstas condiciones se ve incrementado por el acarreo.

Cuando se presenta una escasés de piedra para construir las presas filtrantes, es de uso común utilizar otro tipo de material en sustitución tales como troncos de madera, ramas, malla de alambre y hasta mampostería la cual ocasiona o una disminución en el efecto antierosivo de la obra o bien un alto costo en la misma.

ESPACIAMIENTO UNITARIO ENTRE PRESAS PARA EL CONTROL DE AZOLYES, CUANDO LOS SEDIMENTOS SON ARENOSOS Y LA PENDIENTE DE ESTOS ES DE 2.0%.

CUADRO # 7.

PENDIENTE DE LA CAR CAVA %	ESPACIAMIENTO UNITARIO ENTRE PRESAS CONSECUTIVAS (m)										
	ALTURA DE LA PRESA (m)										
	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50
3	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0	150.0
4	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0
5	16.7	20.0	23.3	26.7	30.0	33.3	36.7	40.0	43.3	46.7	50.0
6	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	37.5
7	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0
8	8.3	10.0	11.7	13.3	15.0	16.7	18.3	20.0	21.7	23.3	25.0
9	7.1	8.6	10.0	11.4	12.9	14.3	15.7	17.1	18.6	20.0	21.4
10	6.2	7.5	8.8	10.0	11.2	12.5	13.8	15.0	16.2	17.5	18.8
11	5.6	6.7	7.8	8.9	10.0	11.1	12.2	13.3	14.4	15.6	16.7
12	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0
13	4.6	5.4	6.4	7.3	8.2	9.1	10.0	10.9	11.9	12.8	13.6
14	4.2	5.0	5.9	6.7	7.5	8.3	9.2	10.0	10.8	11.7	12.5
15	3.8	4.6	5.4	6.1	6.9	7.7	8.5	9.2	10.0	10.8	11.5
16	3.6	4.3	5.0	5.7	6.4	7.1	7.9	8.6	9.3	10.0	10.7
17	3.3	4.0	4.7	5.3	6.0	6.7	7.3	8.0	8.7	9.3	10.0
18	3.1	3.8	4.3	5.0	5.7	6.2	6.9	7.6	8.1	8.8	9.3
19	2.9	3.5	4.1	4.7	5.3	5.9	6.5	7.0	7.7	8.2	8.8
20	2.8	3.3	3.9	4.4	5.0	5.6	6.1	6.7	7.2	7.8	8.3
21	2.6	3.2	3.7	4.2	4.8	5.3	5.8	6.3	6.9	7.3	7.9
22	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
23	2.4	2.9	3.3	3.9	4.3	4.8	5.2	5.7	6.2	6.7	7.1
24	2.3	2.7	3.2	3.6	4.1	4.5	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9
25	2.2	2.6	3.0	3.5	3.9	4.3	4.9	5.2	5.6	6.1	6.5
26	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9	6.2
27	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0
28	1.9	2.3	2.7	3.1	3.5	3.9	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9
29	1.8	2.2	2.6	3.0	3.3	3.7	4.1	4.4	4.8	5.2	5.5
30	1.8	2.1	2.5	2.8	3.2	3.6	3.9	4.3	4.6	5.0	5.3
31	1.7	2.1	2.4	2.7	3.1	3.4	3.8	4.1	4.5	4.8	5.1
32	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.7	4.0	4.3	4.7	5.0
33	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.2	3.5	3.9	4.2	4.5	4.9
34	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.1	4.4	4.7
35	1.5	1.8	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5

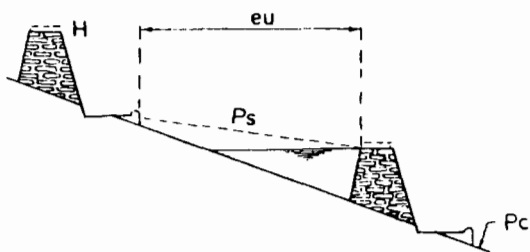


H = ALTURA DE LA PRESA (m)
 eu = ESPACIAMIENTO UNITARIO (m)
 Pc = PENDIENTE MEDIA DE LA CARCAVA (%).
 Ps = PENDIENTE DE SEDIMENTO (%).

ESPACIAMIENTO UNITARIO ENTRE PRESAS PARA EL CONTROL DE AZOLVES, CUANDO LOS SEDIMENTOS SON DE TEXTURA MEDIA Y LA PENDIENTE DE ESTOS ES DE 10%

CUADRO # 8.

ESPACIAMIENTO UNITARIO ENTRE PRESAS CONSECUTIVAS (m)											
PENDIENTE DE LA CARCAVA %	ALTURA DE LA PRESA (m)										
	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50
3	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0
4	16.0	20.0	23.3	26.7	30.0	33.3	36.7	40.0	43.3	46.7	50.0
5	12.5	15.0	17.5	20.0	20.0	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	37.5
6	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0
7	8.3	10.0	11.7	13.3	15.0	16.7	18.3	20.0	21.7	23.3	25.0
8	7.1	8.6	10.0	11.4	12.9	14.3	15.7	17.1	18.6	20.0	21.4
9	6.2	7.5	8.8	10.0	11.2	12.5	13.8	15.0	16.2	17.5	18.8
10	5.6	6.7	7.8	8.9	10.0	11.1	12.2	13.3	14.4	15.6	16.7
11	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0
12	4.6	5.4	6.4	7.3	8.2	9.1	10.0	10.9	11.9	12.8	13.6
13	4.2	5.0	5.9	6.7	7.5	8.3	9.2	10.0	10.8	11.7	12.5
14	3.8	4.6	5.4	6.1	6.9	7.7	8.5	9.2	10.0	10.8	11.5
15	3.6	4.3	5.0	5.7	6.4	7.1	7.9	8.6	9.3	10.0	10.7
16	3.3	4.0	4.7	5.3	6.0	6.7	7.3	8.0	8.7	9.3	10.0
17	3.1	3.8	4.3	5.0	5.7	6.2	6.9	7.6	8.1	8.8	9.3
18	2.9	3.5	4.1	4.7	5.3	5.9	6.5	7.0	7.7	8.2	8.8
19	2.8	3.3	3.9	4.4	5.0	5.6	6.1	6.7	7.2	7.8	8.3
20	2.6	3.2	3.7	4.2	4.8	5.3	5.8	6.3	6.9	7.3	7.9
21	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
22	2.4	2.9	3.3	3.9	4.3	4.8	5.2	5.7	6.2	6.7	7.1
23	2.3	2.7	3.2	3.6	4.1	4.5	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9
24	2.2	2.6	3.0	3.5	3.9	4.3	4.9	5.2	5.6	6.1	6.5
25	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9	6.2
26	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0
27	1.9	2.3	2.7	3.1	3.5	3.9	4.2	4.6	5.0	5.4	5.8
28	1.8	2.2	2.6	3.0	3.3	3.7	4.1	4.4	4.8	5.2	5.5
29	1.8	2.1	2.5	2.8	3.2	3.6	3.9	4.3	4.6	5.0	5.3
30	1.7	2.1	2.4	2.7	3.1	3.4	3.8	4.1	4.5	4.8	5.1
31	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.7	4.0	4.3	4.7	5.0
32	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.2	3.5	3.9	4.2	4.5	4.9
33	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.1	4.4	4.7
34	1.5	1.8	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5
35	1.5	1.8	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4

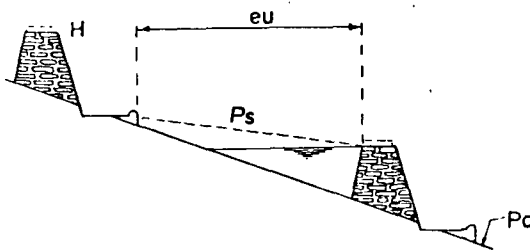


H = ALTURA DE LA PRESA (m)
 eu = ESPACIAMIENTO UNITARIO (m)
 Pc = PENDIENTE MEDIA DE LA CARCAVA (%)
 Ps = PENDIENTE DE SEDIMENTO (%)

ESPACIAMIENTO UNITARIO ENTRE PRESAS DE CONTROL DE AZOLYES, CUANDO LOS SEDIMENTOS SON ARCILLOSOS Y LA PENDIENTE DE ESTAS ES DE 0.5%.

