

CAPTACIÓN DE AGUA DE LAS NIEBLAS COSTERAS (CAMANCHACA), CHILE

*Guido Soto,
Ing. Forestal, Coordinador del Plan de Acción Nacional de Combatir la Desertificación
Corporación Nacional Forestal (CONAF), IV Región, Chile*

Antecedentes históricos

Las costas del desierto de Atacama se presentan normalmente cubiertas por una densa capa de estratocúmulos provenientes del Océano Pacífico, las que son arrastradas hacia el continente por los vientos predominantes del sur oeste. Parte importante de estas nubes son detenidas por los cordones montañosos de la cordillera de la costa; el resto se internan por valles, quebradas y mesetas interiores formando bancos de niebla de altura (nubes rasantes o neblinas), tradicionalmente llamadas “camanchacas”.

En Sudamérica, éste fenómeno atmosférico se presenta desde el norte del Perú (8° L.S.). También es posible encontrar el mismo fenómeno en algunas zonas de la costa ecuatoriana.

Estas nubes, formadas por minúsculas gotas de agua en suspensión, al tomar contacto con cuerpos que interceptan su paso, se condensan dando lugar, en muchos sectores, a la única fuente de agua en una de las regiones más secas del planeta. Se suma a lo anterior el ambiente de mayor humedad que se crea en el entorno, lo que ha permitido el desarrollo de una serie de comunidades biológicas a lo largo de la extensa costa árida de Chile y Perú.

Algunos ejemplos de ello son los siguientes:

- Ecosistemas de “lomas” en Perú. En temporada de invierno y primavera las neblinas permiten el desarrollo de especies herbáceas y arbustivas que son pastoreadas por el ganado doméstico transhumante que se desplaza año a año desde la sierra peruana.
- Puntos de interés botánico en el norte de Chile: Quebrada la Chimba, Paposos, Pan de Azúcar.
- Punto de concentración de fauna como Pan de Azúcar, donde es frecuente detectar mamíferos de mayor desarrollo (zorros y guanacos).
- Los bosques relictuales de Fray Jorge y Santa Inés son quizás la expresión más noble de cómo este recurso hídrico puede contribuir a la vida en estos ambientes áridos.

Basándose en éste principio se han ideado diferentes estructuras para interceptar el agua en suspensión, tanto para medir el potencial de un lugar (**Anexo 1: neblinómetros**) como para la obtención de volúmenes mayores (**Anexo 1: captadores**)

Hace alrededor de 30 años que esta técnica se está investigando en Chile, donde ha habido un importante apoyo del Gobierno Regional de la IV Región y de UNESCO. En base a esta experiencia comenzó en 1987 el Proyecto de Sistemas de Captación de Aguas Nieblas en la zona el Tofo-Chungungo (al norte de La Serena), con el objetivo de implementar un sistema técnico, económico y viable del aprovechamiento de agua de neblina para abastecer de agua potable al poblado de pescadores de Chungungo (350 habitantes). El proyecto fue financiado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá (CIID), con la participación de profesionales de la Universidad Católica de Chile, Corporación Nacional Forestal de Chile (CONAF), Universidad de Chile y del Servicio del Medio Ambiente de Canadá (Environment Canada).

Aspectos técnicos

Características de la camanchaca

Las principales características de la camanchaca que la hace atractiva para ser utilizada como recurso hídrico son las siguientes:

- Estabilidad. Se presenta la mayor parte año
- Única fuente alternativa. Para un amplio sector de la costa árida y desértica de Chile (I, II, III y norte de la IV Región) se ofrece como la única alternativa; porque no existe otra o por la alta salinidad de las escasas napas subterráneas presentes.
- Altitud. El hecho de contar con este recurso en la cima de los cordones montañosos no requiere de energía para su extracción ni conducción, pudiendo dirigir el agua hacia los sectores deseados sin mayores dificultades.
- Bajos riesgos de contaminación, en comparación a otras fuentes de agua.
- Permite un mejor manejo de los recursos naturales de altura, en el entorno inmediato donde se presentan las neblinas.

La camanchaca como recurso hídrico

El espesor de los estratocúmulos que dan origen a la camanchaca es en general bastante estable, fluctuando entre los 200 y 400 m y altitudes entre los 600 a 1000 msnm.

El contenido de agua líquida varía entre los $0,22\text{g/m}^3$ a $0,73\text{ g/m}^3$, registrándose valores de tamaño de gotas entre los 10,8 a 15,3 micrones y en concentraciones más o menos constantes de 400 gotas/cm³.

Si hacemos el siguiente ejercicio teórico y nos situamos en un punto favorable, por donde está desplazándose un banco de camanchaca a 5m/seg y que lleva agua en suspensión a razón de $0,30\text{ g/m}^3$, podríamos concluir por ejemplo que, por un área perpendicular al viento de 2m x 250 m de largo, en 8 horas podrían pasar 10 000 l de agua. Si bien no es una cifra espectacular pero es un hecho que esto ocurre permanentemente en muchos sitios favorables de nuestra costa.

El Proyecto más exitoso realizado hasta ahora es de abastecimiento de agua potable al pueblo de pescadores de Chungungo, ubicado a 80 km al norte de La Serena en Chile.

