

UNIVERSIDAD DE SONORA
ESCUELA DE AGRICULTURA Y GANADERIA

COSECHA DE AGUA EN AGRICULTURA DE TEMPORAL



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZ
Escuela de Agricultura
y Ganadería
BIBLIOTECA

DISERTACION

JUAN CARLOS NIEBLAS RODRIGUEZ

MARZO DE 1992.

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

COSECHA DE AGUA EN AGRICULTURA DE TEMPORAL

DISERTACION

**SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA
ESCUELA DE AGRICULTURA Y GANADERIA**

DE LA

UNIVERSIDAD DE SONORA

POR

JUAN CARLOS NIEBLAS RODRIGUEZ



EL SABER DE LOS HIJOS
HARA MI BUEN DEZAR
Escuela de Agricultura
y Ganadería
BIBLIOTECA

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO DE INGENIERO AGRONOMO CON ESPE-
CIALIDAD EN FITOTECNIA.**

MARZO DE 1992.

Esta disertación fué realizada bajo la dirección del Consejo Particular y aprobada y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de :



EL SABER
HARA MI B. 1179
Escuela de Agricultura
y Ganadería
BIBLIOTECA

INGENIERO AGRONOMO CON
ESPECIALIDAD EN : FITOTECNIA

CONSEJO PARTICULAR :

DIRECTOR :

M.C. FERNANDO CABRERA CARBAJAL

ASESOR :

ASESOR :

DEDICATORIA

A mis padres, para ellos mi eterno cariño y agradecimiento, por apoyarme en una carrera profesional.

A mis hermanos, como un sincero reconocimiento a esa callada, pero fuerte unión que siempre hemos mantenido.

A mis maestros, a todos, quienes me guiaron desde mis primeras letras hasta el final de mi carrera.

A mis amigos y compañeros de estudio, por los gratos momentos que hemos pasado juntos.

A la Universidad de Sonora, por permitirme forjarme en sus aulas.

A los hombres del campo, por su nobleza, su trabajo y esperanza en México.



EL 54
MAR 10 1949
Escuela de Agricultura
y Ganadería
BIBLIOTECA

C O N T E N I D O

INTRODUCCION.....	1
LITERATURA REVISADA.....	3
- PRACTICAS DE LABOREO (Labranza cero, labranza mínima, labranza de conservación y labranza tradicional).....	3
- APLICACION DE COBERTURAS ORGANICAS.....	8
- Labranza bajo coberturas.....	11
- INCORPORACION DE MATERIA ORGANICA.....	12
- DENSIDAD DE POBLACION Y ARREGLO ESPACIAL (Arreglos topológicos).....	15
- CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA <u>in situ</u>	19
- Microcuencas.....	19
- Modelo para el diseño de microcuencas.....	20
- TRASPLANTES.....	23
- Eficiencia de uso de agua en temporal de los trasplantes.....	26
- ANTITRANSPIRANTES.....	28

- TERRAZAS.....	31
- Terrazas de canales.....	33
- Terrazas de camellón.....	33
- Terrazas de banco o de escalones.....	33
- ARQUETIPOS.....	34
CONCLUSIONES.....	35
LITERATURA CITADA.....	38

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

La cosecha de agua es una práctica utilizada desde hace aproximadamente 4000 años para captar, conservar y optimizar el recurso agua en el suelo y tenerla a disposición de las plantas en el momento que la requiera. Esta técnica tiene aplicación donde se desarrolla agricultura bajo una precipitación escasa y errática durante el ciclo vegetativo, por lo que es necesario implementar algún método de captación de agua que se ajuste a las condiciones de una región determinada.

Bajo condiciones de temporal se pueden obtener buenos rendimientos con precipitaciones entre 500 y 800 mm distribuidos durante la estación de crecimiento. La precipitación máxima para obtener rendimientos costeables se puede considerar de unos 1000 mm, y la mínima es de 300 mm, aunque los rendimientos bajan rápidamente a medida que se acercan a esa cantidad.

Al seleccionar el cultivo a establecer se determinan las necesidades mínimas de agua que se requieren para su desarrollo, y así se podrá saber si es necesario adoptar algún método de cosecha de agua o si la lluvia de la región es suficiente en cantidad y distribución durante el ciclo

vegetativo para satisfacer la demanda hídrica de las plantas y el suelo, o uso consuntivo.

Para obtener buenos rendimientos bajo condiciones deficientes de humedad se pueden utilizar los diferentes métodos de captación y optimización de agua de lluvia, ya que a la vez que aumentan, la cantidad de agua disponible para las plantas pueden considerarse como una práctica de conservación de suelos al reducir los escurrimientos superficiales y propiciar el desarrollo de la cubierta vegetal, evitando con esto la erosión del suelo.

La revisión de éste tema trata de enfocar a una zona específica de temporal que es la región del Sur de Sonora, considerando para resultados principalmente los cultivos que han sido rentables por su adaptación al medio y tradicional explotación como maíz, frijol, sorgo, ajonjolí y cacahuate.

LITERATURA REVISADA

Prácticas de laboreo

Labranza

La labranza o preparación del terreno se refiere a las diferentes manipulaciones mecánicas que alteran las propiedades físicas del suelo, tales como aereación, densidad aparente, infiltración, conductividad hidráulica, evaporación y almacenamiento de humedad entre otros. Los sistemas de labranza tienen dos objetivos principales: Controlar las malezas y proporcionar y mantener el suelo en condiciones óptimas para la germinación de las semillas y desarrollo de los cultivos. Gavande (1976). (12)

Existen diferentes tipos de labranza, 1).- Labranza cero, 2).- Labranza mínima, 3).- Labranza de conservación y 4).- Labranza convencional. En base a innumerables experimentos se ha determinado que los métodos de labranza que ofrecen mejores condiciones de aprovechamiento de agua a la planta son la labranza cero, que consiste en realizar doble rastreo cruzado al inicio del temporal y sembrar en plano; labranza mínima, que requiere de aplicaciones de herbicidas para eliminar la maleza presente previa a la siembra e inmediatamente después realizar siembra con sembradora de doble disco; y la labranza de conservación que es la

práctica donde se incorporan al suelo todos los esquilmos que ha producido, labrando el suelo por debajo de la superficie sin invertir el perfil, tratando de conservar y acumular una cobertura orgánica, evitando también el exceso de mecanización del suelo. Algunas veces estas se combinan con otras técnicas de optimización de agua, como el distanciamiento entre hileras, aplicación de coberturas orgánicas y aplicación de materia orgánica, etc., éstas dos últimas mejoran las propiedades fisicoquímicas del suelo, ayudando esto a la conservación de humedad aprovechable, disminuyendo la compactación, la erosión, la temperatura y la inversión económica y aumentando el contenido de materia orgánica en el suelo, la velocidad de infiltración y manteniendo asimilable el fósforo aunque es necesario aplicar un poco más de nitrógeno para su rápida descomposición. (1, 12)

Todas éstas propiedades se han visto reflejadas en mayores rendimientos por hectárea o por planta en cultivos que han sido investigados como maíz, frijol, trigo, sorgo y garbanzo, sometidos a tratamiento bajo éstos métodos de labranza.