CUADRO # 9.

PENDIENTE DE LA CAR CAVA %	ESPACIAMIENTO UNITARIO ENTRE PRESAS CONSECUTIVAS (m)										
	ALTURA DE LA PRESA (m)										
	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50
3	20.0	24.0	28.0	32.0	36.0	40.0	44.0	48.0	52.0	56.0	60.0
4	14.3	17.1	20.0	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	40.0	42.9
5	11.1	13.3	15.6	17.8	20.0	22.2	24.4	26.7	28.9	31.1	33.3
6	9.1	10.0	12.7	14.5	16.4	18.2	20.0	21.8	23.6	25.5	27.3
7	7.7	9.2	10.8	12.3	13.8	15.4	16.9	18.5	20.0	21.5	23.1
8	6.7	8.0	9.3	10.7	12.0	13.3	14.7	16.0	17.3	18.7	20.0
9	5.9	7.1	8.2	9.4	10.6	11.8	12.9	14.1	15.3	16.5	17.6
10	5.3	6.3	7.4	8.4	9.5	10.5	11.6	12.6	13.9	14.7	15.8
11	4.8	5.7	6.7	7.6	8.6	9.5	10.5	11.4	12.4	13.3	14.3
12	4.3	5.2	6.1	7.0	7.8	8.7	9.6	10.4	11.3	12.2	13.0
13	4.0	4.8	5.6	6.4	7.2	8.0	8.8	9.6	10.1	11.2	12.0
14	3.7	4.4	5.2	5.9	6.7	7.4	8.1	8.9	9.6	10.4	11.1
15	3.4	4.1	4.8	5.5	6.2	6.9	7.6	8.3	9.0	9.7	10.3
16	3.2	3.9	4.5	5.2	5.8	6.5	7.1	7.7	8.4	9.0	9.7
17	3.0	3.6	4.2	4.8	5.5	6.1	6.7	7.3	7.9	8.5	9.1
18	2.9	3.4	4.0	4.6	5.1	5.7	6.3	6.9	7.4	8.0	8.6
19	2.7	3.2	3.8	4.3	4.9	5.4	5.9	6.5	7.0	7.6	8.1
20	2.6	3.1	3.6	4.1	4.6	5.1	5.6	6.2	6.7	7.2	7.7
21	2.4	2.9	3.4	3.9	4.4	4.9	5.4	5.8	6.3	6.8	7.3
22	2.3	2.8	3.3	3.7	4.2	4.7	5.1	5.6	6.0	6.5	7.0
23	2.2	2.7	3.1	3.6	4.0	4.4	4.9	5.3	5.8	6.2	6.7
24	2.1	2.6	3.0	3.4	3.8	4.3	4.7	5.1	5.5	6.0	6.4
25	2.0	2.4	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5	4.9	5.3	5.7	6.1
26	2.0	2.4	2.7	3.1	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5	5.9
27	1.9	2.3	2.6	3.0	3.4	3.8	4.2	4.5	4.9	5.3	5.7
28	1.8	2.2	2.5	2.9	3.3	3.6	4.0	4.4	4.7	5.1	5.5
29	1.7	2.1	2.5	2.8	3.2	3.5	3.9	4.2	4.6	4.9	5.3
30	1.7	2.0	2.4	2.7	3.1	3.4	3.7	4.1	4.4	4.7	5.1
31	1.6	2.0	2.3	2.6	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.0
32	1.6	1.9	2.2	2.5	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4	4.8
33	1.5	1.8	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0	4.3	4.6
34	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5
35	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.3



H = ALTURA DE LA PRESA (m)
eu = ESPACIAMIENTO UNITARIO (m).

Pc = PENDIENTE MEDIA DE LA CARCAVA (%).

Ps = PENDIENTE DE SEDIMENTO (%).

C A P I T U L O I I

PROCEDIMIENTO PARA LA CAPTACION DEL AGUA DE LLUVIA.

2.1. DEFINICION.

La captación del agua de lluvia consiste en su colección, conducción y almacenamiento con fines de consumo humano, abrevadero, producción agrícola y recarga de acuíferos. (21)

Se puede dar en grande o pequeña escala, en forma natural o artificial. La captación en gran escala ocurre por medios naturales, como lo son las cuencas hidrográficas, en donde las laderas, los cruces de arroyos y los ríos, tienen la función de coleccionar y conducir el agua a su vez las depresiones del terreno o las cuencas cerradas tienen la función de almacenar el agua, dando así origen a pequeños y grandes lagos, lagunas, mares y océanos. (21, 20)

Cuando la captación se realiza en pequeña escala, por lo general, en forma artificial, a ésta técnica se le denomina "IN SITU" del agua de lluvia. (20, 2)

Al aplicar ésta técnica "IN SITU" a la agricultura se le ha dado origen a las denominadas microcuencas de captación de aguas de lluvia, donde su tamaño depende de cuatro factores: (21)

- a) Cantidad de lluvia.
- b) Capacidad de retención de humedad del suelo.
- c) Coeficiente de escurrimiento.
- d) Necesidades de agua del cultivo.

2.2. USO DE LAS MICROCUENCAS.

Este define por las consideraciones siguientes, (ANAYA et al 1976).-
(21)

- 1o. Cuando el uso consuntivo es mayor que la precipitación pluvial. (UC - P)
- 2o. Cuando el uso consuntivo es satisfecho con la cantidad y - distribución de la lluvia. (UC = P)
- 3o. Cuando el uso consuntivo es menor que la precipitación pluvial. (UC - P)

Cuando se presenta el primer caso se tienen las alternativas siguientes:

- a) Cambiar a otro cultivo que tenga menos requerimientos de humedad.
- b) Uso de microcuencas de captación "IN SITU" del agua de lluvia.
- c) Establecer si es posible, una agricultura mixta, es decir con riego suplementario.

En el caso de los puntos 2 y 3, la única condición es que la distribución de la lluvia sea adecuada durante su ocurrencia en las etapas fenológicas del cultivo. (20)

Un sistema de captación de lluvia consta fundamentalmente de dos partes: (21)

a) Area de escurrimiento, la cual tiene la función de colectar el agua de lluvia.

b) Area de siembra.

Para fines prácticos y de manejo en la agricultura, se ha clasificado a las técnicas de captación "IN SITU" del agua de lluvia en tres grandes - grupos de cultivo. (9)

1. De hilera; maíz, girasol, sorgo, frijol, algodón, hortalizas, etc.
2. Tupidos; trigo, avena, cebada, pastos, etc.
3. Individuales; árboles forestales, frutal, nopal, maguey, arbustos forrajeros, etc.

Para el cálculo del tamaño de la microcuenca se presenta la siguiente fórmula: $TM = Ar + As$.

DONDE:

- TM - Tamaño de la microcuenca.
Ar - Area de siembra.
As - Area de escurrimiento.

2.3. RECOPIACION DE DATOS CLIMATOLOGICOS.

Específicamente hablaremos de la precipitación pluvial y sus diversas formas, de la siguiente manera: (8)

2.3.1. FORMAS DE LA PRECIPITACION PLUVIAL.

De acuerdo a las necesidades de las técnicas de captación "IN SITU" del agua de lluvia, es importante conocer las formas de precipitación pluvial que ocurren, la clasificación de éstas se basan en el análisis del tamaño de las gotas de lluvia, particularmente de acuerdo con la velocidad e intensidad se considera que: la lluvia es ligera cuando el diámetro es menor de 2.5 mm.; mediana o moderada si las gotas tienen un diámetro que fluctúa de 2.5 a 7.5 mm. e intensa cuando éstas tienen un diámetro mayor de 7.5 mm. la duración de la lluvia está en función del tamaño de la gota, es así que a lluvias de mayor duración corresponden gotas pequeñas, mientras que gotas grandes corresponden a lluvias de poca duración.(21)

2.3.1.1. TIPOS DE PRECIPITACION.

Debido a la situación geográfica y las condiciones topográficas de la república mexicana, se tienen diferentes tipos de precipitación que influyen en el diseño de las obras de captación de agua.(8)

a) Precipitación ciclónica.