En este Proyecto se desarrolló un prototipo de sistema que, en términos breves, consiste en un set interconectado de paneles atrapanieblas que dispuesto convenientemente, localizados a unos 900 msnm, interceptan las neblinas que trasladan los vientos marinos hacia el continente. Estos captadores de niebla se alzan sobre postes ubicados a dos metros sobre la superficie del suelo, soportando una doble estructura rectangular de malla de polipropileno (que se obtiene en el comercio como malla de sombra cortaviento "Raschel" de 35% de sombra), que intercepta la gota de la neblina arrastrada por el viento. El agua así captada es trasladada gravitacionalmente a través de un sistema de tuberías hacia un estanque de acumulación y a la red de agua para la población.

Algunas cifras registradas

De los treinta años de investigación de la camanchaca en Chile, ha sido posible obtener diversas cifras de captación de agua de las neblinas. Luego de revisar gran parte de la bibliografía disponible que se refiere a este tema se seleccionaron aquellos montos que tenían a lo menos un año de registro (**cuadro 17**).

También se incluyen datos que, aunque tenían un período menor, por su ubicación era interesante de considerar. Las cifras de captación de agua se expresan en l/m²/mes.

Cuadro 17. Captación de agua de neblinas en diferentes Regiones de Chile

LUGAR	COTA <i>Msnm</i>	PERIODO	REND. (l/m ² /mes)	TIPOS DE ESTRUCTURA (4)
<u>II REGION</u>				
Cerro Moreno	900	1968-1971	158,3	h (Nylon)
	900	1967-1989	363,3	h (Mosquit)
	900	1971	403,3	a
	900	1971	401,6	c (Mosquit)
Promedio (1)		1968-1971	158,3	c (Nylon)
Los Nidos	900		82,1	h (Nylon)
<u>III Región</u>				
Pan de Azúcar	530	1985	69,7	c (Raschel)
Travesía	800	1985	51,3	c (Raschel)
Carrizal Bajo	700	E-D(1988)	104,7	d (Raschel)
<u>IV Región</u>	948	Jun.82-May.83	90,9	b (Nylon)

EL TOFO	780	1983	57,8	cap. 90m ²
	780	1985	152,1	f (Raschel)
	780	Nov.87-Sep.90	91,3	f (Raschel)(2)
	780	Ene.84-Ene.85	115,6	c (Raschel)
	780	1986 (E.D)	149,0	f (Raschel)(3)
Fray Jorge	550	Feb.84.Dic.84	113,7	c (Raschel)
	550	Jun.82-Abr.83	184,0	c (Raschel)
Cavilolén	850	1983	89,9	b (Nylon)

(1) Promedio de 4 puntos de medición: Michilla, El Mirador, Miramar, Cerro Moreno.

(2) Promedios de 50 captadores

(3) Captador 40 m². N. Carvajal

(4) Las letras indican el tipo de neblinómetro o captadores con que fueron registradas las mediciones, según anexo 1.

A la luz de los resultados que nos da el cuadro anterior, se hace imprescindible homogeneizar las mediciones. Esta será la única forma de poder comparar situaciones distintas y obtener conclusiones con respaldo técnicamente adecuado.

El único instrumento adoptado por la OMM para ese propósito es el neblinógrafo de Grunow, pero éste aparentemente no se ha divulgado lo suficiente entre los investigadores nacionales, o bien no cumple con los actuales requerimientos de investigación, más ligados ahora hacia un aprovechamiento del recurso agua.

En la actualidad el neblinómetro más difundido es el de pantalla, con malla raschel (35%) en doble paño, cocida a un marco de 1m²; el agua colectada se recibe en un recipiente de tipo bidón (50 l), cuya medición debe registrarse regularmente. El costo se estima en \$EE.UU. 125.

Sin embargo, también es preciso contar con un sistema que permita realizar mediciones continuas y registre además otro tipo de información que puede ser valiosa al momento de evaluar un proyecto. Para instalar un neblinómetro de este tipo se requiere de los siguientes instrumentos:

- tipping - bucket magnético
- anemómetro
- veleta
- data logger, que conectado a los tres anteriores va registrando en una memoria RAM los valores acumulados por unidad de tiempo, previamente programada (cada 15 minutos, por ejemplo).

Un juego de estos equipos tiene un valor aproximado de \$EE.UU. 1 500, que además debiera ir asociado a la adquisición de tarjetas RAM, lector de tarjeta y el software correspondiente, con un costo aproximado de \$EE.UU. 1 000.

Otra relación que es indispensable establecer es un factor de conversión entre los neblinómetros y estructuras mayores (captadores), debido a que no existe una proporción lineal entre ambas superficies de captación. Esta relación debería establecerse entre un neblinómetro y un captador estándar (el de 48 m², por ejemplo).

Para una serie mayor de captadores ingresan otros factores a considerar, como el relieve, que puede perturbar la determinación de relaciones más precisas. Para reducir este riesgo será necesario establecer una red de neblinómetros que nos indiquen los sectores más adecuados para la instalación de los futuros captadores.