El sistema de preparación del terreno más usual es el denominado "sistema de labranza convencional" o "tradicional". Este sistema incluye un barbecho, uno o dos pasos de rastra y esporádicamente un subsuelo, en regiones donde la agricultura está mecanizada, estas actividades requieren

de grandes cantidades de energía en su mayor parte derivados del petróleo, en cambio en agricultura de temporal el sistema "convencional" también llamado de "chapeo" consiste en arar la tierra con tracción animal y simultáneamente sembrar al inicio del temporal o antes de que este principie.

Buckman y Brady (1977), mencionan que los sistemas de labranza tienen efectos favorables y desfavorables sobre las propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos, siendo el efecto a corto plazo generalmente favorable debido a que el suelo es mullido, pero a largo plazo se tiene efectos degenerativos. El efecto depende del tipo de suelo y condiciones climáticas, Hamblin y Tennat (1981), indican que la capa arable de los suelos es frecuentemente deformada por la labranza que juega un papel importante en el comportamiento del agua contenida en éste no solo en la zona perturbada sino a más profundidad.

Gavande (1976), señala que los suelos con textura media, gruesa y con humus, conservan una estructura favorable durante largos períodos y requieren de un mínimo de labranza, en contraste con los suelos pesados que se vuelven compactos y masivos afectando la aereación y drenaje, este tipo de suelo requiere generalmente de labranza más frecuente y más elaborada. También los tipos de implementos y la intensidad con que se usen, así como el contenido de humedad del suelo al momento de laboreo son factores que

influyen en los efectos de labranza. (4, 12)

Larson (1976) y otros señalan que la labranza excesiva es responsable de un mayor deterioro en la estructura del suelo, esto se manifiesta teniendo agregados menos estables; una mayor erosión debido a las bajas velocidades de infiltración y altos escurrimientos; una mayor compactación por la acción de gotas de lluvia al chocar con el suelo y por el paso de maquinaria e implementos agrícolas; mayores pérdidas de humedad en el suelo debido a la alta evaporación causando además deterioro en otras características y propiedades físicas del suelo, así como también aumenta la inversión económica. (1, 12)

En la actualidad el alto costo de los implementos y maquinaria agrícola, así como la maquila, la excesiva erosión de algunos suelos, la baja humedad disponible la crisis energética y otras limitaciones del recurso suelo han renovado el interés en la labranza y han dado la pauta para la investigación, con el objeto de reducir las prácticas de labranza hasta llegar a un sistema de preparación óptima del suelo en la cual se tengan los mínimos gastos de producción con los máximos rendimientos. (12)

Gavande (1976), cita que el sistema de labranza para mejorar las condiciones físicas del suelo es diferente al que se necesita para conservar dichas condiciones.

Las investigaciones realizadas en México sobre sistemas

de labranza son limitadas, casi generalmente un ciclo, tiempo en el cual no es posible obtener resultados confiables.

Phillips y colaboradores (1980), señalan que la erosión del suelo aumenta al incrementar la intensidad de labranza, Lal (1976), después de una lluvia de 42 mm tuvieron pérdidas de suelo de 7.3 ton/ha en lotes con 10-15% de pendiente y con la labranza convencional, contra 0.001 ton/ha para lotes con no labranza en las mismas condiciones.

Manning y colaboradores (1966), al comparar la no labranza con labranza convencional aplicando lluvia simulada en sentido de la pendiente reportan que la no labranza disminuyó la erosión de un 44% a un 34% y a 27% para el 1º, 3º y 5º año de observación del experimento. (12)

El sistema de no labranza requiere de aumentos del 50% aproximadamente en el uso de pesticidas. Blevins et al (1974), mencionan una disminución en la evaporación gran habilidad para almacenarse humedad en terrenos con labranza cero, lo que produce grandes reservas de humedad para el cultivo y concluyen que: a).- El uso más eficiente del agua del suelo en el método de labranza cero reflejó altos rendimientos de maíz, b).- Se apoya la efectividad de los sistemas de labranza cero para la producción de maíz en suelos con buenos a moderadamente buen drenaje.

Dalen y Shaw (1965), (citados por Blevins, 1973). Describe "Día Stress" como un día cualquiera en que la humedad del suelo es inadecuada para satisfacer la evapotranspiración demandada por la atmósfera, presentando un menor turgor en la célula de la planta, ocurre entre 12 y 15 hs, los rendimientos disminuyen cuando los días stress aumentan, para suelos de labranzas cero estos días stress se presentan en menor número comparado con labranza convencional donde el número de días stress puede ser mayor y por consiguiente obtener más bajos rendimientos. (1)

Aplicación de coberturas orgánicas

Las coberturas se han utilizado con el objeto de provocar efectos físicos, biológicos y químicos, pero más comunmente para mejorar las condiciones físicas del suelo (Antenaza, et al., 1979). (10)

Jacks et al citados por la FAO en (1976), señalan que la cobertura conserva la humedad, mejora la tasa de infiltración, disminuye la temperatura, controla las pérdidas por escorrentía y erosión, reduce el crecimiento de malezas y la competencia de estas contra el cultivo y mejora la estructura del suelo. (10, 8)

La FAO (1972), citada por Baver et al (1980) y Rocha en (1988), concuerdan al establecer que los residuos vegetales sobre la superficie del suelo impiden en cierto grado la evaporación del agua del mismo en las zonas donde

las lluvias son estacionales y se producen tormentas con rápida sucesión. Al cubrir la superficie contra la acción de los rayos del sol y del viento directamente, por lo tanto, la evaporación disminuye durante breves períodos de tiempo después de la lluvia, sin embargo si las precipitaciones son menos continuas, sobre todo de baja intensidad, no se produce una reducción apreciable en la evaporación. (10, 1)

