

Microcaptación

*René van Veenhuizen,
Oficial Profesional Asociado en Suelos, FAO*

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe las técnicas de captación de agua de lluvia, para las cuales se utilizan varias expresiones como “microcaptación”, “captación de agua de rampas pequeñas”, “captación dentro del sistema de captación” o “captación de microcuencas”.

En el Tomo I se definió las siguientes características como las principales de la microcaptación:

- δ Captación de flujo superficial para distancias cortas del área de escorrentía;
- δ La longitud del área de captación varía generalmente entre 1 y 30 metros;
- δ Escorrentía superficial almacenada en el perfil del suelo;
- δ Relación área de captación/área de plantas, generalmente 1:1 a 3:1;
- δ Normalmente, sin previsión para flujos considerables;
- δ Crecimiento regular de la planta.

Los ejemplos típicos de microcaptación descritos en el Tomo I son el “negarim” (para árboles), microcuencas en contorno (para árboles), surcos en contorno (microcuencas) y bordos semicirculares (para pastos y forrajes).

El documento técnico del Banco Mundial (Reij, Mulder y Begemann, 1988) se refiere a descripciones de técnicas con una longitud del área de captación entre 1-2 metros y 100-150 metros y con una relación área de captación/área de plantas entre 1:1 a 10:1 (depende de la precipitación y de otros factores). La diferencia con los sistemas de captación externa es que los sistemas de microcaptación no reciben agua externa y normalmente consisten en una serie de unidades en conjunto, aunque cada microcaptación está separada de la otra. Generalmente se utilizan las microcaptaciones conjuntamente con técnicas auxiliares como labranza y prácticas de conservación del agua en el suelo. La gran ventaja de las técnicas de microcaptación es que es posible combinarlas con las de conservación del agua y las de control de erosión y además que son relativamente sencillas, baratas y de alta efectividad. Siendo estas obras pequeñas, a menudo se utilizan para cultivar árboles.

En este capítulo se describe experiencias de México y de Brasil, siendo técnicas de microcaptación para cultivos anuales y perennes.

MICROCAPTACIÓN, CULTIVOS ANUALES Y PERENNES, MÉXICO

Manuel Anaya Garduño,
Director de Investigación. Instituto de Recursos Naturales
Colegio de Postgraduados. Montecillo México

Antecedentes históricos

Mientras la agricultura de riego produce en México hasta dos cosechas por año, la de secano presenta pérdidas en un 25% del total anual sembrado debido a las sequías, lo escaso y errático de la precipitación pluvial y otros fenómenos agrometeorológicos como son el granizo y las heladas.

La producción agrícola, bajo condiciones de secano o temporal, se basa en gran medida, en la relación que existe entre la cantidad de agua requerida por las plantas para su óptimo desarrollo y la cantidad de lluvia disponible.

Para establecer un sistema de captación *in situ* del agua de lluvia, es necesario obtener información sobre algunos factores tales como la cantidad y distribución de la lluvia en el año, la capacidad de almacenamiento de agua por el suelo, las necesidades hídricas del cultivo que se ha seleccionado para la zona donde se trabaje y finalmente, con qué recursos se cuenta para establecer los diferentes sistemas de captación *in situ* que mejor puedan adaptarse a las condiciones del área de trabajo.

Las técnicas de microcaptación involucran conservación del suelo, aumento de la disponibilidad de agua para los cultivos, mitigan los efectos de la sequía y mejoran el entorno ecológico (Ballivian, 1979; Anaya, 1981 y Anaya, 1988).

Aspectos Técnicos

Descripción

Los sistemas de captación del agua de lluvia, dedican una parte del terreno a la escorrentía del agua (área de escorrentía ,Ae) y otra parte del terreno para almacenar el agua que previamente escurrió (área de almacenaje ,As). Ambas áreas deben estar acondicionadas para que cumplan eficientemente con sus objetivos.

La microcaptación *in situ* del agua de lluvia, para nuestro caso, se diferencia de la captación general básicamente en tres aspectos:

1. Porque el sistema de captación se realiza exclusivamente para emplearlo en cultivos básicos, forrajeros, industriales, vegetación nativa, árboles, arbustos y frutales.
2. Porque el área de escorrentía (Ae), está formada por microcaptaciones que aportan cantidades adicionales de agua y no tienen que conducirla a grandes distancias, ya que dicha área (Ae) está adyacente al área destinada al almacenamiento (As).
3. Porque el área de almacenamiento (As) incluye el mismo suelo, en el cual se desarrollan las raíces de los cultivos.

Con estas consideraciones, es importante buscar la manera como:

- δ Aumentar la eficiencia en la esorrentía del Ae; es decir, que escurra más agua para que aumente el volumen que llega al área de almacenamiento.
- δ Aumentar la capacidad de retención de humedad del suelo, para que almacene mayor cantidad de agua aprovechable en la zona de raíces.
- δ Reducir las pérdidas del agua aprovechable que ha sido almacenada en el suelo, sean éstas, pérdidas por evaporación del propio suelo o por transpiración de plantas indeseables.

Selección de Cultivos

Para seleccionar los cultivos que se producirán mediante los sistemas de microcaptación, hay que tomar en cuenta su aptitud al ecosistema de la zona y la importancia tanto económica como social de estos cultivos en el área de trabajo.