Impacto socioeconómico y ambiental

Posibilidades de uso de la camanchaca

Agua Potable. Debido a que en el norte del país la mayoría de los pequeños poblados y caletas presentan serios problemas de abastecimiento de agua, esta alternativa aparece como una posibilidad concreta para satisfacer, de manera importante, estas demandas. En la actualidad prácticamente todos estos poblados se surten de agua por medio de camiones aljibe, con serios reparos sanitarios, cuota mínima por persona, altos costos e inseguridad de un abastecimiento normal y oportuno. Por otro lado, las enormes distancias y las precarias condiciones de los caminos de acceso dificultan aún más un adecuado servicio.

Al evaluar la posibilidad de implementar un sistema de abastecimiento de agua potable con agua de camanchaca se deberá, a lo menos, tener las siguientes consideraciones, descontando obviamente que existe en las inmediaciones un cordón montañoso con nieblas permanentes:

- ❑ Realizar un estudio detallado de la topografía del cordón montañoso y del comportamiento de la neblina e identificar los sectores más favorables.
- ❑ Montar una batería de neblinómetros en los lugares más propicios y evaluar los rendimientos de agua producida.
- ❑ Tener en consideración que las inversiones por concepto de aducción entre el sector de captación y de destino (poblado) puede ser una limitante de importancia. Esto nos puede mover a elegir sectores un poco menos favorables pero más cercanos, por ejemplo.

Agua potable envasada. Los niveles de arsénico presentes en el agua potable de Antofagasta podrían favorecer el establecimiento de una empresa envasadora de agua de camanchaca, como es el caso de algunas embotelladoras de agua mineral que también ofrecen su producto en bidones. Otra opción podría ser la venta de agua gasificada en sifones.

Abrevaderos. El agua captada de las nieblas en los sectores altos de los cordones montañosos de la cordillera de la costa, puede ser utilizada directamente en el lugar como abrevaderos, contribuyendo a un mejor manejo de los recursos. En las regiones más desérticas estos abrevaderos pueden constituirse en puntos de concentración de fauna silvestre (aves, zorros, guanacos).

En la IV Región, en cambio, ésta alternativa puede ser un excelente complemento para obtener un mejor aprovechamiento de los recursos práticos de las zonas altas, que con frecuencia tienen mejores pastos y de mayor duración, pero por lo general carecen de aguadas; el ganado en consecuencia gasta mucha energía en estos continuos desplazamientos.

Un predio cercano a Los Vilos (Hacienda Agua Amarilla) está utilizando esta técnica con óptimos resultados.

Ecoturismo. En el Parque Nacional Pan de Azúcar se están diseñando senderos con circuitos de larga duración donde se contemplan refugios en los sectores altos que estarán abastecidos con agua de camanchaca. Esta será una de las actividades de promoción del ecoturismo.

Forestación. Esta es una alternativa ya probada y que ha tenido éxito en todos los ensayos realizados.

Costos:

Ejemplo: proyecto agua potable de Chungungo:

Superficie de captación	: 3 528 m ²
Producción diaria	: 10.580 litros
Números de captadores	: 44 captadores de 48 a 120 m ² c/u.
Distancia captación al poblado	: 6200 m.
Diferencia de cota	: 750 m.

Costos de inversión:

ITEM	VALOR \$EE.UU.	PORCENTAJE
Captación	27 680	22,7
Aducción	43 787	35,9
Estanque (100 m ³)	15 632	12,8
Tratamiento	2 037	1,7
Distribución	32 806	26,9
TOTAL	121 942	100,0

□ Ejemplo de un captador para abrevadero:

Captador 48 m².

ITEM	VALOR (\$EE.UU.)
- Materiales	275
- Mano de Obra	63
- Gastos Generales	39
TOTAL	378

Costo/m²= \$EE.UU. 7,88

Costos comparativos en sistemas de abastecimientos al pueblo de Chungungo (\$EE.UU./m³).

CON ATRAPANIEBLAS	CON CAMION ALJIBE	DIFERENCIA
3,2	4,3	34%

Antes de la puesta en marcha del sistema de captación de atrapanieblas, el suministro de agua a Chungungo era exclusivamente hecho por transporte con camión aljibe. Esa era la mejor opción. Por tal motivo se hizo una comparación entre el costo del sistema de atrapanieblas y el abastecimiento mediante camión aljibe.

Eficiencia de la tecnología

Agua potable: Caso Chungungo. Antes del proyecto, el pueblo era abastecido con agua que contenía serias deficiencias en cantidad (14 l/persona/día) y calidad. Con el proyecto de abastecimiento con agua de neblinas el consumo por persona aumento a 30 lt/día, mejorando a su vez las condiciones sanitarias y disminuyendo los casos de enfermedades gastrointestinales y de la piel.

Operación y mantenimiento

Dependiendo de la magnitud y destino del agua captada (consumo humano, vida silvestre, forestación), serán las complejidades de su operación. Para agua potable habrá que aplicar todas las medidas de higiene y los tratamientos necesarios (cloración). La mantención en general es sencilla y los materiales y piezas de reemplazo son de fácil obtención en el mercado. Los operadores del sistema necesitan en general un nivel medio, como puede ser un técnico o un administrador de campo. Para el caso de un operador de agua potable éste requiere de una capacitación más rigurosa (no de mayor nivel sino que de procedimientos) y una supervisión periódica (**Anexo 2**).