Rocha (1988), al evaluar el efecto de diferentes materiales orgánicos sobre el régimen térmico y disponibilidad de agua del suelo en capas de 0-10 cm y 20-30 cm, concluye que cualquier tipo de cobertura utilizada fué más eficiente para restringir el fenómeno evaporativo y conservar por mayor tiempo la humedad del suelo con respecto al testigo; así como también para reducir el rango de variación de la temperatura del suelo. También concluye que fué suficiente utilizar 0.5 kg/m² como cobertura, ya que tanto para humedad como para temperatura el comportamiento entre niveles (0.5 y 1.0 Kg m²) fué similar para cada uno de los materiales. En cuanto al tipo de material, la paja de cebada fué mejor, siguiendo en orden la paja de frijol, tanto para conservar la humedad como para disminuir la temperatura del suelo.

Carranza (1973), desarrolló un experimento en Chapingo, Méx., con la finalidad de evaluar el efecto de tres materiales de cobertura. (polietileno, asfaleno y rastrojo) en la conservación de agua para maíz, girasol y

asociación maíz-girasol. Los resultados mostraron que la conservación de humedad fué mayor con el polietileno, seguido en orden por asfaleno y rastrojo, esto produjo diferencias en el rendimiento ya que el testigo sufrió deficiencias de humedad en la etapa de floración.

Antezana et al (1979), bajo condiciones de temporal en Chapingo, Mex., desarrollaron un experimento evaluando fechas de siembra, distancia entre hileras (con microcuencas de captación) y rastrojos de maíz como cobertura. Los resultados mostraron que la distancia de 110 cm entre hileras fué la óptima económica. Las cantidades de rastrojos de maíz aplicadas como cobertura ejercieron un efecto positivo en la conservación de humedad aprovechable en el suelo y aumentaron significativamente el rendimiento de grano de maíz. El rendimiento más alto, 4,083 ton/ha, se obtuvo en la siembra del 25 de mayo con 80 cm de distancia entre hileras y un kg de rastrojo como cobertura por m².
(10)

Moody y colaboradores (1963), probando durante tres años el efecto de las coberturas y dosis de Nitrógeno en el cultivo de maíz, reporta que los tratamientos con cobertura conservaron más humedad que los suelos desnudos. Resultados similares obtuvieron Wilson y colaboradores (1982), con coberturas de pastos, leguminosas y un suelo barbechado en descanso.

Labranza bajo coberturas

En numerosas investigaciones se ha demostrado que las coberturas, ya sea coberturas de residuo de cosecha o coberturas vegetales, tiene gran influencia en factores como la temperatura del suelo, reducción de pérdidas por erosión, ayuda a la formación de agregados estables y el más importante aumenta el contenido de materia orgánica del suelo.

Moody y colaboradores (1963), señala que bajo cobertura de paja se conservó más humedad, se tuvo una temperatura menor además de que afectó el contenido de nitrógeno y potasio en la planta.

Kemper y Derpsch (1981), señalan que con el uso de coberturas de residuo de cosecha se logró un control eficiente de la erosión. Así también Coca (1982), reporta que con aplicaciones de estiércol y paja mejoraron la capacidad de retención de humedad e indujeron a mejorar la estructura de los sistemas de labranza convencional, mínima y modificada.

Wilson y colaboradores (1982) y Dexter (1982), estudiando el efecto de las coberturas vegetales de pastos y leguminosas reportan que las cubiertas vegetales aumentaron el contenido de materia orgánica, el nitrógeno total, la retención de agua, las propiedades de transmisión y disminuyó la densidad aparente en la capa de 0-10 cm.

Fredickson y colaboradores (1982), consideran que al sembrar sobre residuos de cosechas estos requieren de aplicaciones extras de fertilizantes nitrogenados para una más rápida descomposición.

Phillips y colaboradores (1980), señalan que en forma general la erosión hídrica y eólica del suelo aumenta al incrementarse la intensidad de labranza y disminuye conforme aumentan las cantidades de residuos de cosecha y cobertura aérea. (12)

Incorporación de materia orgánica

La práctica de incorporación de materia orgánica mantiene una estrecha relación con el tema de aplicación de coberturas orgánicas descrito anteriormente, la relación estriba en que mediante la utilización de materiales orgánicos se está optimizando la humedad del suelo en diferente forma en cada caso; en el uso de coberturas orgánicas estas quedan en la superficie del suelo a diferencia de la incorporación de materia orgánica que se aplica sobre el suelo para luego incorporarla en el horizonte a una profundidad de 20-30 cm con el paso de maquinaria agrícola.

Los materiales orgánicos que se incorporan al suelo pueden ser entre otros estiércol, rastrojos, compostas, excrementos humanos, abonos verdes y desperdicios domésticos e industriales. (8)

Los productos de la descomposición de la materia

orgánica pueden afectar a los microorganismos saprófitos y fitopatógenos así como algunas especies de plantas. La descomposición de materiales orgánicos depende de la relación carbono-nitrógeno, de la humedad presente en el suelo y de algunos tipos de otros materiales añadidos así como de algunas variables del medio ambiente.

La cantidad de oxígeno en el medio donde se aplica la materia orgánica, determina los tipos y concentraciones de nutrientes liberados, la descomposición anaeróbica se traduce sobre todo en la producción de humus, ácidos orgánicos, gases y minerales, mientras que la descomposición aeróbica que es más completa produce bióxido de carbono, agua, minerales y menos humus. (Alexander, 1961; Russell, 1973; Tusnnem y Patrick, 1971).

Las materias orgánicas aplicadas tienen que traducirse en rendimientos tan buenos ó mejores como los de los fertilizantes químicos. (9)

La materia orgánica en sus diversas formas juega un papel muy importante en la formación de agregados, liberación de nutrientes en el almacenamiento de humedad del suelo.

León (1973), menciona que en suelos donde se ha incorporado materia orgánica se observa que el fertilizante químico tiene efectos positivos en el rendimiento, disminuye la susceptibilidad de las plantas a enfermedades parasita-

rias, disminuye el efecto de sequía sobre las plantas, hay estabilidad en el rendimiento y menor dependencia del rendimiento sobre factores incontrolables del medio ambiente.