Es la que ocurre durante el transcurso del fenómeno meteorológico denominado ciclón, es una tormenta de gran magnitud e intensidad, el manejo del agua de escurrimiento es de difícil control (no son frecuentes). (8,- 21)

b) Precipitación convectiva.

Ocurre debido al enfriamiento de la humedad contenida en una masa de

aire húmedo y caliente cuando ésta se expande y asciende en forma de corriente convectiva hacia una capa más alta y de menor presión. (21)

La magnitud e intensidad de esta lluvia es variable y su control en las obras de captación es relativamente fácil. (21, 13)

c) Precipitación orográfica.

Este tipo de lluvias es consecuencia de la elevación de una masa de aire húmedo sobre una barrera montañosa, con lluvias de poca magnitud y de baja intensidad, clasificándose como lluvias ligeras. Son las más comunes en México. Los escurrimientos que provocan son de fácil manejo, (son frecuentes). (13)

2.3.2. MEDICION DE LA PRECIPITACION.

Esta se cuantifica mediante el pluviómetro o el pluviógrafo, expresándose como una lámina dada en milímetro o centímetros.

En las técnicas de captación de lluvias es necesario conocer la cantidad de agua que se espera para un ciclo dado y una región determinada, esta cantidad solo es posible estimarla y para ello existen varios métodos:

a) Precipitación media.

Es un método aritmético que consiste en sumar los valores observados de la precipitación de cada una de las estaciones meteorológicas cercanas o dentro del área de estudio y dividir ésta cifra entre el No. estaciones consideradas. Este método es bastante preciso en terrenos planos y en donde los pluviómetros están uniformemente distribuidos y las cantidades de -

agua registradas en cada uno de ellos no difieren en gran proporción del valor promedio, lo anterior se puede calcular considerando los datos disponibles de los años anteriores y es posible hacerlo diario, semanalmente, mensual o anualmente. (13)

b) Probabilidad de lluvia.

Debido a que la precipitación media sólo brinda un cierto grado de aproximación en la estimación de la lluvia y debido a que en el diseño de las obras de captación de lluvia se requieren mayor precisión, es necesario calcular la cantidad de lluvia en base a una cierta probabilidad.

Para este cálculo se consideran los valores de lluvia obtenidos en una estación durante varios años de registro, (esto puede ser por día, semana, mes, ciclo o años) se ordenan de mayor a menor y se establece la probabilidad de ocurrencia de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$P = \frac{m}{n + 1} \times 100$$

DONDE:

- P - Probabilidad de ocurrencia.
 m - Número de orden.
 n - Número total de observaciones.

1. Se agrupan las observaciones por año.
2. Se ordenan de mayor a menor.
3. Se aplica la fórmula.

EJEMPLO:

Al calcular la precipitación pluvial del mes de julio con una probabilidad de ocurrencia del 50% en Cuquío, Jalisco, se siguió el procedimiento descrito; esto es:

AÑO	PRECIPITACION mm	AÑO	PRECIPITACION ORDENADA	NO. DE ORDEN	PROBABILIDAD %
1968	149.2	1974	158.6	1	10
1970	83.9	1976	15.38	2	20
1971	84.0	1969	149.2	3	30
1972	84.2	1973	135.5	4	40
1973	135.5	1977	116.1	5	50
1974	158.6	1975	101.8	6	60
1975	101.8	1972	84.2	7	70
1976	153.8	1971	84.0	8	80
1977	116.1	1970	83.9	9	90

La lluvia esperada es de 116.1 mm o más, al 50% de probabilidad.

Al aumentar el nivel de probabilidad de la lluvia esperada disminuye el valor de la misma.

Este procedimiento es muy valioso en el diseño de las obras de captación de lluvia, pues permite hacer los cálculos bajo un determinado nivel de probabilidad.

c) Intensidad y duración de lluvia.

Otras características importantes de la precipitación, que se deben considerar en las técnicas de captación son: la intensidad, que se mide en mm/hora y la duración de la lluvia. El conocimiento de estos factores permiten el cálculo del volumen de escurrimiento que puede ser captado y almacenado en el suelo. (21)

d) Frecuencia de la lluvia.

La frecuencia de la lluvia se refiere a la periodicidad media estadística en años, con la cual se presentan las lluvias de características similares en intensidades y duración. A los intervalos de tiempo definidos por la periodicidad se les denomina período de retorno y estos pueden ser de 2, 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años.

Cuando se hace referencia a un período de retorno de 10 años se espera que la magnitud de la precipitación sea igualada o superada una vez cada 10 años.

Para fines prácticos, en los cálculos de captación de lluvia es conveniente considerar períodos de retorno de 5 años. (2)

La frecuencia o período de retorno se calcula con la fórmula siguiente:

$$F = \frac{t}{m}$$

DONDE:

F - Frecuencia o período de retorno.

- t - Número total de años de registro.
 m - Número de orden de la lluvia.

Se procede de igual manera que en el cálculo de la probabilidad de lluvia, excepto, que en este caso se utilizan los valores de la intensidad máxima registrada en 24 horas.

2.4. CALCULO DE LAS NECESIDADES HIDRICAS DE LOS CULTIVOS.

2.4.1. USO CONSUNTIVO.

Los requerimientos de agua por los cultivos durante su desarrollo se puede calcular midiendo diariamente las fluctuaciones en el contenido de humedad del suelo, las diferencias entre ellas determinan el consumo diario de agua por las plantas. Debido a que este método es largo, pues dura todo el ciclo, algunos investigadores han propuesto métodos para el cálculo del consumo de agua a los que se le ha denominado Uso Consuntivo estos métodos no son más que fórmulas empíricas entre ellas las más usadas debido a su aproximación sencillez y facilidad de cálculo ha sido la propuesta por Blaney y Criddle. (21)

Este método utiliza la fórmula siguiente:

$$UC = KF$$

DONDE:

- UC - Uso consuntivo.
 K - Coeficiente que depende del cultivo.
 F -

- (f) - Es un valor mensual que está en función de la temperatura - y el porcentaje de horas-luz del mes con respecto al total-anual que se determina mediante la fórmula siguiente.

$$f = Kt. P$$

DONDE:

- Kt - Es un coeficiente que depende de la temperatura media mensual expresada en °C.
- P - Corresponde al porcentaje de horas-luz del mes y está definido por la latitud del sitio.

Dado que K es un coeficiente total (anual o por ciclo) que depende del cultivo, es conveniente determinarlo en forma mensual, para ello es necesario dividirlo en etapas de desarrollo de las plantas y se le identifica a cada K por etapa como Kc o sea un coeficiente de desarrollo. Estos Kc se expresan en porcentajes tanto para cultivos anuales como para perennes-pudiendo hacerse las fracciones en periodos por número de días por mes o bien tomando intervalos de desarrollo expresados en porcentaje.

2.4.2. PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DEL U.C.

Cultivo:	Algodón.
Ciclo vegetativo:	180 días.
Fecha de siembra:	
Zona:	Región lagunera.
Latitud:	25° 30'

MES	(1) TEMP. °C	(2) VALOR DE P	(3) FACTOR KT	(4) VALOR f P x Kt (2)(3)	(5) VALOR Kc	(6) UC MENSUAL (4)(5)	(7) UC ACUM. cm	(8) UC DIARIO mm
ABRIL	22.6	8.62	1.748	15.068	0.28	4.22	4.20	1.4
MAYO	25.4	9.35	2.042	19.093	0.62	11.84	16.06	3.9
JUNIO	27.0	9.26	2.220	20.557	0.98	20.15	36.21	6.7
JULIO	26.7	9.46	2.186	20.186	1.00	20.68	56.89	6.9
AGOSTO	26.1	9.09	2.119	19.262	0.80	15.41	72.30	5.1
SEPT.	24.2	8.30	1.914	15.886	0.50	7.94	80.24	2.6

Los valores de la columna (1) se obtienen de la estación metereológica o termopluviométrica del lugar o del sitio más cercano, en caso de no existir esta información se puede consultar del reverso de las cartas de climas editados por DETENAL, correspondientes al área de trabajo.