Una vez seleccionado los cultivos, se determinan las necesidades mínimas de agua que requieren para su desarrollo; de esta manera se define si es necesario establecer obras de microcaptación, o si la cantidad de agua que llueve es suficiente para el cultivo, al comparar la demanda de agua de éste con el aporte de humedad de las lluvias.

Estimación del Uso Consuntivo

El agua que los cultivos necesitan para su desarrollo se puede estimar a través del Uso Consuntivo (UC), el mismo que se define como la cantidad de agua que la planta requiere para transpirar y formar tejido celular, más el agua que se evapora del suelo.

Uno de los mejores métodos, por su aproximación y facilidad para determinar el UC de los cultivos es el de Blaney y Criddle (**Ver Tomo I, necesidades de agua de los cultivos**).

Un ejemplo práctico para determinar el UC mensual es el siguiente:

Cultivo: Maíz para grano; ciclo vegetativo: 150 días; variedad criollo amarillo
Fecha de siembra: 1 de Abril
Zona: Huamantla, Tlaxcala
Latitud norte: 20°

Para facilidad en el manejo de los datos, se puede elaborar un cuadro como el **cuadro 3** que muestra cómo se van obteniendo los factores a partir de los datos señalados.

Primeramente se procede a obtener las temperaturas promedio para cada uno de los meses en que se tiene establecido el cultivo (columna 1).

A continuación se obtiene el porcentaje de horas-luz en el día para cada mes del período abril – agosto en relación al número total en un año (factor P) para la latitud de Huamantla, Tlaxcala.

Posteriormente se calcula el coeficiente Kt que depende de la temperatura media mensual (columna 3).

El valor mensual dado por la temperatura y el porcentaje de horas-luz (valor de f), se obtiene al multiplicar las columnas 2 y 3.

Finalmente se obtiene el coeficiente de desarrollo Kc del maíz para el cálculo del uso consuntivo. Para este fin, debe fraccionarse el 100% del desarrollo entre los meses que tarde el cultivo en alcanzarlo, en este caso cinco meses, por lo cual cada mes representa el 20% del desarrollo total del cultivo. En el cuadro 3 se obtienen los valores de Kc para maíz correspondientes a 20, 40, 60, 80 y 100% del desarrollo del cultivo, los cuales se colocan en la columna 5 del cuadro.

En la **figura 1**, se ha preparado un gráfico con los valores de probabilidad de lluvia al 50% y uso consuntivo, donde se aprecia que el área achurada indica necesidades de agua.

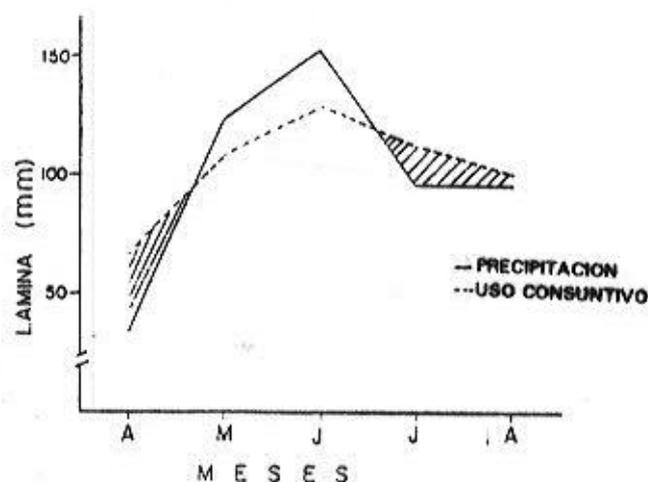
Cuadro 3. Secuencia para calcular el uso consuntivo del maíz con un ciclo vegetativo de 150 días para la zona de Huamantla, Tlaxcala.

Mes	(1) Temp. Media/C	(2) Valor de P	(3) Factor Kt	(4) Valor f P X Kt (2) x (3)	(5) Valor Kc	(6) Uso consuntivo (cm) (4) x (5)	(7) Uso consuntivo Acumulado (cm)
Abril	18,0	8,53	1,313	11,20	0,60	6,72	6,72
Mayo	18,1	9,14	1,322	12,08	0,90	10,87	17,69
Junio	18,1	9,00	1,322	11,90	1,08	12,85	30,44
Julio	16,9	9,23	1,219	11,25	1,00	11,25	41,69
Agosto	18,0	8,95	1,313	11,75	0,85	9,99	51,68

Cuadro 4. Evaluación del déficit y excedentes de agua al comparar el uso consuntivo mensual con la lluvia mensual para la zona de Huamantla, Tlaxcala. (Probabilidad de lluvia del 50%).

Mes	Lluvia media (mm) (1)	Uso Consuntivo (mm) (2)	Balance hídrico (mm) (3)
Abril	33	67	-34
Mayo	123	109	+14
Junio	152	129	+23
Julio	95	113	-18
Agosto	95	100	-5
Total	498	518	-20

Figura 1. Balance hídrico entre la lluvia mensual con una probabilidad del 50% y el uso consuntivo del maíz para la zona de Huamantla, Tlaxcala.