Entre los numerosos efectos benéficos atribuidos a la aplicación de materiales orgánicos pueden citarse los siguientes:

1) Activación de procesos microbiales, 2) Formación de agregados, 3) Mayor aereación, 4) Mayor capacidad de retención de agua, 5) Buena regulación de la temperatura edáfica, 6) Suministro de productos de descomposición de la materia orgánica que favorecen los cultivos, 7) Favorece el desarrollo del sistema radicular, 8) Disminuye el flujo superficial del agua e indirectamente evita la erosión.

El uso de abonos verdes como un medio de restaurar la fertilidad del suelo es de considerable importancia y puede incluir la incorporación de plantas leguminosas ó no leguminosas (muchos tipos de pastos) con la diferencia de que aplicando leguminosas se incorpora al suelo materia orgánica y cantidades considerables de nitrógeno, mientras que las especies que no son leguminosas agregan principalmente material orgánico.

Algunas especies leguminosas que se utilizan para incorporarse como abonos verdes son Alfalfa, Medicago Sativa L., distintas especies de crotalaria, Crotalaria spp. L., Sesbania, Sesbania spp., tréboles dulces, Melilotus indica

All., trébol Berseem, Trifolium alexandrinum y Veza, Vicia spp.

Densidad de población y arreglo espacial

Algunos autores, entre ellos Aguado (1969), Acosta (1971), CIAMEC (1975) y Leyva (1976), citados por Martínez (1985), concuerdan en señalar que la densidad de población debe incrementarse a medida que las condiciones de temporal son más benéficas en cuanto a la cantidad de lluvia y distribución en el ciclo de maíz. (10)

La determinación de la densidad de población óptima no debe ser definida solo en términos del número de plantas por unidad de área, sino también en términos del arreglo de plantas en el área; ya que pueden existir diferentes arreglos para un mismo número de plantas en el campo, lo cual afecta directamente la disponibilidad de agua, nutrientes y energía solar para la planta (Willey y Health, 1969; Pendlelton, 1966).

Al generarse la captación in situ del agua de lluvia surge la interrogante sobre que densidad de población y arreglo espacial utilizar, debido a que los modelos para el diseño de microcuencas consideran la demanda de agua del cultivo por superficie y no por planta. (10,8)

Tovar (1979), en un trabajo realizada durante 1974, 1975 y 1976, en Chapingo, al evaluar densidades de población de maíz manejados a través de la distancia entre surcos

modificados (microcuencas) y la separación entre plantas, observó que a mayor distancia entre hileras el rendimiento por hectárea disminuye debido al efecto de la densidad de población, en tanto la variable distancia entre matas está más íntimamente relacionada con la distribución de la lluvia, principalmente en las etapas críticas del ciclo vegetativo; cuando la cantidad de lluvia es alta, el mayor rendimiento de grano y forraje verde se obtiene con la mínima distancia y viceversa.

Fairbourn *et al* (1970), en el NE de los grandes planos de Estados Unidos, comparó el efecto de las microcuencas de captación de lluvia y los surcos tradicionales de maíz; obtuvo por resultado que al aumentar la separación entre hileras disminuye la densidad de plantas por hectárea, aumentando ligeramente la producción de grano por planta pero disminuyendo la producción de materia seca por hectárea.

Martínez (1985), en Sandoval, Aguascalientes, evaluó diferentes tamaños de superficie por planta de maíz (0.1748, 0.2052, 0.2432, 0.2736, 0.3040 y 0.3420 M²). En cuatro tamaños de microcuencas (0.76, 1.14, 1.52, 1.90 M). Encontró que para el sistema de microcuencas, el rendimiento de grano por planta y por hectárea se incrementó a medida que se aumentó de microcuenca así como a igual superficie por planta, pero mayor tamaño de microcuenca. La combinación óptima económica para la producción de grano

en el año de estudio (374 mm de lluvia), fué 1.90 M para tamaño de microcuencia y 0.342 M para superficie por planta (29240 plantas por hectárea). (10)

Estos trabajos muestran los dos criterios que se han utilizado para determinar la densidad de población óptima, la utilización de una misma densidad por superficie total ó por superficie sembrada y una misma superficie por planta, pero la interacción con el tamaño de microcuencia ha dificultado obtener una conclusión definitiva. Un tercer criterio que no se ha evaluado es el de un mismo volumen de agua por planta el cual no habiendo restricciones de competencia entre plantas por otros factores diferentes al agua, sería buena opción ya que con solo conocer la demanda de agua por planta para la región de estudio, sería posible establecer el arreglo espacial y consecuentemente la densidad de población para el tamaño de microcuencia estimado como óptimo.

La densidad de población y arreglo espacial estan condicionadas por la disponibilidad de agua en el área de siembra.

Cuando la densidad de siembra es baja (mayor volumen de agua por planta), presenta una mayor evaporación de agua del suelo, con respecto a los de mayor densidad (menor volumen de agua por planta) sucediendo lo contrario con la transpiración en la planta.

La temperatura del suelo se presenta de tal forma que con un mayor espaciamiento entre plantas se incrementa significativamente al existir mayor radiación sobre éste.

Proporcionar un limitado volumen de agua por planta, en surcos normales disminuye la eficiencia de absorción de agua por el sistema radical, disminuyéndose los rendimientos de grano por planta y consecuentemente el rendimiento por hectárea, en tanto que al aumentar el volumen de agua por planta la eficiencia de absorción aumenta, incrementándose el rendimiento; pero más allá de un cierto volumen de agua por planta se inicia la competencia entre plantas por factores distintos al del agua, reduciéndose así el rendimiento. (10)

Osorio (1989) observó que en todas las etapas fenológicas del maíz, la temperatura del suelo descendió significativamente al disminuir el volumen de agua por planta, lo cual aparentemente es contradictorio, pues normalmente la temperatura sería menor con un mayor volumen de agua en el suelo, sirviendo esta como amortiguador del calor. Cuando se tiene mayor densidad de población, a la par se tiene también, un mayor cubrimiento de la superficie que permite que los rayos del sol no incidan en ella aumentando la temperatura y la evaporación del suelo, así mismo, permitiendo también la optimización del recurso agua. (10)

Captación de agua de lluvia in situ

Microcuencas

Tovar (1975), plantea que en determinadas regiones agrícolas el uso consuntivo puede ser: menor que la precipitación total ($UC < P$), que este pueda ser cubierto por la cantidad total de lluvia ($UC = P$) o que el uso consuntivo pueda ser mayor que la precipitación ($UC > P$); este último es el caso más común en México y para reducir este problema se puede optar por las siguientes alternativas:

- a) Cambiar a otro cultivo de menor requerimiento de agua.
- b) Establecer si es posible una agricultura mixta con riego suplementario.
- c) Usar métodos de captación, como las microcuencas, para lo cual se dedica un porcentaje del terreno para captación de lluvia y así concentrar un mayor volumen de agua en el área de siembra.