Los valores de la columna (2) se obtienen de la tabla 2A y corresponden al porcentaje de horas luz en el día para cada mes del año en relación al número total en un año (factor P), en este cuadro se muestran únicamente los valores correspondientes a la latitud norte, comprendido entre 15° y 32° en que se encuentra la república mexicana.

Los valores de la columna (3) se obtienen de la tabla 1A en la que se presentan los valores de Kt equivalentes a la temperatura media expresada en °C con aproximación de 1 décimo de grado.

Los valores de f de la columna (4) se calculan multiplicando el valor de p (columna 2) por el valor de Kt (columna 3) de cada mes.

Cuadro 1A. Valores de la expresión Kt. En relación con las temperaturas medias en °C para usarse en la fórmula de Blaney y Criddle

°C	0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
3	0.317	0.322	0.327	0.331	0.335	0.340	0.345	0.349	0.354	0.359
4	0.364	0.369	0.373	0.378	0.384	0.388	0.393	0.398	0.403	0.408
5	0.413	0.418	0.423	0.428	0.433	0.439	0.444	0.449	0.455	0.460
6	0.465	0.470	0.476	0.481	0.487	0.492	0.498	0.503	0.509	0.514
7	0.520	0.526	0.531	0.537	0.543	0.549	0.554	0.560	0.566	0.572
8	0.578	0.584	0.590	0.596	0.602	0.608	0.614	0.620	0.626	0.632
9	0.638	0.645	0.651	0.657	0.664	0.670	0.676	0.682	0.689	0.696
10	0.702	0.708	0.715	0.722	0.729	0.735	0.742	0.748	0.755	0.762
11	0.768	0.775	0.782	0.789	0.796	0.803	0.810	0.817	0.824	0.830
12	0.838	0.845	0.852	0.859	0.866	0.874	0.880	0.889	0.895	0.902
13	0.910	0.917	0.925	0.932	0.939	0.947	0.954	0.962	0.970	0.977
14	0.985	0.992	1.000	1.008	1.016	1.024	1.031	1.039	1.047	1.055
15	1.063	1.071	1.079	1.086	1.095	1.103	1.111	1.119	1.127	1.135
16	1.143	1.152	1.160	1.168	1.175	1.185	1.193	1.202	1.210	1.219
17	1.227	1.235	1.244	1.253	1.262	1.270	1.279	1.287	1.296	1.305
18	1.313	1.322	1.331	1.340	1.349	1.357	1.367	1.375	1.385	1.393
19	1.403	1.412	1.421	1.430	1.439	1.448	1.458	1.467	1.476	1.485
20	1.495	1.505	1.513	1.523	1.533	1.542	1.551	1.561	1.571	1.580
21	1.590	1.599	1.609	1.619	1.629	1.639	1.648	1.658	1.668	1.678
22	1.683	1.697	1.708	1.717	1.728	1.738	1.748	1.758	1.768	1.779
23	1.789	1.799	1.810	1.819	1.830	1.840	1.851	1.861	1.871	1.882
24	1.892	1.903	1.914	1.924	1.935	1.945	1.956	1.967	1.977	1.988
25	1.999	2.010	2.020	2.031	2.042	2.053	2.064	2.074	2.086	2.096
26	2.108	2.119	2.130	2.141	2.153	2.164	2.175	2.186	2.198	2.208
27	2.220	2.232	2.243	2.255	2.266	2.277	2.289	2.300	2.312	2.323
28	2.335	2.345	2.358	2.370	2.382	2.394	2.405	2.417	2.430	2.441
29	2.453	2.464	2.477	2.489	2.500	2.513	2.525	2.537	2.549	2.561
30	2.574	2.586	2.598	2.610	2.623	2.635	2.647	2.660	2.672	2.685

°C	0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
31	2.698	2.710	2.723	2.734	2.747	2.760	2.773	2.786	2.798	2.811
32	2.822	2.836	2.850	2.862	2.875	2.887	2.900	2.914	2.927	2.940
33	2.953	2.966	2.978	2.992	3.005	3.018	3.032	3.045	3.058	3.072
34	3.085	3.098	3.111	3.125	3.138	3.152	3.166	3.179	3.193	3.206
35	3.220	3.234	3.247	3.261	3.274	3.289	3.303	3.316	3.330	3.344

Tomado de: Blaney, H. F., y W. O. Criddle. SCS-TP-96 USDA

Cuadro 2A Porcentajes de horas luz en el día para cada mes del año en relación al número total en un año (Factor P)

Latitud Norte*	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
15°	7.94	7.37	8.44	8.45	8.98	8.80	9.03	8.83	8.27	8.26	7.75	7.88
15°	7.93	7.35	8.44	8.46	9.07	8.83	9.07	8.85	8.27	8.24	7.72	7.83
17°	7.86	7.32	8.43	8.48	8.04	8.37	8.11	8.27	8.27	8.22	7.69	7.80
18°	7.83	7.30	8.42	8.50	9.09	8.92	8.16	8.90	8.27	8.21	7.66	7.74
19°	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.20	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20°	7.74	7.26	8.41	8.53	9.14	9.00	9.23	8.95	8.29	8.17	7.59	7.66
20°	7.71	7.24	8.40	8.54	9.18	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62
22°	7.66	7.21	8.40	8.56	9.22	9.09	9.33	9.00	8.30	8.13	7.50	7.55
23°	7.62	7.19	8.40	8.57	9.24	9.12	9.35	9.02	8.30	8.11	7.47	7.50
24°	7.58	7.17	8.40	8.60	9.30	9.20	9.41	9.05	8.31	8.09	7.43	7.46
25°	7.53	7.13	8.39	8.61	9.32	9.22	9.43	9.08	8.30	8.02	7.40	7.41
26°	7.49	7.12	8.40	8.64	9.33	9.30	9.49	9.10	8.31	8.06	7.36	7.31
27°	7.43	7.09	8.38	8.65	9.40	9.32	9.52	9.13	8.32	8.03	7.36	7.31
28°	7.40	7.07	8.39	8.68	9.45	9.38	9.58	9.16	8.32	8.05	7.27	7.27
29°	7.35	7.04	8.37	8.70	9.49	9.43	9.61	9.19	8.32	8.05	7.24	7.20
30°	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.34	7.99	7.19	7.14
31°	7.25	7.00	8.36	8.73	9.57	9.54	9.72	9.24	8.33	7.95	7.15	7.09
32°	7.20	7.97	8.37	8.75	9.63	9.60	9.77	9.28	8.34	7.93	7.11	7.05

* La latitud para las diferentes regiones del país puede obtenerse en cualquier mapa geográfico de la República o bien en la misma carta de climas editada por la CETENAL. Tomado de Blaney, H. F. y W. D. Criddle, SCS-TP-96 USDA.

De la tabla 3A se obtienen los valores del coeficiente de desarrollo (Kc) para cada mes del ciclo de cultivo.

En la columna (6) se reportan los valores de U.C. mensual para el mes correspondiente, dichos resultados se obtienen al multiplicar los valores de las columnas 4 y 5 o sea f. Kc. Estos valores también se pueden expresar en forma acumulativa como se observa en la columna (7). Finalmente, el U.C. diario se obtiene de dividir el UC mensual entre el número de días - que contengan dicho mes.

2.5. CALCULO DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (CE).

El coeficiente de escurrimiento es la relación que existe entre el volumen escurrido y el volumen llovido en una área determinada, y se expresa en porcentaje.

VOLUMEN LLOVIDO 100%

VOLUMEN ESCURRIDO CE

$$CE = \frac{\text{Vol. escurrido}}{\text{Vol. llovido}} \times 100$$

Valores de Ce de algunos suelos cultivados según su textura y pendiente.