Con el objetivo de ilustrar mejor todos los puntos anteriores, se seguirá en forma completa el procedimiento general para diagnosticar la necesidad de la obra de captación, en el ejemplo siguiente:

Datos:

Cultivo: Frijol

Ciclo: 3 meses

Fecha siembra: 1 de junio

Lugar: Pachuca, Hidalgo.

Latitud Norte: 25 15'

En el **cuadro 5**, se ha encontrado la lluvia mensual que se espera con una probabilidad de ocurrencia del 50 %.

Cuadro 5. Se obtienen de la estación meteorológica de Pachuca, Hidalgo, datos de cuando menos nueve años de precipitación mensual, se determina la lluvia con probabilidad del 50% para esos meses en un cuadro como el siguiente:

Mes	Probabilidad de lluvia al 50% para nueve años de la lluvia media mensual en Pachuca, Hidalgo. (1951-1959) (mm)
Enero	Inap
Febrero	1
Marzo	Inap
Abril	25
Mayo	37
Junio	53
Julio	47
Agosto	37
Septiembre	69
Octubre	22
Noviembre	5
Diciembre	1
Total	297

El uso consuntivo mensual se obtiene al multiplicar el K_c (columna 5) por el valor de f (columna 4). Este producto se coloca en la columna 6 de un cuadro similar al cuadro 3.

Si se desea conocer el UC del cultivo en diferentes etapas de desarrollo, entonces puede elaborarse una última columna (7) con el UC acumulado.

Del ejemplo se deduce en primer lugar, que las necesidades de agua para el maíz en esa zona son aproximadamente de 517 mm (516.8), durante el ciclo de cultivo (abril – agosto).

Una vez realizado el análisis de la precipitación y el análisis del consumo de agua por el cultivo seleccionado, el siguiente paso es determinar si son necesarias las obras de captación, para lo cual se puede hacer un cuadro de las demandas de agua del cultivo por mes, durante el ciclo de desarrollo¹ y de la precipitación en esos meses,² de tal forma que se puedan analizar las deficiencias o excesos de agua, como se observa en el cuadro 4.

En la columna (3) del cuadro 4 se muestra que en la etapa de desarrollo del cultivo se tienen deficiencias de agua, y éstas son del orden de 18 mm, lo que indica que es necesario realizar obras de captación para destinar áreas adicionales a la escorrentía y así poder satisfacer las demandas del cultivo.

Objetivos

Los objetivos de la microcaptación de agua de lluvia se refieren a aumentar la disponibilidad de agua para las plantas, mitigar los efectos de la sequía, propiciar una producción sostenible y mejorar el entorno ecológico.

Ubicación y Selección del Sitio

La ubicación y selección del sitio para establecer obras de microcaptación de agua de lluvia debe considerar que el suelo tenga cuando menos 70 cm de profundidad. En México se ha tenido éxito con microcaptaciones con una precipitación media anual de cuando menos 400 mm.

Diseño, Trazo y Construcción. Métodos de captación in situ utilizando la fórmula de Anaya et al., (1976) para determinar el tamaño de las microcaptaciones

Conociendo las cantidades de agua que necesita un cultivo y que no pueden ser satisfechas por la lluvia, se puede utilizar una fórmula de fácil aplicación encontrada por Anaya y colaboradores, con la que es posible determinar las superficies que deben dedicarse a escorrentías y a almacenaje dentro de un sistema de captación *in situ*.

Se considera que el tamaño de la microcaptación (TM) es la superficie que los agricultores tradicionalmente dedican a cada cultivo en particular (cuando no se ha realizado una obra de captación). Ejemplo: en Puebla acostumbran sembrar el maíz a 90 cm entre hileras y a 50 cm entre matas, lo que da una superficie de microcaptación de $90 \times 50 = 4\,500$ cm²/mata. Se puede decir entonces que dentro de estos 4 500 cm² están consideradas tanto el As como el Ae.

¹ El UC mensual se obtiene de la columna 6 del cuadro 3.

² Si se cuenta con registros pluviométricos para varios años del área de estudio, debe trabajarse con la precipitación mensual con una probabilidad del 50%.

Otro ejemplo es en el caso del frijol, el cual lo siembran a 70 cm entre hileras y a 15 cm entre matas, lo que da una superficie de captación de 1050 cm²; ahora bien, si a estos cultivos se les realiza obras de captación *in situ*, probablemente la distancia entre hileras aumente por ejemplo a 112 cm para el maíz y a 82 cm para el frijol, quedando la misma distancia entre matas que se tenía antes de efectuar la obra de captación (Martínez, *et. al.*, 1985).

La fórmula es la siguiente:

$$TM = As + \frac{1}{C} \left(\frac{UC - P}{P} xAs \right)$$

$$Ae = \frac{1}{C} \left(\frac{UC - P}{P} xAs \right)$$

Donde:

TM = Tamaño de la microcaptación.

As = Area de siembra, se consideran 50 cm de explotación del sistema radical para cultivos en hilera.

Ae = Area de escorrentía.

C = Coeficiente de escorrentía en el Ae.

UC-P = Total de deficiencias mensuales de agua durante el ciclo vegetativo del cultivo.

P = Total de la lluvia que cae en el tiempo que dure en desarrollarse el cultivo, con un 50% de probabilidades.