Ventajas

- Técnicas: relativamente fácil de instalar, luego de los estudios previos de factibilidad. La operación y mantención no presenta mayores dificultades.
- Ambientales: es su principal ventaja, por los impactos positivos a la salud humana y al medio ambiente (forestación, vida silvestre). Representa además una nueva fuente de agua, que no compite con otras fuentes tradicionales.
- Económica: para abastecimiento de agua potable comparativamente aparece como una alternativa mas viable que el sistema tradicional de abastecimiento (camión aljibe).

Limitaciones

Para invertir en un proyecto de abastecimiento de agua potable:

- Necesidad de contar con estadísticas confiables previas a la ejecución de un proyecto.
- La comunidad beneficiaria debe estar motivada para colaborar en todo el proceso y hacerse cargo del mantenimiento y operación del proyecto.
- Elevado costo de aducción, si el lugar de captación se aleja del sitio de uso.
- Tener en cuenta que los terrenos del entorno pueden ser fuentes de aporte de minerales pesados dañinos para la salud.
- Altamente sensible a condiciones meteorológicas, favorables por lo que necesariamente se debe contar con abastecimiento alternativo (camión aljibe)

Desarrollo futuro de la tecnología

- Analizar la forma de hacer económicamente más eficiente el sistema de aducción.
- Es necesario mejorar los diseños para aumentar la eficiencia de la captación y durabilidad de los materiales.

Descripción de casos

En Chile es posible usar esta tecnología en todo el cordón montañoso costero (Cordillera de la Costa) hasta el norte de la V Región (Valparaíso), cubriendo una extensión de aproximadamente 1 800 km. En esta área se deben realizar estudios más precisos de prospección para llegar a decidir la implementación de un proyecto determinado.

Asimismo, se tiene información que fenómenos similares se presentan en otros 21 países, y que en Perú, Islas Canarias, Ecuador, Africa del sur, Hawaii, Namibia y Cabo Verde se desarrollan estudios para la aplicación de la tecnología en el aprovechamiento de este tipo de nieblas.

ANEXO 1: CAPTADORES DE AGUA DE NIEBLA

Neblinómetros:

- a) Grunow. Pluviógrafo con un pequeño cilindro de latón perforado sobre la boca. Inscrito en la OMM.
- b) De Cilindro: con hilos de nylon o malla mosquitero.
- c) Neblinómetro múltiple: Para medir a diferentes alturas, con estructuras de captación en base de fierro de 0.5x0.5 m., con hilos de nylon, malla mosquitero, o bien raschel simple o doble de 35% de sombra.
- d) Neblinómetro simple o de pantalla igual: al anterior pero con un solo marco.

Captadores:

- e) Macrodiamante: Estructura de poliedros múltiples. Cada poliedro con hilos nylon, o malla mosquitero, o bien malla raschel.
- f) De cortina. Captador de mayor producción, en base a postes de eucalipto empotrados, alambre galvanizado, malla raschel doble (35%) y canaletas recolectoras.
- g) Ecológico: Colihues en trípode con género o arpillera.
- h) De Cilindro: Marco de fierro en forma de cilindro, cubierto con hilo de nylon o malla mosquitero. También podría emplearse malla raschel, el agua colectada escurre de un tambor de 200 litros.

Dirección para consultas

Guido Soto A., Corporación Nacional Forestal IV Región
Cordovez 281, La Serena, Chile.
Fono: (56 51) 226090 - Fax (56 51) 215073

Sistemas de Inundación

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

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe las técnicas de captación de agua de lluvia, denominadas como “Sistemas de Inundación” o también como “Captación de Agua de Inundación dentro del cauce” y de “Derivación de Aguas para Inundación”. Se las conoce en Inglés como “Spate Irrigation” y “Water Spreading”. La diferencia entre estos dos sistemas de inundación es que en el primero se utiliza el agua para producción en el área que está sumergida durante los flujos máximos, por ejemplo a través de bloquear este flujo, mientras en el segundo se fuerza el flujo de salir de su álveo natural (Reij, C. *et al.* 1988), por ejemplo a través de un sistema de canales o bordos a los campos cultivados. Obviamente debe evitarse el traslape entre los períodos de cultivo y los períodos del flujo en el sistema de captación de agua dentro del cauce y para ambos el control del agua es sumamente importante. Solamente se considera como sistemas de captación de agua de lluvia, los que utilizan corrientes efímeras o torrentes de corto período. Los sistemas de captación de agua de corrientes perennes o de torrentes de períodos mayores se consideran como formas de riego comunes.

En el Tomo I, se describen como características principales de los sistemas de inundación:

- ⊗ Captación y aprovechamiento de flujos turbulentos ya sea por: (a) derivación o (b) distribución desde el lecho del curso de agua hacia las tierras del valle.
- ⊗ Escorrentía superficial almacenada en el perfil del suelo.
- ⊗ Longitud del área de captación (puede ser de varios kilómetros).
- ⊗ Relación área de captación/área cultivada superior a 10:1
- ⊗ Vía preparada como aliviadero del exceso de agua

Los ejemplos típicos descritos en el Tomo I son: “Presas (diques) filtrantes de piedra” (para cultivos) y “Bordos esparcidores de agua” (para cultivos).