TOPOGRAFIA		TEXTURA DE SUELOS		
		GRUESA	MEDIA	FINA
PLANO	0 - 5	0.30	0.50	0.60
ONDULADO	6 - 10	0.40	0.60	0.70
ESCARPADO	11 - 30	0.52	0.72	0.82

Cuadro 3A. Coeficiente de desarrollo Kc para el cálculo de usos consuntivos

Porción to de desa- rrollo medio mensu al	CULTIVOS ANUALES																
	Ajonjolif	Algodón	Arroz	Cacahuate	Cár- tamo	Ceba- da	Cucur- bitáceas	Chi- le	Fri- jol	Gar- banzo	Jito- mate	Lina- za	Mafz	Papa	Sorgo	Soya	Tri- go
0	0.30	0.28	0.45	0.15	0.14	0.15	0.45	0.48	0.50	0.30	0.43	0.30	0.42	0.20	0.30	0.51	0.15
5	0.35	0.22	0.50	0.17	0.16	0.20	0.47	0.50	0.54	0.35	0.43	0.35	0.45	0.35	0.35	0.51	0.20
10	0.40	0.25	0.55	0.20	0.18	0.30	0.50	0.55	0.60	0.40	0.43	0.40	0.48	0.40	0.40	0.51	0.30
15	0.50	0.28	0.65	0.25	0.22	0.40	0.53	0.65	0.65	0.50	0.45	0.50	0.51	0.45	0.48	0.51	0.40
20	0.60	0.32	0.72	0.29	0.27	0.55	0.55	0.75	0.73	0.55	0.45	0.55	0.60	0.50	0.60	0.51	0.55
25	0.70	0.40	0.80	0.36	0.35	0.70	0.60	0.80	0.80	0.55	0.50	0.70	0.65	0.60	0.70	0.51	0.70
30	0.80	0.50	0.85	0.43	0.44	0.90	0.55	0.90	0.90	0.70	0.55	0.90	0.70	0.70	0.80	0.51	0.90
35	0.87	0.52	0.90	0.52	0.54	1.40	0.70	0.95	0.97	0.75	0.65	1.00	0.80	0.82	0.90	0.53	0.10
40	0.95	0.60	0.92	0.61	0.64	1.25	0.75	0.98	1.05	0.78	0.75	1.10	0.90	0.97	1.00	0.55	1.25
45	1.00	0.60	0.93	0.61	0.76	1.40	0.80	1.03	1.10	0.80	0.85	1.15	1.00	1.05	1.03	0.57	1.40
50	1.10	0.90	0.93	0.80	0.88	1.50	0.81	1.05	1.12	0.82	0.95	1.20	1.05	1.16	1.07	0.60	1.50
55	1.20	1.00	0.93	0.90	0.97	1.57	0.82	1.05	1.12	0.85	1.00	1.28	1.07	1.25	1.05	0.63	1.57
60	1.28	1.02	0.92	1.00	1.07	1.62	0.80	1.05	1.10	0.85	1.03	1.30	1.08	1.30	1.00	0.66	1.62
65	1.30	1.00	0.90	1.01	1.07	1.61	0.79	1.03	1.05	0.82	1.02	1.35	1.07	1.35	0.95	0.68	1.61
70	1.32	0.95	0.85	1.02	1.08	1.55	0.77	1.00	1.02	0.80	0.98	1.30	1.05	1.32	0.90	0.70	1.55
75	1.28	0.87	0.80	0.91	1.02	1.45	0.75	0.97	0.95	0.75	0.95	1.28	1.02	1.38	0.82	0.70	1.45
80	1.25	0.80	0.63	0.80	0.96	1.30	0.72	0.90	0.87	0.70	0.90	1.25	1.00	1.35	0.75	0.69	1.30
85	1.10	0.75	0.63	0.60	0.85	1.10	0.71	0.85	0.80	0.65	0.85	1.10	0.95	1.33	0.70	0.63	1.10
90	1.00	0.55	0.53	0.41	0.76	0.95	0.70	0.80	0.72	0.60	0.85	0.95	0.90	1.30	0.65	0.56	0.95
95	0.90	0.55	0.55	0.25	0.60	0.80	0.67	0.70	0.70	0.50	0.75	0.80	0.87	1.25	0.60	0.43	0.80
100	0.80	0.50	0.47	0.14	0.45	0.62	0.65	0.60	0.62	0.40	0.70	0.60	0.85	1.20	0.55	0.32	0.62

Cuadro 4A coeficiente de desarrollo Kc para el cálculo de usos consuntivos

MES	CULTIVOS PEREENES						
	Alfalfa	Caña	Cítricos	Frutales hoja caduca	Frutales hoja perenne	Pasto	Vid
0	0.65	0.30	0.65	0.20	0.60	0.48	0.20
2	0.75	0.35	0.67	0.25	0.75	0.60	0.23
3	0.85	0.50	0.69	0.35	0.85	0.75	0.30
4	1.00	0.60	0.70	0.65	1.00	0.85	0.50
5	1.10	0.77	0.71	0.85	1.10	0.87	0.70
6	1.13	0.90	0.72	0.95	1.12	0.90	0.80
7	1.12	0.93	0.72	0.98	1.12	0.90	0.80
8	1.08	1.02	0.71	0.85	1.05	0.87	0.75
9	1.00	1.02	0.70	0.50	1.00	0.85	0.67
10	0.90	0.98	0.68	0.30	0.85	0.80	0.50
11	0.80	0.90	0.67	0.20	0.75	0.65	0.35
12	0.65	0.78	0.65	0.20	0.60	0.60	0.25

Tomado de Manual para Proyectos de Pequeñas Obras Hidráulicas para Riego y Abrevadero CP.

Valores de C_e de diferentes materiales impermeabilizantes aplicados - al suelo para inducir el escurrimiento.

Alfalto	de	0.70	a	0.95
Concreto	de	0.80	a	0.95
Ladrillo	de	0.70	a	0.85
Polietileno	de	0.85	a	0.95
Parafina	de	0.70	a	0.75
Sal común	de	0.50	a	0.64

Los valores aplicados al cálculo del coeficiente C_e tanto para el suelo como para ciertos materiales impermeabilizantes, solo se tienen datos - a nivel experimental. (13, 21)

2.5.1. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO.

Es necesario especificar las características del suelo para poder hacer la correcta evaluación del experimento en función de los siguientes aspectos: (13, 18)

2.5.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO.

a) Porcentaje en base a peso de suelo seco (P_s).

El P_s es la cantidad de humedad que contiene un suelo en un momento - dado y se expresa como un porcentaje en base a el peso de suelo seco a estufa. (21)

Peso de suelo seco 100%.

$$\begin{array}{l}
 \text{Peso de agua} \qquad \qquad \qquad P_s \\
 \\
 \text{Peso de agua} \qquad \qquad \qquad P_{\text{agua}} \\
 P_s = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seco}} \times 100 = \frac{P_{\text{agua}}}{P_{ss}} \times 100 \qquad (1)
 \end{array}$$

Peso de suelo seco P_{ss}

Peso de agua = Peso de suelo húmedo - Peso de suelo seco.

$$\frac{(\text{Peso de suelo húmedo} - \text{Peso de suelo seco})}{\text{Peso de suelo seco}} \times 100 = \frac{P_{sh} - P_s}{P_{ss}} \times 100 \qquad 1a.$$

b) Porcentaje en base a volumen total de suelo (Pv).

El Pv se define como el volumen de agua que contiene un suelo en un momento dado y se expresa como un porcentaje en base a el volumen de una masa de suelo.

Volumen total del suelo 100%

Volumen de agua P_v

$$P_v = \frac{\text{Volumen de agua}}{\text{Volumen total de suelo}} \times 100 = \frac{V_{\text{agua}}}{V_{\text{total}}} \times 100 \qquad (2)$$

c) Dado que la densidad del agua es la unidad entonces su volumen es igual a su peso.

Despejando peso de agua de la Ec. (1) se tiene:

$$P_{\text{agua}} = \frac{P_s \times P_{ss}}{100}$$

Substituyendo peso de agua en la Ec (2).

$$\frac{P_s \times P_{ss}}{100}$$

$$P_v = \frac{1}{V_{\text{total}}} \times 100 = \frac{P_s \times P_{ss}}{V_{\text{total}}} \times \frac{100}{100}$$

$$P_v = P_s \times \frac{P_{ss}}{V_{\text{total}}} \quad (3)$$

y dado que

$$D_a = \frac{P_{ss}}{V_{\text{total}}}$$

entonces el sustituir D_a en la ec. (3) finalmente queda:

$$P_v = P_s \times D_a \quad (4)$$

d) Lámina de agua.