Un ejemplo de aplicación de la fórmula de Anaya *et al.*, para determinar el tamaño de la microcaptación se describe a continuación:

Cuadro 6. Del ejemplo del procedimiento general para diagnosticar la necesidad de la obra de captación que para el caso del frijol se incluye en este capítulo, se tiene lo siguiente:

Mes	Lluvia (50% Probabilidad) (mm)	Uso Consuntivo del Frijol (mm)	Balance Hídrico (mm)
Junio	53	93	-40
Julio	47	97	-50
Agosto	37	60	-23
Total	137	250	-113

Donde se tiene que el déficit hídrico durante el ciclo del cultivo es de 113 mm, siendo necesario por lo tanto la obra de captación del agua de lluvia.

Valores a sustituirse en la fórmula:

UC-P = 113 mm

P = 137 mm

As = 50 cm

C = 0,50 (textura media con menos del 5% de pendiente y compactada)

Aplicando la fórmula se tiene:

$$TM = 50 + \frac{1}{0,50} \left(\frac{113}{137} \times 50 \right)$$

$$TM = 50 + 2,00 (0,82 \times 50)$$

$$TM = 50 + 2,00 \times 41$$

$$TM = As + Ae$$

$$TM = 50 + 82$$

$$TM = 132 \text{ cm}$$

Esto quiere decir que en lugar de sembrar el frijol a una distancia de 70 cm entre hileras, como acostumbran en Puebla, deberá sembrarse a una distancia de 132 cm para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo. La distancia entre matas permanece inalterada.

A. Aplicación de la fórmula de Anaya et al., para cultivos en hilera

Diseño

Dentro del sistema de captación de lluvia *in situ*, para cultivos de escarda, el método más recomendable es el del distanciamiento entre hileras, el cual consiste en sembrar el cultivo seleccionado en surcos cuya separación se calcula mediante la fórmula antes mencionada, sin olvidar la topografía del terreno en que se va a trabajar ni la disponibilidad de implementos agrícolas con los que cuente el agricultor.

Para utilizar la fórmula de Anaya *et al.*, las unidades de As deben estar dadas en cm para que el TM obtenido esté dado en esa misma unidad.

Trazo

Para el trazo de cultivos en hilera se debe considerar, en primer término, el valor de la distancia calculada para la separación entre hileras que se debe emplear para la región y el cultivo seleccionado. Como paso inicial, se trazan sobre el terreno curvas a nivel que servirán como guía para la construcción de los surcos.

Cuando se dispone de maquinaria, la separación de los arados sobre la barra portaherramienta debe ser igual a la distancia calculada para la separación entre hileras de plantas. Si se dispone únicamente de arados de tracción animal se debe tener cuidado de trazar los surcos sobre el terreno a la distancia calculada, siguiendo el trazo en sentido transversal a la pendiente, de tal manera que los surcos adopten la forma que se observa en la **figura 2**.

Construcción

Para facilitar la infiltración del agua en el área de siembra (As) se recomienda subsolar y dar un paso de arado, cincales u otro implemento para propiciar un mejor desarrollo de las raíces.

Figura 2. Aplicación de la fórmula de Anaya *et al.* (1976) para calcular la distancia entre hileras de acuerdo a los factores suelo-planta-precipitación (Valle del Mezquital, Hidalgo)



Posteriormente, con un arado de vertedera, una pequeña bordeadora o un arado modificado, se construyen los surcos, siguiendo las curvas a nivel.

Una sugerencia para la construcción es el empleo de un arado de reja modificado. Esta modificación consiste en agregar una solera de metal o de madera al ala del arado, la función de este implemento es que al construir los surcos, la solera colocada al lado del ala, extienda de manera uniforme la tierra que voltea la vertedera del arado, dándole la pendiente adecuada al talud superior del surco superior.

El largo de la solera debe ser igual a la distancia que existe entre el fondo del surco y la parte más alta del mismo, considerando el talud más ancho del surco. En la **figura 5**, se muestra un implemento de tracción animal, consistente en un arado de doble vertedera y en una de ellas se observa la adaptación de una solera.

El método de siembra que se debe emplear en este sistema debe adaptarse a las condiciones de suelo y precipitación principalmente. Si las lluvias son de alta intensidad y el suelo es de textura pesada, se recomienda sembrar en el talud o en lo alto del surco para evitar el efecto de la inundación y que el sistema radical no esté bien aireado, sobre todo en las primeras etapas del cultivo. Si se trata de lluvias de baja intensidad o bien si el suelo presenta una alta permeabilidad, se recomienda sembrar en el fondo del surco para tener la máxima concentración de agua. Lo anterior se aplica a cultivos asociados, por ejemplo maíz-frijol (Campos, 1982).

Figura 3. Cultivo de Girasol a los 80 días y con un tamaño de Microcaptación de 140 cm Valle de México.



Figura 4. Cultivo de Maíz a los 80 días con un tamaño de Microcaptación de 140 cm Valle de México (Ortíz, 1975; Anaya y Tovar, 1977; Tovar y Anaya 1979).