Cuando ($UC < P$) y ($UC = P$) la única condición para no seleccionar ninguna de las alternativas mencionadas es que la distribución de las lluvias sea adecuada durante su ocurrencia a lo largo del ciclo vegetativo.

La necesidad del uso de las microcuencas en determinada región se conoce mediante un previo diagnóstico consistente en: a) Determinar el requerimiento de agua a nivel planta, b) Determinar las aportaciones de lluvia,

c) Determinar las pérdidas por evaporación, infiltración y capacidad de almacenamiento de humedad del suelo, d) Realizar un balance hídrico.

Modelo para el diseño de microcuencas

Cuando el uso consuntivo es mayor que la precipitación ($UC > P$), es conveniente utilizar las técnicas de captación in situ por lo que se hace necesario calcular el tamaño del área aledaña que se dedicará para captar y conducir la cantidad de agua de lluvia faltante en el área de siembra. (10)

Con evidencia experimental y datos metereológicos Anaya, et al (1976), proponen una fórmula para calcular el tamaño de las microcuencas.

$$Ac = Ar + \frac{(Uc - P) Ar}{P Ce}$$

Donde:

Ac = Area de la microcuenca

Ar = Area de raíces o de siembra

Ce = Coeficiente de escurrimiento

Uc = Uso consuntivo del cultivo

P = Precipitación pluvial con 50% de probabilidad

El área de la microcuenca calculada es la distancia entre surcos para cultivos en hilera, ancho de bordos para cultivos de cobertura y en frutales la superficie por planta.

Anaya (1975), el área de escurrimiento es más eficiente si el suelo está compactado, si se utilizan materiales plásticos, selladores superficiales como asfalto, cera, parafinas, sal común, etc., (se hará alguna de estas prácticas solamente si es económica). El área de escurrimiento no debe almacenar agua, y debe ser una superficie libre de vegetación. (10, 5)

Después de calcular el tamaño de la microcuenca esta se construye y será ahí donde se captará un volumen de agua adicional al área de siembra através del escurrimiento inducido en el área aledaña (De Angelis, citado por Evernari et al., 1971 Anaya, 1981). La importancia de las microcuencas es primordial para las zonas temporaleras donde las lluvias durante el ciclo de cultivo no satisfacen los requerimientos mínimos de agua para obtener cosechas aceptables (Tovar, 1975; Anaya, 1977; Hillel, 1980; Martínez, 1985). (10, 8)

Las conclusiones de trabajos realizados con diferentes relaciones de áreas de siembra y áreas de escurrimiento bajo diversas condiciones ambientales y de manejo manifiestan que al aumentar el tamaño del área de escurrimiento, aumenta también el contenido de humedad en el área de siembra, elevándose así los rendimientos en esta área. (10, 5)

Cuando la evaluación se ha realizado en zonas de temporal deficiente o en años de mal temporal, los rendimientos por superficie total se han incrementado con un

determinado tamaño de microcuenca (Lewis, 1969, citado por Sánchez 1986). Sin embargo cuando el temporal ha sido favorable los rendimientos por superficie total han disminuido proporcionalmente al aumentar el tamaño de la microcuenca. (Carranza, 1973, Campos, 1982; Nuñez 1982). Por lo tanto incrementar el área de escurrimiento es bueno en años poco lluviosos, pero es ineficiente hacerlo en años lluviosos. (10)

En trabajos realizados en maíz, con algunos tipos conocidos de obras de captación de agua de lluvia in situ o microcuencas, como cuadro surcado, bacheo, microrepresa y microcuenca tradicional, muestran a continuación el comportamiento en rendimiento de forraje verde y seco en kg/ha, así como la altura máxima en cm al momento de la cosecha y finalmente el volumen captado en metro cúbicos/ha.

Tipo de obra	F.V. kg/ha	F.S. kg/ha	Altura m	Vol. Cap. m ³ /ha
Microrepresa	8.065	1.794	0.96	1.460
Bacheo	7.433	1.744	0.73	1.292
Microcuenca	6.921	1.518	0.57	1.124
Cuadreo	.968	.373	0.47	.642

* Promedio de 3 repeticiones

En las obras donde se excavó (bacheo y microrepresa)

almacenaron y retuvieron más humedad que las otras dos; la obra más eficiente para captar agua fué la microrepresa. (2)

Trasplantes

El trasplante es la remoción de una planta desarrollada en un almácigo, para replantarla y que continúe su crecimiento hasta la madurez. Durante el proceso, la planta se lleva a un nuevo ambiente en el cual la luz, temperatura, demanda evaporativa, humedad del suelo y disponibilidad de nutrientes pueden ser completamente diferentes.

Esta técnica es ampliamente utilizada para muchos cultivos hortícolas, frutales, floricultura y forestales. Para el caso de gramíneas es común el uso de trasplante en arroz, considerado como una de las gramíneas claves del mundo, pues de él se alimentan más del 50% de la población mundial.

En los cultivos de maíz, frijol, tomate y garbanzo, se tienen experiencias con trasplante bajo condiciones de temporal encontrándose resultados positivos en lo que respecta a rendimiento del grano, rastrojo, eficiencia de uso de agua, sobrevivencia del cultivo y brevedad a la madurez.