El volumen de suelo se calcula multiplicando superficie por profundidad y el contenido de agua que se encuentra de ese volumen de suelo se expresa como un porcentaje, o sea el P_v .

Tomando a la unidad de volumen (m) y considerando que ésta ocupa una superficie de 1 m se puede decir que el P_v equivale a una lámina de agua - expresada en centímetros con respecto a 1 m de profundidad.

$$P_v = \text{lámina de agua (cm)} / \text{1m de profundidad} \quad (5)$$

Si se considera que la profundidad es igual a 1 m y se expresa en cm (100 cm) y dado que el P_v es un porcentaje, por lo tanto el volumen será - igual a la lámina expresada en cm.

Sustituyendo a P_v de la ec (5) en la ec (4) se obtiene:

$$P_v = P_s D_a \quad (4)$$

$$P_v = \text{lámina de agua (cm)} / \text{profundidad (m)} \quad (5)$$

Lámina de agua (cm) / Prof (m) Ps Da

Lámina de agua (cm) = Ps.Da.Prof.(m)

$$L = Ps. Da. Prof. \quad (6)$$

Se pueden calcular diferentes láminas de agua de acuerdo a lo siguiente:

Lr	Lámina de riego.
La	Lámina de agua aprovechable.
Ld	Lámina de agua disponible en el suelo.
LCC	Lámina de agua equivalente a capacidad de campo.
LPMP	Lámina de agua equivalente a punto de marchitamiento permanente.

Para el cálculo de las láminas anteriores lo único que varía en la ecuación (6) es el valor de Ps, así se tiene que:

$$Lr = (CC - Ps \text{ actual}) \cdot Da \cdot Prof.$$

$$La = (CC - PMP) \cdot Da \cdot Prof.$$

$$Ld = Ps \cdot Da \cdot Prof.$$

$$LCC = CC \cdot Da \cdot Prof.$$

$$LPMP = PMP \cdot Da \cdot Prof.$$

La profundidad se debe expresar en metros y la lámina en cm. Cuadro 1 relaciones entre textura, constantes de humedad y densidad aparente de algunos suelos.

TEXTURA	CAPACIDAD DE CAMPO Ps	PUNTO DE MARCHI TAMIENTO PERMANENTE Ps	DENSIDAD APARENTE g/cm	PEROSIDAD %
ARENA	5 - 15	3 - 8	1.6	40
MIG.	10 - 20	6 - 12		
FRANCO	15 - 30	8 - 17	1.3	47
MIG.ARCILLOSO	25 - 35	13 - 20		
ARCILLA	30 - 70	17 - 40	1,1	58

2.5.1.2. TIEMPO DE RIEGO.

El tiempo de riego está determinado por el volumen (V) de agua necesario y por el gasto (Q) de la bomba de riego, de la presa o por el gasto del canal principal,

DONDE:

$$V = Qt$$

$$V = LS$$

$$LS = Qt$$

$$Q = \text{Gasto}$$

$$t = \text{tiempo}$$

$$V = \text{Volumen}$$

$$L = \text{Lámina}$$

$$S = \text{Superficie}$$

Donde despejando t queda;

$$T = \frac{LS}{Q}$$

Debido a que el tiempo de riego se expresa en horas, la lámina que se aplica en cm., la superficie a regar en ha y el gasto de agua en li r-

tros por segundo, es conveniente, para fines prácticos, reducir todas las unidades a un factor de conversión de acuerdo a lo siguiente:

$$1 \text{ hora} = 3600 \text{ seg.}$$

$$1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m.}$$

$$1 \text{ ha} = 10,000 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ litro} = 0.001 \text{ m}^3$$

y como

$$t = \frac{LS}{Q}$$

Partiendo de la unidad en cada caso, se tiene:

$$t (\text{seg}) = \frac{0.01 \text{ m} \times 10,000 \text{ m}^2}{0.001 \text{ m}^3/\text{seg.}}$$

Dado que 1 hora = 3600 seg.

$$t (\text{hora}) = \frac{100,000}{3600 \text{ seg.}}$$

$$t (\text{hora}) = 27.778$$

finalmente queda:

$$t = 27,778 \frac{LS}{Q}$$

En donde t se expresa en horas y LS y Q son dimensionales.

2.5.1.3. EFICIENCIA DE RIEGO.

Al regar un terreno siempre se tienen pérdidas de agua debido a el -
traslado del volumen que sale del tubo de descarga de una bomba o de la -

compuerta de la presa, estas pérdidas se dan durante el trayecto hasta la parcela en la cual se va a aplicar el riego.

algunos de los factores que afectan a la pérdida de agua son tales - como la evaporación, la infiltración y el manejo del agua por los regadores.

La eficiencia de riego se expresa considerando a el volumen de agua- que llega a la parcela como un porcentaje con respecto a el volumen total que sale de la fuente de agua,

$$V_i - 100 \quad E_r = \frac{V_f}{V_i} \times 100$$

$$V_f - E_r$$

DONDE:

- V_i - Volumen de agua que sale de la toma.
- V_f - Volumen de agua que llega a la parcela.
- E_r - Eficiencia de riego.

En términos generales se considera que en terrenos arenosos y con de ficientes estructuras hidráulicas se tiene una eficiencia de riego del orden de 10% en comparación con el sistema de riego por aspersión que tiene una eficiencia del 90%.

Para fines prácticos se considera que un valor medio de la eficiencia de riego es de 60% (21),

El conocimiento de la eficiencia de riego permite corregir el tiempo de bombeo o bien el volumen de extracción de agua de tal manera de asegurarnos que a la parcela llegue el volumen calculado de riego. El ajuste a

el tiempo o el volumen se hace de la forma siguiente:

Vol. por aplicar - Er

Vol. por extraer - 100%

$$\text{Vol. por extraer} = \frac{\text{Vol. por aplicar}}{Er} \times 100$$

o bien.

Tiempo de riego Er

Tiempo de bombeo 100%

$$\text{Tiempo de bombeo} = \frac{\text{Tiempo de riego}}{Er} \times 100$$

2.5.1.4. INTERVALO DE RIEGO.

Además de ser necesario saber la lámina de riego que se tiene que aplicar es conveniente conocer cada cuanto tiempo se tiene que regar (21), al período de tiempo comprendido entre cada riego, se le denomina como intervalo de riego (R) y se puede estimar dividiendo a la lámina aprovechable entre el uso consuntivo diario.

Para evitar que la humedad del suelo llegue hasta PMP es conveniente que el intervalo de riego quede definido hasta el momento en que se ha gastado el 80% de humedad aprovechable, con lo cual se evita el problema de castigar innecesariamente a las plantas.

$$IR = \frac{\text{Lámina aprovechable}}{\text{Uso consuntivo diario}}$$

Lámina aprovechable = 80% de humedad aprovechable.

$$IR = \frac{HA (CC - PMP) Da. Prof.}{U.C. \text{ diario } 100}$$

Ejemplo:

Calcular el intervalo de riego para la lámina aplicada en el ejemplo anterior, suponiendo los valores siguientes:

CC	=	40%	Da	-	1,3 6/cm ³
PMP	=	19%	Prof	-	60 cm
H.A.	=	80%	UC diario	-	5 mm

DONDE:

$$IR = \frac{80 (40 - 19) 1,3 \times 60}{0,5 \times 100}$$

$$IR = 26 \text{ dfas.}$$

2.6 CALCULO DEL AREA DE LA MICROCUENCA DE CAPTACION DE AGUA.

En 1976, Anaya, Tovar y Macías propusieron para el cálculo de las microcuencas la ecuación siguiente: (21)

$$TM = Ar + As$$

DONDE:

TM - tamaño de la microcuenca.

Ar - Area de siembra.