Otra forma de efectuar la siembra bajo este sistema, consiste en seguir el método tradicional, o sea el de preparar el terreno mediante subsolado, barbecho (si es que lo requiere) y uno o dos pasos de rastra; posteriormente a esta preparación, se siembra el cultivo en hileras, a la distancia calculada. Llegado el momento de la primera escarda, se utiliza una cultivadora para eliminar las malas hierbas y aflojar ligeramente la superficie del suelo entre las

hileras; una vez realizada esta operación, se procede a construir el talud del surco, requiriéndose para ello de un arado de doble vertedera modificado (**ver figuras 5 y 6**). Una ventaja que presenta este sistema es que se puede eliminar la hierba en forma mecánica, se propicia una mejor aireación del suelo y se da un aporque a la planta para prevenir el acame (vuelco, tendadura, tumbado, caída), además de que los surcos después de esta labor, están en condiciones de concentrar el agua en una zona vecina al área de raíces, lo que reduce las posibilidades de que puedan ser afectadas por efectos de inundación.

Figura 5. Arado de doble vertedera, modificado para la construcción de bordes, puede utilizarse con tracción animal o mecánica.

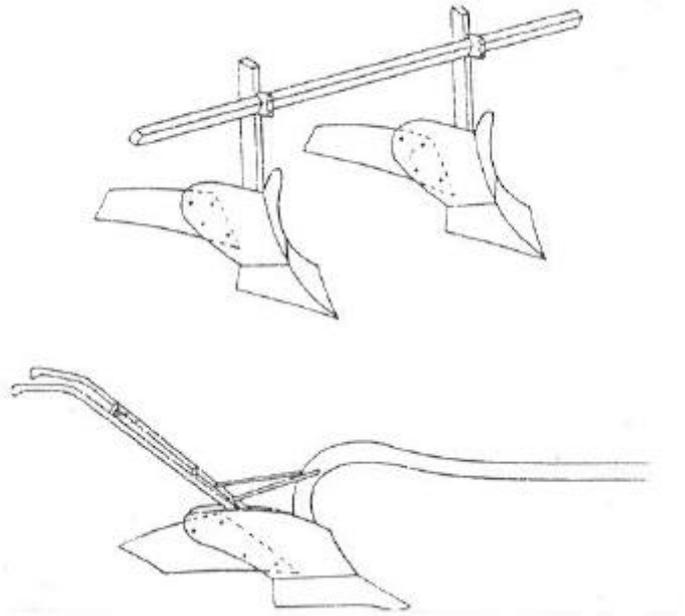


Figura 6. Arado "Xolox" para la construcción de surcos modificados (microcaptaciones), también puede ser usado con tracción animal (Tovar y Anaya, 1981).



B. Aplicación de la fórmula de Anaya *et al*, para cultivos densos

Diseño

El diseño para cultivos densos se debe ajustar a las condiciones topográficas del terreno, y a la cantidad y distribución de la precipitación (Muñoz y Castro, 1979; Núñez, 1982 y Robles, 1988).

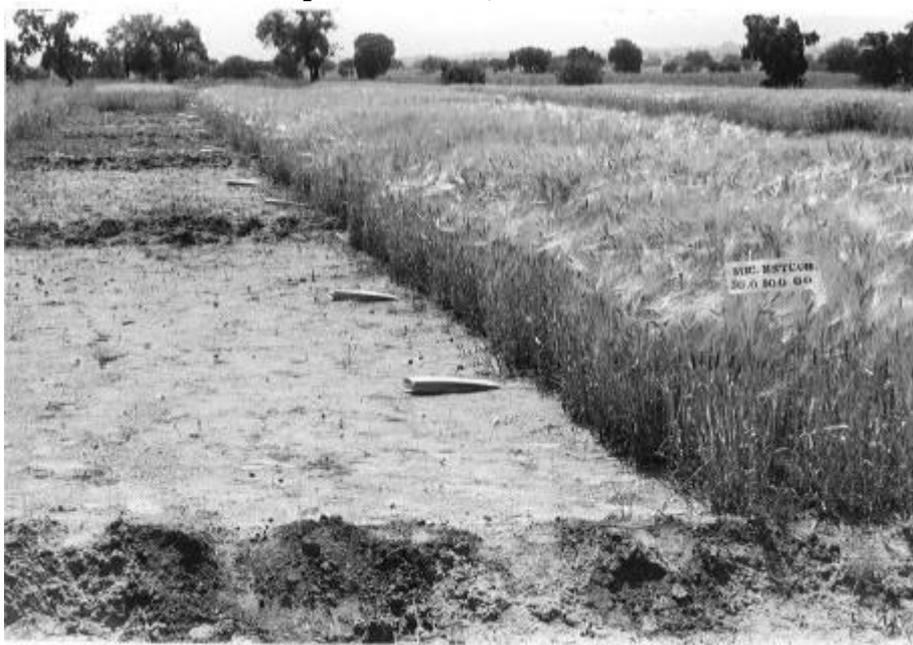
El ancho de la microcaptación, se calcula considerando como área de siembra el ancho de la faja que se desee sembrar, el cual deberá ser un múltiplo del ancho de los implementos agrícolas a usar, bien sean de tracción mecánica o de tracción animal. En este caso, al aplicar la fórmula de Anaya *et al.*, el As debe estar en metros para que el TM calculada esté dada también en esas unidades.