En este capítulo se describe experiencias de México y de Brasil. Además se presenta las dos últimas experiencias de CPATSA, Brasil, el “Embalse Subterráneo” y la “Agricultura de Humedad Residual” que son dos experiencias especiales de captación del flujo subterráneo y un ejemplo del método de depósitos o tanques para cultivar.

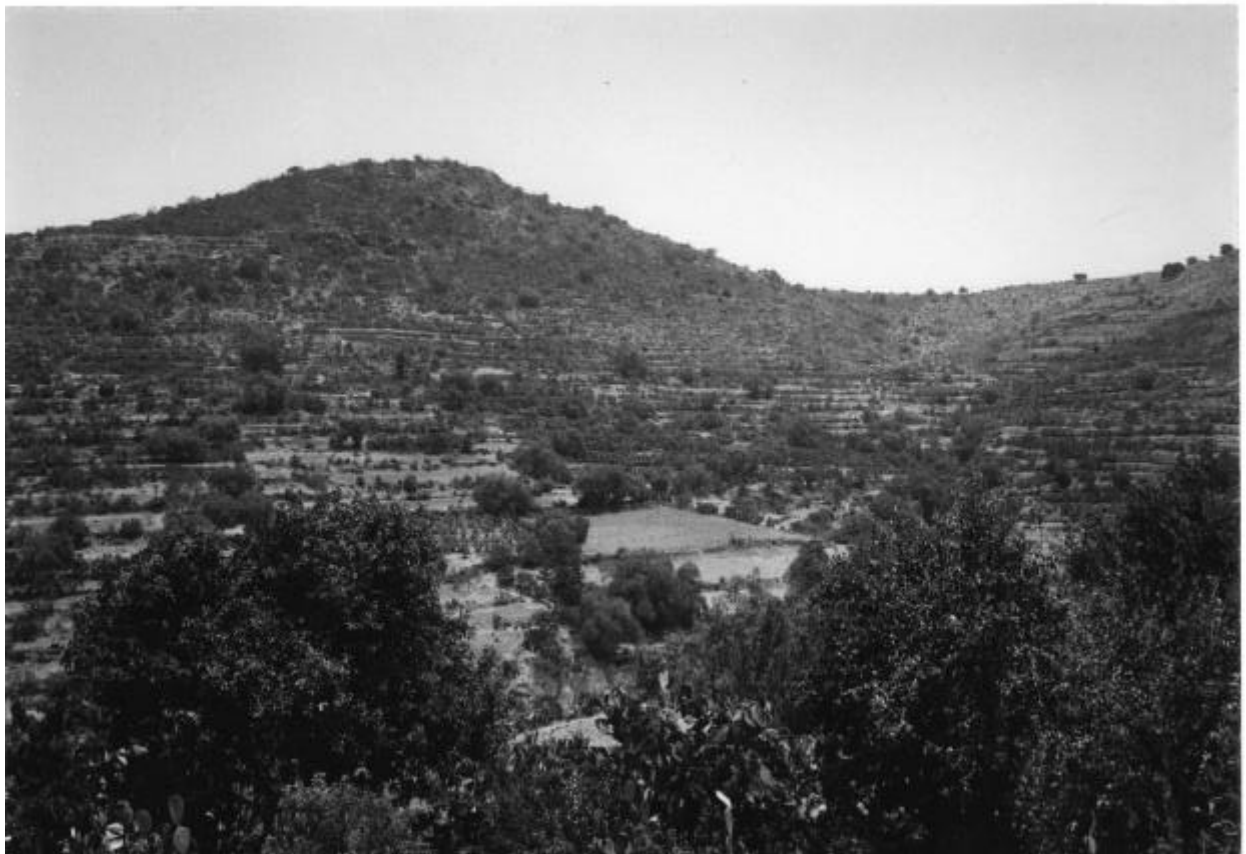
DERIVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE TORRENTES, MÉXICO 1

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

Antecedentes históricos

En las zonas áridas y semiáridas el hombre ha desarrollado tecnologías para sobrevivir ante condiciones ambientales tan adversas como la escasez de agua. Una de estas tecnologías se refiere al manejo y aprovechamiento de los escorrentías superficiales, técnica que data de miles de años. México es rico en tecnología tradicional relacionada con la conservación de suelo y el aprovechamiento del agua de lluvia; los aztecas y los mayas generaron tecnologías que aún persisten en forma exitosa (**figura 42**).

Figura 42. Terrazas tipo Netzahualcóyotl en el Valle de México.



Rojas (1985), señala que los agricultores mesoamericanos utilizaron ampliamente la construcción de terrazas a fin de intensificar el uso de las áreas en lomas, mesetas, cerros pedregosos, hondonadas y barrancas. El uso de estas estructuras permitía atenuar los efectos de la erosión, retener el suelo, aumentar el grosor del perfil del suelo y el contenido de materia orgánica y como consecuencia su capacidad de retención de humedad proveniente de la lluvia y el riego.