Esta práctica se plantea como una estrategia en las zonas temporaleras con el fin de obtener cosechas más tempranas, y nace de la observación y análisis de como se

siembra, maíz y frijol de temporal, que generalmente se hace en forma directa y después de las primeras precipitaciones; pudiendo presentarse problemas con el retraso de las lluvias, aborción de polen por incremento de temperaturas, fotoperíodo y poca precipitación durante el temporal, que podrían retrasar la siembra y obtener bajos rendimientos. Así pues, establecido el temporal, en lugar de sembrar directamente semillas, se colocan plántulas que van a aprovechar el agua para crecer y producir, no para germinar; el agua que utiliza una semilla de maíz H-428 para germinar, es entre 250-300 mg y una de frijol "cacahuete" oscila de 400-600 mg; esto indica que muy poca agua es utilizada para el proceso fisiológico de germinación. De aquí podemos deducir que un alto porcentaje de agua de lluvia se pierde por escorrentías, infiltración, evaporación, y solo un porcentaje muy bajo se utiliza para el proceso de germinación, de la misma forma reduciríamos los problemas señalados anteriormente (Larqué-Saavedra, 1981).

Javalera (1982), con el cultivo de frijol variedad Michocán 12-A-3 encontró que trasplantado a los 25 días de la siembra no disminuye su potencial de producción en ninguno de los métodos de almácigo utilizados; rústico, en bolsas y en charolas de poliestireno, concluyendo que con el trasplante se aprovechan mejor las condiciones de precipitación, irradiación solar y temperaturas.

En otro estudio con el cultivo de frijol, var.

Cacahuete 72, se probaron los tratamientos de siembra directa, trasplante con cepellón y trasplante a raíz desnuda; los resultados indicaron que el mejor tratamiento fué el de trasplante con cepellón, siendo superior en establecimiento del cultivo, producción de grano y eficiencia de uso del agua (Miranda 1984).

En un estudio del cultivo de garbanzo bajo riego, comparando trasplante y testigo de siembra directa indicaron los resultados que siembra directa superó a trasplante en: tasa relativa de crecimiento del vástago, altura de la planta, área foliar, profundidad radical, número de ramas fructíferas, vainas por planta y rendimiento de biomasa; sin embargo el trasplante superó a la siembra directa en sobrevivencia, tamaño de grano, índice de cosecha, menor permanencia en el terreno y eficiencia en el uso de agua. No hubo diferencia significativa en rendimiento de grano (Durón, 1986).

A continuación se mencionan algunas desventajas del trasplante. Casi todos los vegetales pueden ser trasplantados en una etapa de desarrollo temprana (Loomis, 1925 y Dullforce, 1954), la severidad del trasplante se incrementa con la edad, especialmente para plantas pobremente adaptadas.

La demanda evaporativa está fuertemente influenciada por la cantidad del sistema radical funcional para mantener la turgencia en la planta a cualquier nivel de humedad, las

plantas sufren menos condiciones de stress cuando los suelos tienen un potencial hídrico alto y pueden mantener su turgencia con solamente un cuarto de sus sistema radical original; por otro lado al haber alta demanda evaporativa se necesita de tres cuartas partes del sistema radical para mantener la turgencia al mismo potencial del agua del suelo (Downey y Mitchell, 1971).

La pérdida de turgencia por la falta de humedad en el suelo y en la atmósfera afectará directamente el desarrollo y procesos fisiológicos. El crecimiento parará, o será lento durante este período. El retorno a un balance de agua funcional y subsecuente reestablecimiento tendrá lugar solamente si ocurre absorción de agua, ya sea por las raíces que tenía la planta o por nuevas raíces formadas (Mc Kee, 1981).

Eficiencia de uso de agua en temporal de los trasplantes

La eficiencia de uso de agua en temporal, es factor determinante en la explotación comercial de los cultivos, para obtener los máximos beneficios ya que tanto bajo condiciones de riego como de temporal, el agua es el principal factor limitante, ya sea para sembrar mayores superficies en el primer caso o alcanzar rendimientos aceptables en el segundo.

Uno de los parámetros más importantes es la eficiencia de uso de agua de temporal en la formación de grano,

calculada como kg de grano producido por mm de agua precipitada. En este trabajo los tratamientos establecidos mediante trasplante superaron en un 32.8% la eficiencia mostrada por los sembrados en forma directa. El trasplante hace un uso más eficiente del agua de temporal al producir 6.56 kg de semilla de frijol por cada mm precipitado, mientras que la siembra directa solo produjo 4.94 kg.

Los tratamientos de trasplante superaron también a los sembrados en forma directa en la acumulación de nitrógeno en follaje, aún que hay que tomar en cuenta que trasplante tenía menor área foliar que siembra directa, siendo más factible acumular más nitrógeno en menor cantidad de follaje.

La siembra directa forma una planta potencialmente capaz de dar un mejor rendimiento que trasplante al superarlo en área foliar, peso seco de hojas, tallos y raíces al momento de la floración, pero se ve limitada por falta de precipitación en la época de llenado de grano.

El trasplante es una medida de mayor seguridad para obtener rendimientos aceptables bajo condiciones de temporal, sobre todo cuando se siembra directamente y la suspensión de las precipitaciones coincide con la etapa de llenado de grano, comportándose trasplante de frijol mejor en número de vainas buenas/planta, mayor peso de 1000 granos, peso de semillas/planta y presenta mayor número de vainas vanas/planta. (13)

Bellah et al (1992), con el objeto de obtener producción temprana de sandía, efectuaron trasplantes con plantas iniciadas en macetas de musgo; encontraron que los trasplantes crecieron más rápidamente que las siembras directas usadas como testigo.

Alden M. R. (1971), en maíz combinó la práctica de cubrir el suelo con plástico y el trasplante; encontró que ésta combinación adelanta la cosecha por dos semanas con respecto al maíz sembrado en suelo descubierto. (7)

Antitranspirantes

Los antitranspirantes son productos que se aplican al follaje para disminuir la transpiración; se utilizan para disminuir la exigencia del agua y para mejorar la hidratación del cuerpo de la planta. Existen tres clases de antitranspirantes: 1) Con acción física de impedancia que forman una película sobre la hoja que estorba el movimiento de las moléculas de agua al salir, como ceras alcoholes de alto peso, plásticos, etc. 2) Con acción física reflejante que reducen la temperatura de la hoja y por lo tanto, la transpiración, como la Kaolinita, 3) Con acción fisiológica, inductores del cierre de estomas de manera parcial (Davenport y Hagan 1970).

La resistencia de las plantas a la sequía implica la habilidad de utilizar el agua con gran economía (pocos estomas, favorable relación tallo/raíz, escaso follaje,

etc.), o bién la habilidad de adapatar su metabolismo de modo que la deficiencia no cause daño serio o permanente (capacidad de las células de funcionar en déficit hídrico, de entrar en letargo a falta de agua y de recuperación al hidratarse, etc.).