Trazo

Para el trazo de las microcaptaciones para cultivos tupidos, se deben seguir los siguientes pasos:

- Trazar curvas a nivel, cuya separación entre sí sea igual a la distancia calculada.
- Delimitar el área de esorrentía y el área de siembra.

Figura 7. Aplicación de la fórmula de Anaya *et al*, (1976) para calcular el área dedicada a escorrentía en cultivos tupidos Tecamac, México.



Construcción

La construcción se hará de acuerdo a los siguientes pasos:

- Sobre las curvas a nivel se construyen bordos, cuya altura sea capaz de retener el volumen de agua que escurra dentro de la microcaptación. Para este fin, pueden utilizarse las dimensiones de los bordos para la construcción de la terraza de base angosta.
- El área destinada a escorrentía se debe localizar en la parte superior de la microcaptación, a esta área se le deben hacer las labores siguientes:
 1. Eliminar de la superficie toda clase de objetos que impidan el libre escorrentía, tales como piedras, ramas y arbustos.
 2. Emparejar la superficie para uniformizarla.
 3. Compactar la superficie, si es necesario, con un rodillo de metal o de concreto.

Los pasos 2 y 3 pueden omitirse si no se cuenta con los recursos necesarios.

- El área destinada a la siembra se debe acondicionar mediante las labores siguientes:
 1. Preparación del suelo para la siembra.
 2. Dar un paso de subsuelo o con cinceles, para propiciar la infiltración y reducir la evaporación. Esta labor se realizará siempre y cuando la textura y la estructura del suelo lo requieran.

3. Nivelación o emparejamiento de la superficie del suelo para una mejor distribución del agua.
4. Aplicar materia orgánica para aumentar la capacidad de retención de la humedad.

C. Aplicación de la fórmula de Anaya *et al.*, para frutales

Diseño

El diseño de las microcaptaciones para frutales debe adaptarse a las condiciones topográficas del terreno, y como en los dos casos anteriores, dependerá de los factores siguientes: tipo de frutal, cantidad y distribución de la precipitación y de las características del suelo, los cuales al conjugarse en la fórmula de Anaya *et al.*, determinan el tamaño y las características que debe tener la microcuenca (Anaya y Tovar, 1976; Anaya, 1977).

El As inicial se obtiene de las recomendaciones generales dadas para frutales. Por ejemplo, las plantaciones de aguacate normalmente se realizan a distancias entre plantas de 10 m, lo que implica al utilizar la fórmula de Anaya *et al.*, un $As = 100 \text{ m}^2$; con lo que el TM calculado también estará dado en m^2 .

El TM resultante puede acomodarse en el campo de diferentes formas de acuerdo a las necesidades de manejo del huerto. Por ejemplo, un $TM = 25 \text{ m}^2$ puede formarse de varias maneras, 5×5 , $6 \times 4,15$, etc.; de modo que la disposición a seleccionar sea aquella que permita mayor facilidad en la operación del huerto (**figura 8**).

Trazo

Para hacer el trazo definitivo de las microcaptaciones para frutales, es de suma importancia considerar el uso consuntivo de ese frutal cuando llegue a su máximo desarrollo, y utilizar este dato en la fórmula, para calcular el tamaño de la microcaptación. Este método es aplicable a frutales aislados o bien en el establecimiento de un huerto, bajo un sistema de microcaptación.

En el trazo del huerto en áreas planas se debe seguir, de preferencia, los métodos tradicionales de distribución de árboles tales como el marco real, tresbolillo, etc., aunque en huertos en terrenos inclinados, el más conveniente es el de tresbolillo; en cualquier caso debe tenerse cuidado que la distancia entre árboles y la distancia entre hileras se ajusten a las dimensiones previamente establecidas, para que la superficie dedicada a cada frutal corresponda al tamaño de la microcaptación.

El trazo de las microcaptaciones deberá considerar también algunas condiciones del terreno. Por ejemplo, si se trata de un terreno plano, el trazo se deberá hacer, de acuerdo a las características del viento o bien de la disponibilidad de luz solar.

Si se trata de un terreno con pendiente uniforme, el trazo se deberá hacer, siguiendo curvas a nivel que se deberán trazar previamente.

Si el terreno es accidentado, se deberán trazar, hasta donde sea posible, curvas a nivel y distribuir a los árboles de acuerdo al método antes mencionado, de tal forma que la construcción de las microcuencas no implique un movimiento excesivo de tierra.

Cuando el terreno presente una topografía accidentada, las microcaptaciones deberán adaptarse conforme se presenta el relieve.

Construcción

Cuando se ha delimitado el tamaño de las microcaptaciones y se ha hecho el trazo de las mismas sobre el terreno, se procede a su construcción.

En la construcción de la microcaptación se deben considerar tres aspectos:

- Preparación del área de siembra.
- Construcción de los bordos.
- Acondicionamiento del área de escorrentía.