De acuerdo a Herold (1965), las "trincheras" del Norte de México pertenecen al período 110 - 1450 años a.C. Se ha sugerido el siglo XI como el período de origen de las terrazas del sur oeste de los Estados Unidos (Donkin, 1979). Es posible que existan varios centros de origen para los sistemas más elementales de terrazas, seguido de la difusión a formas más avanzadas asociadas con el labrado de la piedra y el riego con canales (Donkin, 1979).

Lo anterior muestra evidencias exitosas sobre el manejo de escorrentías superficiales y construcción de terrazas que han permitido a través de los siglos la producción de cultivos con sistemas de inundación sin disminuir la fertilidad de los suelos y sin causar daño ecológico; dando además, ventajas culturales y económicas que han sido extrapoladas a otras regiones del mundo.

La antigüedad de las terrazas agrícolas de la parte central de México en el Valle de México-Teotihuacán, se remonta a las postrimerías de los períodos pre-clásico y clásico (Hopkins, 1968; Sanders y Marino, 1970). Fechas semejantes se han sugerido para las terrazas de la parte oeste de Teotlalpan (Valle del Río Tula) y de Tecaxic-Calixtlahuaca (Valle de Toluca). MacNeish (1958) reportó terrazas con muros de piedra para la sierra de Tamaulipas que pertenecían a tres períodos sucesivos de ocupación (600 a.C.- 1000 d.C.).

En la parte sur de México, en los valles de Oaxaca y Tehuacán y en Montenegro-Tilantongo en la Mixteca Alta, la construcción de terrazas para usos agrícolas combinado en algunos lugares con el riego comenzó en el período pre-clásico varios siglos antes del inicio de la Era Cristiana (Palerm y Wolf, 1957; Spores, 1969).

Los autores españoles, incluyendo a los cronistas de la Colonia, denominan a las terrazas como andenes. Otros nombres incluyen gradas o graderías, tablones, terraplenes, bancales, y llanadas (llanos hechos a mano). Los Náhuatl utilizaban la palabra *kaláltin* para describir las terrazas irrigadas en Texcoco en el Valle de México (Wolf y Palerm, 1955). También se ha utilizado el vocablo náhuatl "metepantlis" que significa semiteraza; es decir, una superficie que se aplanó entre hileras de maguey (West, 1970). El vocablo "teopan", que equivale a montículo terracedo se encuentra incorporado en muchos nombres de lugares (Código Mendocino, 1964).

Se dan descripciones de las terrazas agrícolas en la Epoca Colonial en las relaciones geográficas (1579-81) para Chilchota, Michoacan., y para Ozolotepec, Oaxaca., (Paso y Troncoso y Vargas, 1947). Alva Ixtlilxochitl (1891-2) menciona las terrazas de Tetzcutzingo (Acolhuacán) y Burgoa (1934) señala la presencia de camellones, tanto en las laderas como dentro de los cauces entre Achiutla y Tilantongo en la Mixteca Alta.

Aspectos Técnicos

Descripción

Las estructuras de las terrazas presentan ciertas diferencias según el grado de modificación de la pendiente y la complejidad de las obras realizadas. Se reconocen tres tipos comunes de terrazas: las terrazas de ladera, las "presas" construidas en barrancas, cárcavas y cauces temporales de agua y los metepantles hechos en las pendientes más leves (Rojas, 1985).

En el caso de los metepantles, bancales, melgas o semiterrazas, se modifica ligeramente la pendiente mediante el levantamiento de bordos. En ocasiones se ponen plantas en los lomos o setos vivos, consistentes en hileras sencillas o dobles de maguey y en ocasiones de nopal o frutales. Con frecuencia se cavan zanjas paralelas a las hileras de magueyes en la parte superior e inferior para recoger el agua de lluvia y disminuir la escorrentía, o bien un bordo paralelo para conservar los setos vivos (West, 1970). Este tipo de terraza es característico de las tierras marginales de la parte oriental de la Mesa Central, correspondiente a áreas subhúmedas y semiáridas del sur este de Hidalgo, Tlaxcala y Puebla (West, 1970; Donkin, 1979). Se han descrito también en la cuenca de Toluca, los estados de Veracruz y Puebla, y las laderas del Valle de México (Rojas, 1985). En el valle de Oaxaca y en la Mixteca Alta abundan, pero sin magueyes (West, 1970); **figuras 43 y 44**.

En las terrazas de ladera (cercas, tenamitl, bezana-repado) la superficie de cultivo puede ser más o menos amplia, plana y horizontal, según sea la pendiente y las obras realizadas, desde simples terrazas de contorno y de temporal (secano), hasta otras a manera de escalones y con irrigación permanente. Lo más frecuente es que el retén o muro de la terraza sea de piedra, pero también las hay de bloques de tepetate (capa de subsuelo calcárea) o aún de sólo tierra que se amarra con una cubierta vegetal de pasto. En el caso de muros de retención dobles o triples se rellenaba la parte intermedia con cascajo (Donkin, 1979). Rojas (1985), menciona que este tipo de terrazas de ladera tiene dos variantes. La primera son las de temporal, con las superficies de cultivo en declive cuya función principal es la captura de aluviones, la reducción de la erosión y el control y retención de los escorrentías. En numerosas ocasiones estas terrazas contaban con riego proveniente de las avenidas de arroyos temporales. El segundo tipo de terraza es casi siempre regada con agua de fuentes perennes.