La transpiración de la planta está relacionada con el índice de área foliar, tamaño y número de estomas y disposición de los mismos sobre el haz y/o envés, inclinación de las hojas y capacidad fisiológica de las células guarda para regular la apertura del estoma.

Bajo condiciones de sequía la apertura de los estomas puede ser reducida, disminuyendo la transpiración para conservar la turgencia celular y durante el crecimiento la distribución de estomas sobre la superficie foliar puede ser modificada para evadir el déficit transpirativo y permitir la adaptación de la planta a condiciones limitantes de humedad. (2)

La planta debe balancear el agua perdida por transpiración con la que toma del suelo. El valor de la transpiración depende de la luminosidad, temperatura humedad relativa y viento principalmente, y es muy variable, pero en general la planta retiene entre el 1 y 2% del agua para hidratar las células y sintetizar glucosa y el 98 a 99% del agua simplemente la mueve del suelo a la atmósfera.

A causa de lo que se planteó anteriormente y de que

las causas más fuertes de pérdidas agrícolas es la sequía se han elaborado innumerables trabajos tratando de disminuir la transpiración y por tanto la exigencia de agua, o bien de actuar sobre el metabolismo para que la planta sufra menos por la deficiencia de agua.

La aplicación de antitranspirantes presenta problemas diversos 1) Puede interferir en la entrada de CO_2 y disminuir la tasa de fotosíntesis, pero el aumento causado por la mejor hidratación compensa de sobra este efecto. 2) Al disminuir el flujo de agua disminuye el flujo de minerales a las hojas y se entorpece también su absorción. 3) Al disminuir la presión del agua sobre las paredes celulares se reduce el crecimiento. 4) Al disminuir la transpiración no hay disipación del calor y la temperatura de la hoja se eleva, es posible que en regiones muy cálidas este efecto sea importante.

Se han evaluado inhibidores naturales como el ácido acetilsalicílico con resultados prometedores sobre el cierre estomático (De León y Larqué-Saavedra, 1979; Larqué-Saavedra 1978).

Los productos más usados para regular la fisiología de la planta en sequía son el Daminozide y el Cloromequat; su acción fisiológica no está bien determinada.

Si bien la reducción de altura y área foliar podría explicar la reducción en transpiración, el cloromequat tiene

un efecto fisiológico relacionado con el genotipo. Se ha comprobado que no obstante que este producto reprime el crecimiento de hojas y tallos en plantas de maíz (Zea mayz) y sorgo (sorghum vulgare) resistentes y susceptibles a sequía, solamente disminuye la transpiración en las plantas susceptibles y no en las resistentes (Rojas Garcidueñas y Gámez 1987; Cáceres y Rojas Garcidueñas 1980).

En pruebas efectuadas en la Universidad de Nuevo León el cloromequat 800 ppm solo o adicionado con cloruro de calcio 0.025 m determinó en maíz mayor eficiencia en el uso del agua, y aunque las plantas presentaban menor área foliar que los testigos, su altura era mayor (H. González 1983).

Se han efectuado pruebas con inhibidores naturales con cierto éxito. Cortés (1982), experimentó con ácido salicílico 10-2 m en naranjo agrio (Citrus auriantus) encontrando que determina entrenudos más cortos, reduce área foliar y por tanto el número de estomas; y el grosor del tallo; estos efectos pueden repercutir en la tasa de transpiración. (6)

Terrazas

Las terrazas es uno de los medios artificiales más antiguos para detener la erosión y aumentar el contenido de humedad en el suelo, utilizado por muchas centurias en países donde la población era muy densa y las condiciones económicas hacían necesario el cultivo de las regiones

montañosas.

La construcción de las terrazas consiste en una serie de bordos o terrazas transversales a la pendiente del terreno, ubicando la primera suficientemente cerca de la división de aguas, como para interceptar todo el escurrimiento de las aguas superiores antes que adquieran excesivo poder erosivo o volumen superior a la capacidad del canal de la terraza. Las subsiguientes se colocarán en forma similar. El área de la pendiente y el volumen medio y velocidad de las corrientes, son los factores esenciales a considerar en el diseño sistema de terrazas.

El sistema consiste básicamente en interceptar sistemáticamente el escurrimiento de los terrenos inclinados y retenerlo mediante bordos, canales o camellones, para restarle velocidad e inducir al agua a que se almacene infiltrándose en el suelo, y al mismo tiempo evitar el fenómeno erosivo esta práctica se debe llevar a cabo bajo la responsabilidad de una persona conocedora ya que si se construyen terrazas mal trazadas con frecuencia se acelera la erosión en vez de retardarla.

Desde el punto de vista funcional, las terrazas se dividen en dos clases: 1) Terrazas de drenaje y 2) Terrazas de absorción; y desde el punto de vista de su construcción se clasifican las terrazas en 1) Terrazas de canales 2) Terrazas de camellón y 3) Terrazas de escalones.

Las terrazas de canales

Actúan como sistema de drenaje para conducir el exceso de las aguas pluviales a velocidades no erosivas, es apropiada para campos relativamente impermeables, donde llueve con bastante regularidad durante la época del cultivo.

Las terrazas de camellón

Son llamadas también terrazas de absorción y retienen la erosión mediante la retención de agua en una mayor superficie este tipo de obras son convenientes para regiones donde la lluvia es escasa y para terrenos que absorben rápidamente las aguas acumuladas, antes que perjudiquen los cultivos; las aguas que se acumulan en las terrazas son necesarias para incrementar rendimientos en la temporada de sequía es este tipo de terraza la más viable de implementarse en esta región.

Las terrazas de banco o de escalones

Consisten en una serie de fajas llanas o casi llanas construidas através de la pendiente en terrenos escarpados, los taludes son casi verticales, sostenidos por medio de rocas o de vegetación muy tupida como, cobertura de grama, este tipo de terraza no solo evita la erosión sino que facilita la labranza en terrenos inclinados. (14)

Arquetipos

Es una técnica encaminada a la liberación de variedades con características que favorezcan la menor superficie foliar expuesta a los rayos del sol, con la finalidad primordial de reducir el consumo de agua por planta, esto se logra mediante mejoramiento genético de variedades que tienen estructura arbolada, en maíz por ejemplo las variedades que tienen sus hojas en forma erecta hacia arriba evitan que el sol incida sobre ellas provocando mayor transpiración y por consiguiente mayor pérdida de agua, como es el caso de la variedad de maíz H-430.