Preparación del área de siembra

Cuando se trate de suelos profundos (1 m o más), la plantación se puede hacer en dos formas:

1. Si se dispone de maquinaria, se usa un arado zanjador, el cual abre una zanja de 50 a 70 cm de profundidad en la hilera donde se colocarán los árboles, después se marca la distancia que deberá existir entre cada árbol y en este sitio se agregará estiércol o composta, recomendándose que cubra una longitud aproximada de 2 m, lo ancho de la zanja y una profundidad de 20 a 30 cm, sobre esta capa se coloca una capa delgada de suelo, se coloca el árbol y se rellena con suelo; con el tractor, se llena el resto de la zanja.
2. Otra forma de plantación de los frutales es hacer cepas; en este caso, éstas se harán de 1 m² y de 60 cm de profundidad, el relleno se hará al igual que se explicó para la zanja. Cuando se trate de suelos superficiales o de “tepetate” (capa calcárea, dura, a poca profundidad) se recomienda hacer cepas de 2 x 2 m y de 60 cm de profundidad, el relleno de la cepa se hace igual que en el caso anterior.
Las cepas se deben construir en la parte más baja de la microcaptación, para facilitar la escorrentía del agua. El relleno de la cepa se debe hacer, de preferencia, con material fino y rico en materia orgánica para que tenga una alta capacidad de retención y almacenamiento del agua.

Construcción de los bordos

Los bordos se pueden construir a mano o bien con implementos agrícolas, tales como arados bordeadores, cuchillas niveladoras o escepas, estos implementos pueden ser de tracción mecánica o bien de tracción animal.

Cuando la topografía es irregular, la construcción de los bordos se debe hacer, hasta donde sea posible, con la cuchilla o escrepa y después, cerrar y afinar a mano los bordos y emparejar el área de escorrentía.

Acondicionamiento del área de escorrentía

Habiéndose construido los bordos, se procede a emparejar la superficie interior para que la escorrentía del agua tenga la máxima eficiencia, esta labor es manual y se hace principalmente con el azadón y el rastrillo, como se observa en la **figura 8**.

Figura 8. Vista del tamaño de microcaptaciones para frutales calculadas mediante la fórmula de Anaya *et al*, (1976), Chapingo, México



En el caso de la topografía irregular, para evitar el movimiento excesivo de tierra dentro de la microcaptación, se construyen en ella surcos colectores, cuya función es concentrar y conducir el agua de lluvia hacia la zona de raíces.

Al quedar constituido un huerto bajo este sistema, se debe tomar en consideración que algunas veces se presentan lluvias de alta intensidad, las cuales podrían causar problemas de inundaciones y llegar a romper los bordos, para ello se debe adaptar la superficie del bordo inferior, de tal manera que ésta funcione como un vertedor de demasías. El vertedor se recubre con pasto, con piedra o con cualquier otro material. En la parte más baja del huerto se debe construir un canal que las conduzca a un almacenamiento. Además, a este almacenamiento se le puede adaptar un sistema de bombeo, para riego suplementario a los frutales en tiempo de sequía.

Para huertos en terrenos inclinados, el principio de las microcaptaciones puede adaptarse también a los sistemas de zanja y bordo y de terrazas.

D. Manejo de las microcaptaciones

Debido a que el tamaño de la microcaptación se calcula considerando los requerimientos de agua del frutal en su estado de madurez, en los primeros años de establecido el huerto es conveniente manejarlo de forma tal que los árboles pequeños no tengan problemas por exceso de agua, para ello se sugiere durante el primer año destinar tan sólo la cuarta parte de la microcuenca a captación y el resto se puede utilizar con otro cultivo que puede ser maíz, avena, frijol, etc. A medida que transcurre el tiempo y que las necesidades de agua son mayores para el frutal, se aumenta el área de escorrentía y se reduce la superficie dedicada al otro cultivo, hasta que finalmente se utilice en su totalidad la microcaptación para abastecer al árbol con la cantidad de agua requerida, tal como se observa en la **figura 9**.

La operación de las microcaptaciones de esta forma, a la vez de optimizar el manejo del agua, permite al agricultor obtener utilidades extra con los cultivos anuales mientras el frutal es joven y no genera cosecha alguna.

Para que los sistemas de microcaptaciones operen adecuadamente, es necesario mantener el área limpia de malezas, reconstruir los bordos destruidos por tormentas inesperadas. La figura 9 muestra un cultivo perenne (nopal) asociado con un cultivo anual, a medida que crece el cultivo perenne se va reduciendo la superficie dedicada al cultivo anual.

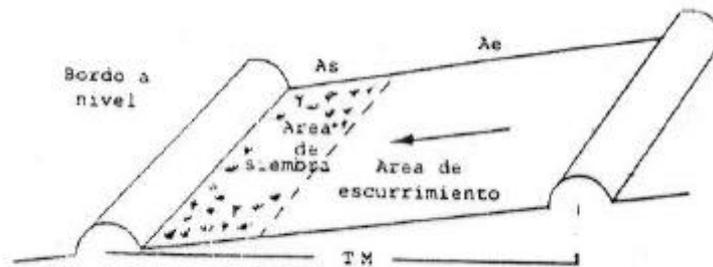
Figura 9. Utilización eficiente del terreno en las primeras etapas de desarrollo de un frutal (asociación cultivo perenne-cultivo anual). Chapingo, México.



E. Evaluación de modelos para el diseño de microcaptaciones

Loredo *et al.*, (1992), evaluaron cuatro modelos para el diseño de microcaptaciones y encontraron que el que se ajusta mejor a las condiciones del Altiplano Potosino es el propuesto por Anaya y colaboradores (**cuadro 7 y figura 10**).