As - Area de escurrimiento.

2.6.1. DETERMINACION DEL AREA DE SIEMBRA.

En el caso de cultivo de hilera el área de siembra o área de almacena-
 miento es la superficie delimitada por la longitud del surco y el diámetro
 del área de exploración del sistema radicular, en la tabla 5A se presentan
 datos del crecimiento lateral de raíces de algunos cultivares, cuando este
 dato no se conoce se puede utilizar el ancho del surco normal; el área de--
 siembra de los cultivos tupidos está definida por la longitud y el ancho -
 de la banda o de la superficie sembrada, que por lo general es un múltiplo
 de la longitud de los implementos agrícolas para siembras de este tipo.

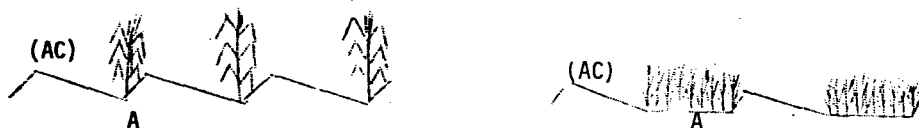
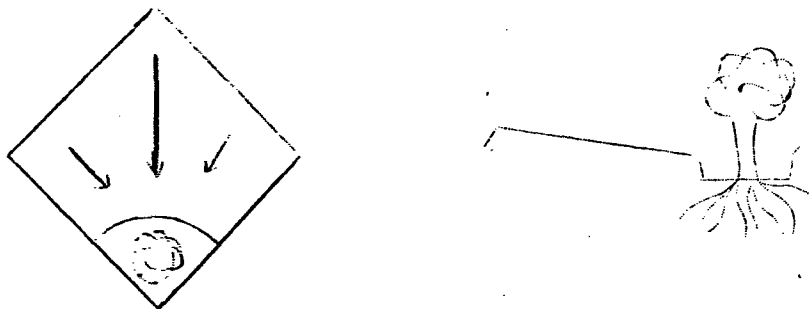


Figura 1. Corte esquemático de la ubicación del área de siembra (A) -
 y del área de escurrimiento (AC) para a) cultivos en hilera y b) cultivos-
 tropicales.

Cuadro 5A. Profundidad y espaciamento lateral (a partir del tallo) que alcanza el sistema radical de un cultivo al momento de la madurez. En un suelo bien drenado y que no presenta deficiencias que impidan el desarrollo normal en la planta.

Cultivo	Profundidad cm	Distancia lateral cm
Ajos	150	*
Alcachofas	130	*
Alfalfa	150 a 300	15 a 30
Algodón	120	*
Almendros	180 a 270	*
Aplo	60	*
Avena	120 a 150	15 a 27
Berejenas	0	*
Betabel	90	*
Brócoli	60	*
Calabacitas	100	*
Calabazas	180	*
Camote	120 a 180	*
Cebada	90 a 100	15 a 30
Cebolla	30	*
Centeno	150 a 210	30 a 40
Cereales	120	*
Cerezas	180 a 270	*
Chabacanos	180 a 270	*
Chícharos	100	*
Chile	90	*
Arueños	180 a 270	*
Cítricos	120 a 180	*
Coles	60	*
Coli flores	60	*
Duraznos	180 a 270	*
Ejotes	90	*
Espárragos	300	*
Espinaca	60	*
Fresas	90 a 120	*
Frijol	100	*
Girasol	90 a 120	30 a 45



En el caso de los cultivos individuales el área de siembra o de almacenamiento (A_r) está definida por el área de exploración del sistema radical del árbol, como se observa en la figura siguiente:

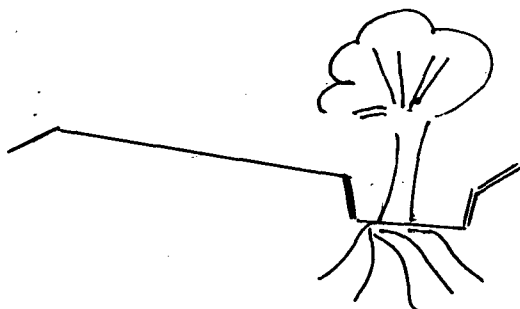


Figura. Esquema de la microcuencia individual de un árbol.

2.6.2. DETERMINACION DEL AREA DE ESCURRIMIENTO. (21)

El tamaño del área de escurrimiento (A_s) depende de cuatro factores:

- 1) Tamaño del área de siembra (A_r). A mayor tamaño de A_r el tamaño de A_e aumenta.

- 2) Coeficiente de escurrimiento (Ce). A mayor Ce menor tamaño de Ae.
- 3) Precipitación pluvial al 50% de probabilidad (P). A mayor cantidad de lluvia, menor tamaño de Ae.
- 4) Necesidades hídricas del cultivar (UC). A mayor UC, mayor tamaño de Ae.

Conociendo el UC y la P se puede estimar las deficiencias de agua del cultivar durante el ciclo vegetativo de la manera siguiente: (UC - P) sólo cuando esta diferencia resulta positiva es conveniente recurrir a las técnicas de captación "in situ"

- 5) Deficiencias de agua (UC - P). Cuando la diferencia es positiva y muy grande el tamaño del Ae aumenta.

De los 5 puntos anteriores se tiene que:

- Si Ar aumenta entonces Ae aumenta.
- Si P aumenta entonces Ae disminuye.
- Si Ce aumenta entonces Ae disminuye.
- Si (UC-P) aumenta entonces Ae aumenta.

DADO QUE:

(UC - P) Ar = Volumen de agua faltante en el Ar para satisfacer las necesidades hídricas de cultivar (UC).

P Ce = Lámina de agua aportada por el Ae para Ar.

Se tiene que:

$$(UC - P) Ar = P Ae$$

Donde al dividir el volumen de agua faltante en el Ar entre la lámina de agua aportada a el Ae se obtiene el tamaño del Ae.

$$\text{Donde } Ae = \frac{(UC - P) Ar}{P Ce} \text{ finalmente la ecuación } TM = Ar + Ae$$

Queda:

$$TM = \frac{Ar + (UC - P) Ar}{P Ce}$$

Debido a que tanto la longitud del surco o de la banda sembrada y la longitud del área de escurrimiento se ven afectadas por las dimensiones del terreno, para fines de cálculo se considera una longitud de 1 metro; - la que multiplicada por el ancho del surco o de la banda sembrada definen el tamaño de la microcuenca.

Para facilitar las operaciones al momento de realizar los cálculos y considerando constante la longitud de 1 m se emplea las unidades siguientes:

2.7. TIPO DE CULTIVO A INTRODUCIR.

Tipo de cultivo.	Ar	Ae	TM
Hilera.	cm	cm	cm
Tupido	m	m	m

En el caso de cultivos individuales como las unidades que se utilizan están dadas en metros cuadrados no hay necesidad de considerar una longitud constante.

Cultivo	Profundidad cm	Distancia lateral cm
Jitomate	180 a 300	*
Lechuga	40	*
Maíz Dulce	90	90 a 105
Maíz para grano	150	90 a 105
Miclón	120 a 180	*
Mostaza	100	*
Nabo	90	*
Nogal	360 a 540	*
Olivo	180 a 270	*
Papa	90	30 a 60
Pasto Sudán	180	*
Pastos	60	*
Peras	180 a 270	*
Rábanos	40	*
Remolacha	150 a 180	15 a 30
Sandías	180	*
Sorgo	180	50 a 90
Trébol ladino	60	15 a 30
Trigo	150 a 210	30 a 50
Uvas	240	*
Zanahorias	90	*

Tomado de apuntes de clase. Relaciones agua-suelo-planta. Universidad de California. Davis, California. Estados Unidos. R. Fernández G.