Las terrazas que se han denominado presas y que localmente reciben el nombre de "trincheras", "atajadizos", "teceras", "enlamados", y "lama y bordo", se construyen en series o conjuntos a lo largo de una barranca o cárcava que originalmente fue ocupada por un arroyo intermitente. Las superficies de cultivo están niveladas y el agua drena hacia el relleno de las pendientes que la rodean. La cuenca que alimenta estas terrazas generalmente tiene una superficie muchas veces mayor que el área cultivada. Este tipo de terraza representa un avance significativo en los sistemas de producción de cultivos que utilizan acumulaciones anuales pero no controladas de aluviones. La combinación de efectividad y simplicidad en la construcción sugiere que este tipo corresponde a la versión inicial de las terrazas verdaderas (Donkin, 1979).

Las presas tienen muros de piedra sencillos, dobles y hasta triples y estos presentan a veces setos vivos y relleno. Con los muros se atajan y atrapan sedimentos (lama), se dirigen las escorrentías y se retiene la humedad, formando gradualmente la terraza (Lorenzo, 1968; Herold, 1965). Los muros presentan a veces lo que en El Mezquital los campesinos llaman

"compuerta", una abertura en la parte superior del muro exterior para dar salida al agua de lluvia sobrante una vez que el sedimento ha sido retenido (Johnson, 1977). Rojas (1985) sugiere que este tipo de terrazas originalmente se construyó para derivar el agua de las corrientes temporales a los terrenos adyacentes convirtiéndose en campos de cultivo al azolvarse.

Donkin (1979), señala que posiblemente en el caso de las presas el material de relleno de las mismas era obtenido mediante la aceleración deliberada del proceso de erosión a través de la remoción de la vegetación y las piedras de la superficie del suelo. Se ha señalado que en el valle de Nochixtlan (Mixteca Alta) los agricultores del período post-clásico (d. C. 1000 +) removían el caliche superficial para facilitar la erosión de las margas (Spores, 1969). En el caso de terrazas que se han llenado gradualmente, los muros de retención pudieron haberse elevado en etapas (Herold, 1965).

Figura 43. Manejo de escorrentías superficiales y construcción a mano de terrazas con estacas y ramas en Nochixtlan, Oaxaca.



Figura 44. Terraza tipo metepantle en pendientes leves en el Estado de Hidalgo.



Las terrazas del fondo de los valles son más raras. Los muros son bajos y se construyen en ángulo recto a la corriente del agua sin interferir con la misma. En ocasiones se incorporan porciones de la pendiente terraceda en forma natural a estos sistemas. Las superficies amplias y a nivel de cultivo son indicios de que el propósito de tales terrazas fue siempre el de facilitar el riego con agua obtenida en alguna porción superior y que era distribuida por gravedad en la porción nivelada de la terraza (Donkin, 1979).

Objetivos

El manejo de la escorrentía superficial tiene como objetivo el suministrar agua adicional a los cultivos con técnicas de riego por inundación o avenidas, a veces conocido como "derramaderos" y se aplica lo mismo en los valles que en laderas montañosas de varias regiones áridas y semiáridas de México. Representan tecnologías tradicionales, muy antiguas y son la base para la sobrevivencia en condiciones adversas. Además, permiten asegurar la producción de alimentos, elevar el nivel de vida y mejorar el entorno ecológico.

Ubicación y selección del sitio

Los sistemas tradicionales y modernos sobre el manejo y aprovechamiento de los escorrentías superficiales se localizan, desde hace varios siglos en las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de México. Estos se aplican tanto en laderas como en valles y representan una opción tecnológica para hacer que los sistemas de producción agrícola, pecuaria y forestal sean permanentemente productivos.

Diseño, trazo y construcción

Los aspectos tecnológicos susceptibles de mejoramiento pueden agruparse en los siguientes grandes rubros:

- Diseño ingenieril de las estructuras de toma, conducción y manejo de los escorrentías en la parcela.
- Mejoramiento del manejo de cultivos y de suelos en la parcela que recibe los volúmenes escurridos.
- Manejo de las áreas de captación (cuencas hidrográficas).
- Incremento de la productividad de la mano de obra mediante esquemas de mecanización adecuados a unidades de tamaño pequeño y de capital limitado.
- Integración de actividades frutícolas, de producción de forraje y ganaderas en los sistemas de cultivos.
- Organización de los grupos de productores en torno a las obras de manejo colectivo en el sistema y a la compra de insumos y comercialización de productos.

Con referencia al primer y tercer punto que requieren del conocimiento de las características hidrológicas de la cuenca bajo estudio existen numerosos intentos de formulación de esquemas de predicción de volúmenes escurridos y búsqueda de relaciones área de captación: área de siembra.