Figura 10. Esquema de un sistema de captación de lluvia para pasto buffel (cultivo perenne).



Cuadro 7. Producción de zacate (pasto) buffel con diferentes relaciones área de siembra: área de escurrimiento en San Luis Potosí.

Relación A-S-E	Modelo	Cobertura (m ² /ha)	Producción de forraje (kg de materia seca/ha)
1:2	Smith	544	411
1:3	Sin Modelo	1 208	857
1:5	Anaya	1 961	2 498
1:6	Sin Modelo	2 167	2 356
1:7	Sin Modelo	1 638	1 227
1:9	Villanueva	1 237	1 743

Mantenimiento

El mantenimiento de las microcaptaciones es fundamental para obtener significativos aumentos en la producción de cultivos. Las microcaptaciones deben mantener su forma, prevenir rupturas y eliminar las malas hierbas tanto en el área de escurrimiento como en el área de siembra. Además, se pueden complementar con el uso de coberturas (rastrajo y piedra) para reducir la evaporación del agua del suelo en el área de siembra (As), (Carranza, 1973).

Potencial de producción

El sistema de microcaptación favorece el incremento de rendimientos unitarios de los cultivos debido a la humedad extra acumulada en el perfil del suelo. Sin embargo, es necesario evaluar el potencial de producción en períodos de cuando menos 7 a 10 años, ya que la variabilidad en la precipitación pluvial anual es considerable. En México, ha sido posible obtener incrementos de 200 a 300% en el sistema de captación y aprovechamiento del agua de lluvia, para la

producción de cultivos en hilera, densos e individuales (arbustos y árboles frutales). Lo anterior se aplica para cultivos anuales y perennes.

Grado de complejidad

Las tecnologías de microcaptación de lluvia tienen un mínimo grado de complejidad, son perfectamente entendibles por los productores y adaptadas de inmediato a las condiciones locales. Además se pueden hacer a mano, con tracción animal y con tracción mecánica.

Limitaciones

Estas tecnologías no se recomiendan en suelos delgados (menores de 70 cm de profundidad) ya que la capacidad de almacenamiento del agua en el perfil del suelo, es muy reducida. Los mejores rendimientos de cultivos anuales se obtienen con una precipitación pluvial anual de alrededor de 500 mm. (De Souza y Anaya, 1979; Hernández, 1981 y Gallegos, 1985).

Impactos socioeconómico y ambiental

Costos y retornos

Los costos y retornos anuales registrados durante varios ciclos vegetativos, en diferentes localidades y con diferentes cultivos anuales y perennes indican que es posible obtener una relación costo/beneficio de 1:2 a 1:3. Lo anterior es posible de obtener en localidades donde la precipitación media anual es de cuando menos 500 mm. Los cultivos evaluados han sido los siguientes: maíz para grano, maíz forrajero, frijol, sorgo para grano, sorgo forrajero, girasol, soya, orégano, pastos, arbustos y árboles frutales.

Generación de empleo

La utilización de microcaptación es de agua de lluvia para cultivos anuales y perennes indica una necesidad promedio de mano de obra de 40 a 160 días/hombre por hectárea, dependiendo de la duración del ciclo vegetativo y del tipo de cultivo.

Sostenibilidad

Los sistemas de producción con microcaptación de agua de lluvia representan la infraestructura básica (conservación de suelos y aprovechamiento integral del agua de lluvia) para lograr un desarrollo sustentable. Si esta técnica se complementa con el mejoramiento de la fertilidad del suelo, se asegura una mejor producción a través de los años y la mitigación de los efectos de la sequía con el consecuente mejoramiento del entorno ecológico.

Descripción de casos

Lugar y fecha

La agricultura de temporal (secano) en México cubre una superficie de alrededor de 16 millones de hectáreas; las técnicas de microcaptación de agua de lluvia han producido

resultados satisfactorios en cultivos anuales y perennes en regiones con más de 500 mm de precipitación anual y en suelos con más de 70 cm de profundidad. las localidades donde mayores éxitos se han obtenido son las siguientes: Valle de México, Querétaro, San Luis Potosí, Oaxaca, Valle del Mezquital, Comarca Lagunera y Valle de Tehuacán.

Durante los últimos 20 años, los productores han sido asesorados por diversas instituciones: Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, Universidad Autónoma Chapingo, Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias; Comisión Nacional de Zonas Áridas; Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Universidad Autónoma de Nuevo León, Instituto de Investigación en Zonas Desérticas, entre otras.

Resultados en la producción

Los resultados en la producción obtenidos con las técnicas de microcaptación del agua de lluvia en diversas localidades de México y en diferentes cultivos indican la bondad de la tecnología ya que conllevan al desarrollo sustentable, mejoran la producción de alimentos y el nivel de vida y además, generan un impacto positivo en la ecología.

Dirección para consultas

Colegio de Postgraduados

Instituto de Recursos Naturales

Montecillo, México

56 230 México

Teléfonos (52 595) 4 57 01/5 07 17/5 07 12/5 07 21

Fax: (52 595) 4 57 23/4 57 01

Correo Electrónico: anaya@colpos.colpos.mx