Cuadro de la humedad aprovechable para suelos de diversas texturas *

Textura de Suelos (Triángulo textural del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos)		Humedad aprovechable cm/cm	
		Rango	Promedio
Turba Cieno (materia orgánica descompuesta)			
Arcilla Arcilla limosa Arcilla arenosa	Más de 40% de arcilla	1,4 - 2,0	1,9
Franco arcillo limosa Franco arcillosa	17 - 40% arcilla	1,4 - 2,1	1,8
Limo Franco limosa Franca	más de 50% limo	1,4 - 2,1	1,9
Franco arcillo arenosa Franca Franco arenosa muy fina	0 - 39% limo menos de 70% arena	1,3 - 2,0	1,5
Franco arenosa fina Franco arenosa	0 - 39% limo menos de 70% arena	1,1 - 1,4	1,3
Franco arenosa fina Franco arenosa	más de 70% arena menos de 85% arena	0,9 - 1,3	1,0
Areno francosa muy fina Areno francosa fina Areno francosa	menos de 90% arena	0,7 - 0,9	0,8
Areno francosa gruesa	menos de 95% arena	0,7 - 0,9	0,8
Arena muy fina Arena fina Arena media Arena gruesa	más de 95% arena	0,3 - 0,7	0,5
Arena muy gruesa Grava		menos de 0,3	menos de 0,3

* Tomado de "Agricultural Engineering" p. 109-112-Vol. 35, No. 2
Feb. 1955 reproducido Sept. 1961. Dale R. Schockley - Capacity of
Soil to Hold Moisture (Capacidad del suelo para Retener la Humedad).

B I B L I O G R A F I A

- 1) BREACH V.F. 1974
LA CONSERVACION DEL SUELO Y AGUA EN MEXICO.
VII CONGRESO NACIONAL SOC. MEX. DE LA CIENCIA
GUANAJUATO, GTO.
- 2) COLEGIO DE POSTGRADUADOS, 1977.
MANUAL DE CONSERVACION DEL SUELO Y AGUA.
CAP. I, II, III, IV, V, VI.
EDIT. C.P.CHAPINGO,MEX.
- 3) COUTU A.L.; MC. PHERSON W.W.; MARTIN L.R. 1959.
METHODS FOR AN ECONOMIC EVALUATION OF SOIL CONSERVATION
PRACTICES.
NORTH CAROLINA AGR. EXP. ST. TECH. BUL.
137 AN. C. STATE COLLEGE PUB.
- 4) DIR. GRAL. DE CONSERVACION DEL SUELO Y AGUA. 1977.
NOTAS PARA LA HISTORIA DE LA DIRECCION DE CONSERVACION
DEL SUELO Y AGUA.
D.G.C.S.A. S.A.R.H. INEDITO.
- 5) FIGUEROA S.B. 1975.
PERDIDAS DE SUELO Y NUTRIMENTOS Y SU RELACION CON EL USO
DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RIO TEXCOCO.
TESIS M.C. DEL C.P., CHAPINGO,MEX.

- 6) FLORES M.G. 1973.
ESPECIFICACIONES GENERALES PARA ESTUDIOS AGROLOGICOS.
S.R.H. PUBLICACION NO. 8.
- 7) FOSTER G.R.; MEYER L.D. 1972.
A CLOSED FORM SOIL EROSION EQUATION FOR UPLAND AREAS.
FROM: SEDIMENTATION, (EINSTEIN),
CAP. 12, H.W. SHEN EDIT. AND PUB. FT.
COLLINS, COLORADO.
- 8) GARCIA E. 1968.
LOS CLIMAS DEL VALLE DE MEXICO, SEGUN EL SISTEMA DE CLASIFI-
CACION DE KOPPEN EN MODIFICADO POR E. GARCIA.
SERIE DE SOBRETIROS NO. 6.
COLEGIO DE POSTGRUADOS, E.N.A.
CHAPINGO, MEX.
- 9) GONZALEZ R.J. 1975-1977.
ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE GRAMINEAS CRIOLLAS DE LA CUENCA -
DEL RIO TEXCOCO Y GRAMINEAS Y LEGUMINOSAS INTRODUCIDAS; EN -
LOS PARAMETROS PRODUCCION DE FORRAJE, VALOR NUTRITIVO Y CON-
SERVACION DE SUELO.
TESIS PROFESIONAL, E.N.A.
CHAPINGO, MEX. "EN PREPARACION".
- 10) HUDSON N.W. 1973
SOIL CONSERVATION.
CORNELL UNIV. PRESS.
ITHACA, N.Y.

- 11) JOHNSON H.P.; MOLDENHAVER W.C. 1970.
POLLUTION BY SEDIMENT: SOURCE AND THE DETACHMENT AND TRANSPORT PROCESS. IN AGRICULTURAL PRACTICES AND WATER QUALITY.
CAP. I T.L. WILLRICH Y G.E. SMIT.
EDITORES, IOWA ST.
UNIV. PRESS, AMES I.A.
- 12) MACIEL G.R. 1980.
TOPOGRAFIA BASICA,
TOMO I Y II,
EDITORIAL UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.
- 13) MARTINEZ M.M.; TRUEBA C.A. 1974.
ESTIMAR ESCURRIMIENTOS MAXIMOS.
VII CONGRESO NACIONAL SOC. MEX. DE LA CIENCIA DEL SUELO.
GUANAJUATO, GTO.
- 14) MELA M.P. 1963, TRATADO DE EDAFOLOGIA,
EDICIONES AGROCIENCIA,
ZARAGOZA, ESPAÑA.
- 15) MEYER L.D. 1971, SOIL EROSION FROM UPLAND AREAS,
FROM: RIVER MECHANICS.
CAP. 27, H.W. WHEN EDIT. Y PUB. FT.
COLLINS, COLORADO.
- 16) MUSGRAVE G.W. 1947.
THE CUANTITATIVE EVALUATION OF FACTORS IN WATER EROSION A
FIRST APROXIMATION.
J. SOIL AND WATER CONSERV., VOL.2, P, 133 - 138.

- 17) OROPEZA M.J.L. 1981.
DISEÑO Y CALCULO DE LAS PRESAS DE GAVIONES.
MEMORIA DEL 5o. CURSO DE LA DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DEL SUELO Y AGUA. DEPARTAMENTO DE SOCIOLOGIA RURAL.
- 18) ORTIZ V.B.; ORTIZ S.C.A. 1980.
EDAFOLOGIA.
CAP. VII, XI.
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHAPINGO.
- 19) RUIZ F.J.F. 1976 - 1977.
EVALUACION DE CINCO TIPOS DE SECCIONES TRANSVERSALES DE TERRAZAS.
TESIS M.C. DEL C.P. CHAPINGO, MEX., "EN PREPARACION".
- 20) TERRAZAS G.J.L. 1977.
MANEJO DE SUELOS PARA REDUCIR EROSION Y AUMENTAR PRODUCTIVIDAD EN LOS SUELOS AGRICOLAS DE LA LADERA DE LA CUENCA DEL RIO TEXCOCO.
TESIS M.C. DEL C.P. CHAPINGO, MEX.
- 21) TOVAR S.J.L. 1980.
USO DEL AGUA BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL Y RIEGO,
CUADERNO DEL DEPARTAMENTO DE SUELOS EN LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHAPINGO.
- 22) TRUEBA C.A. 1976.
REINCORPORACION DE TERRENOS DEGRADADOS A LA PRODUCCION.
INEDITO, C.P. CHAPINGO, MEX.

23) TRUEBA C.A. 1981.

EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE CUATRO PRACTICAS MECANICAS -
PARA REDUCIR LAS PERDIDAS DE SUELO Y NUTRIMENTOS POR ERO --
SION HIDRICA EN TERRENOS AGRICOLAS DE TEMPORAL.

TESIS DE M.C. PUBLICADA POR LA D.G.C.S.A. Y LA S.A.R.H.

24. WISCHMEIER W.H.; SMITH D.D. 1965.

PREDICTING RAINFALL-EROSION LOSSES FROM CROPLAND EAST OF -
THE ROCKY MOUNTAINS.

AGRICULTURAL HANDBOOK NO. 282.

ARS. USDA, WASHINGTON, D.C.

25. WISCHMIER W.H. 1972.

UPSLOPE EROSION ANALYSIS - FROM: ENVIRONMENTAL IMPACT ON -
RIVERS.

CAP. 15, H.W. SHEN.

PUB. CSU. FT.

COLLINS, COLORADO.