C O N C L U S I O N E S

En general las prácticas de labranza como técnicas para almacenar agua en el suelo son efectivas cuando se realizan previa al inicio del ciclo de lluvias, efecto que es más observable en suelos de tipo arcilloso dado que incrementa eventualmente la permeabilidad del espesor alterado en el perfil. En lo posterior este efecto ya no es apreciable y es donde es factible utilizar los tipos de labranza mínima.

En general la erosión hídrica y eólica del suelo aumentan al incrementarse la intensidad de labranza y disminuye conforme aumentan las cantidades de residuos de cosecha y cobertura orgánica.

Las coberturas orgánicas sobre la superficie del suelo son efectivas para reducir la evaporación del agua contenida en el mismo, de manera que permite mantener mayor cantidad de esta disponible para la planta, lo que reduce la posibilidad de días stress através del ciclo de cultivo.

La combinación de la aplicación de materia orgánica, arreglos topológicos, microcuencas, prácticas de laboreo y coberturas orgánicas, permite la interacción positiva de estas prácticas al incrementar favorablemente algunas

propiedades del suelo relacionadas con la mejora de la estructura, capacidad de retención de humedad, infiltración y reducción de las pérdidas por evaporación y consumo propio del cultivo.

Através de la captación del agua de lluvia en microcuencas se pueden incrementar los rendimientos puesto que la planta tiene disponible el agua que cae en el área de siembra, más la que cae en el área de escurrimiento calculada mediante la fórmula, permitiendo esto que el cultivo tenga la humedad necesaria para su desarrollo.

Las prácticas de trasplante son muy utilizadas en horticultura, floricultura, fruticultura y forestal; en los últimos años se han realizado pruebas satisfactorias en el trasplante de frijol, maíz, garbanzo, sandía y otros cultivos con la finalidad de eficientizar la utilización del agua de lluvia, los resultados de esta práctica han sido favorables acortando el tiempo del cultivo en el terreno y aprovechando mejor las precipitaciones por la planta establecida.

Antitranspirantes, esta práctica tiene la finalidad de reducir la cantidad de agua que la planta pierde por transpiración mediante la aplicación de algunos productos, este método es efectivo al utilizar para prevenir el stress en situaciones críticas de sequía y así permitir que la planta sobreviva, sufriendo solamente daños menores y recuperándose con facilidad.

Mediante el método de terrazas pueden incorporarse a la producción terrenos casi inaccesibles a la agricultura puesto que implica la construcción de franjas de terrenos laborables en suelos con pendientes muy fuertes; la terraza que se puede implementar en terrenos laderosos de esta región es la terraza de camellón aunque aquí este método de captación a la fecha es poco utilizado.

En el área de temporal del Sur de Sonora, dados los recursos en los que se desarrolla la agricultura, lo más viable es usar la interacción labranza-coberturas-arreglos topológicos y distanciamiento entre hileras, ya que no implican altas erogaciones para el productor.

LITERATURA CITADA

- 1.- CABRERA, C. F. 1985. Efecto de cuatro métodos de labranza sobre el rendimiento de maíz de temporal en el Sur del municipio de Alamos, Sonora. Tesis profesional, Universidad autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- 2.- CONGRESO NACIONAL DE LA CIENCIA DEL SUELO, RESUMENES. 1987. Trabajos presentados en el 20º Congreso de la Sociedad Mexicana del Suelo, Mesa R.A.S.P.A. Zacatecas, Zac., México.
- 3.- COVARRUBIAS, G. L. S. 1977. Mezcla de abonos orgánicos con superfosfato simple y sus efectos sobre el rendimiento de Festuca arundinacea Var, alta, (SCHEB) en suelos calcáreos con problemas de abastecimiento de Fósforo. Tesis de Maestría en Ciencias. Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados Chapingo. México.
- 4.- CRUZ, G. J. y CHAVEZ, A. N. 1986. Estudio de tres métodos de labranza (Convencional, Mínima y Cero) en siete asociaciones de suelo en el área de influencia de Chapingo. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- 5.- DUARTE, R. J. J. 1985. Captación de agua de lluvia y su optimización para la producción de Maíz bajo condiciones de temporal en la cuenca del valle de México. Tesis de Maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo México.
- 6.- GARCIDUEÑAS, M. R. 1986. Control hormonal de las plantas. Editorial McGraw Hill Monterrey, N.L. México.

- 7.- GONZALEZ, G. J. M. 1983. Efecto del método de siembra y cubierta del suelo sobre precocidad y rendimiento de sandía, citrullus lanatus (thunb) Matsum y Nakai en el valle de Mexicali, B.C.; Tesis, Universidad Autónoma de Baja California. Escuela Superior de Ciencias Agrícolas Mexicali, B.C.
- 8.- NUÑEZ, A. R. 1982. Captación de la lluvia y conservación de la humedad del suelo en la producción de cebada bajo condiciones de temporal. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- 9.- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y ALIMENTACION. 1976. Materias Orgánicas Fertilizantes. FAO. Roma.
- 10.- OSORIO, A. G. 1989. Optimización del agua de lluvia mediante captación in situ, cobertura orgánica y arreglo espacial en Maíz en función del volumen de agua por planta. Tesis de Maestría en Ciencias del Colegio de Postgraduados. Montecillo. México.
- 11.- PINTER, SANCHEZ D. y PEREGRINA. 1955. Aumento en La producción de Maíz y Trigo mediante abonos verdes. Folleto técnico N° 17. Secretaría de Agricultura y Ganadería, México, D.F.
- 12.- RIOS, B. J. D. 1984. Efecto de los sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo y rendimientos en la rotación bianual Maíz-Alfalfa; Tesis de licenciatura, Chapingo, México.
- 13.- SAMANIEGO, R. J. A. 1988. Resistencia a la sequía XXVI: El trasplante de frijol como una estrategia para incrementar el aprovechamiento de la fijación biológica de Nitrógeno, Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de postgraduados Chapingo, México.
- 14.- SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS, DPTO. DE AGRICULTURA DE LOS E.U.A. 1973. Manual de conservación de suelos, Editorial LIMUSA, S.A. Segunda Edición México, D.F.