La combinación de estos procesos conlleva a un entendimiento más completo de las técnicas tradicionales, permitiendo así su mejoramiento y optimización. Un ejemplo de este tipo de enfoque realizado en México es el modelo propuesto por Pimentel (1989) utilizando

un modelo paramétrico distribuyendo el relieve de la cuenca en áreas unitarias con parámetros uniformes. En este modelo se utilizan facetas triangulares irregulares para la generación digital del terreno determinando posteriormente los segmentos de los cauces formando así la red de cauces de la cuenca (Figuroa, *et al.* 1990).

En la determinación del hidrograma de salida se utiliza un esquema de cascada. El tránsito de la escorrentía se realiza aplicando la teoría de la onda cinemática y el principio de continuidad expresado en la ecuación del almacenamiento (Figuroa, *et al.* 1990)

Para el mejoramiento del manejo de cultivos y suelos se hace necesario introducir esquemas basados en el modelado del crecimiento de los cultivos utilizando parámetros del suelo, planta y clima. Ejemplo de este enfoque es el trabajo de Fernández (1986), quien desarrolló un modelo hidrológico que utiliza información sobre las características de la cuenca, el clima, los cultivos y el suelo para evaluar el balance de agua de los cultivos de avena, cebada, frijol, maíz, asociación maíz-calabaza y asociación maíz-frijol.

La afinación de este tipo de trabajos y su generalización permitirá contar con herramientas para planear las labores de cultivo y los mejores patrones de cultivo para una área manejada con sistemas de escorrentías en una región dada.

En el **cuadro 18** se describen los aspectos ingenieriles de algunos sistemas de manejo de escorrentías superficiales en el Altiplano Potosino-Zacatecano. El diseño de las principales técnicas de captación de agua de lluvia se refiere a obras de derivación que se utilizan en forma tradicional y se refieren a lo siguiente: bordos de tierra, bordos de piedra y bordos de mampostería, zanjas de derivación, presas derivadoras y diques filtrantes de piedra. Las obras de conducción se refieren a zanjas derivadoras, canales sin revestir, canales revestidos; estos trabajos generalmente se hacen a mano. La distribución del agua se realiza utilizando el método de inundación, buscando que en la mayoría de los casos se deposite tierra-lama para aumentar la fertilidad del suelo (**figuras 43, 44, 45 y 46**). El trazo de estas obras es similar al que se describe en el capítulo “Técnicas de Captación de Agua de Lluvia” en el Tomo I.

En el **cuadro 19** se describen algunos aspectos de manejo y producción de cultivos (granos básicos, hortalizas y frutales) en ocho diferentes localidades del Altiplano Potosino-Zacatecano que se refieren a lo siguiente: localidad, preparación del terreno, especies cultivadas, labores culturales, plagas y enfermedades.

Cuadro 18. Descripción de los sistemas de manejo de escorrentías del Altiplano Potosino-Zacatecano. Aspectos ingenieriles (Fortanelli, 1981; Charcas, 1984; Gallegos, 1985).

Sitios con sistemas establecidos	Obras de derivación	Obras de conducción	Construcción, estructuras y procedimientos de distribución del agua
Santiago, Pinos, Zacatecas	Bordos mediante 2 hileras de postes de 1,0-1,5 m de altura y en medio ramas y tierra	Canales cavados con implementos manuales	Las obras de conducción llevan el agua hasta la parcela y la inundan
San José del Grito Moctezuma, San Luis Potosí	Bordos de mampostería y bordos con tendidos	Canales cavados con implementos manuales	Bordos de tierra y estacados conforman las terrazas. En los bordos se plantan especies nativas
Villa de Ramos, San Luis Potosí	Zanjas diagonales sobre las laderas.	Zanjas derivadoras	Derrame de agua sobre los terrenos de cultivo donde se hace el surcado perpendicular a la pendiente
Serranías Meridionales del Altiplano Potosino, San Luis Potosí	Zanjas diagonales sobre las laderas	Zanjas derivadoras	Mediante alargados diques de estacas y ramaje entretrejido, contruidos perpendicularmente a la pendiente del terreno, se contiene y dispersa el agua de los escorrentías. Los diques, canales derivadores y estacados se reparan anualmente
Planicie Occidental del Altiplano Potosino, San Luis Potosí			
Región Boreo-Central del Altiplano Potosino, San Luis Potosí	Diques de estacas y piedra	Canales hechos manualmente	Mediante bordos de tierra y piedra perpendiculares a la pendiente del terreno se inundan los terrenos de cultivo. Estas estructuras se reparan anualmente
Planicie de inundación del Río La Presa-Justino Bocas. San Luis Potosí	Presas derivadoras a lo largo del río. (En esta zona se tiene una presa de almacenamiento de escorrentías superficiales)	Sistema de canales sin revestir de sección trapezoidal o semicircular	Bordos de tierra, palos y ramas y compuertas de concreto. Anegamiento o inundación de la parcela (enlamado). Esta práctica se realiza cuando el terreno de cultivo está en descanso o el cultivo esta muy desarrollado
Cañada del Río Las Enramadas-Santa María. San Luis Potosí	Presa derivadora de cal y canto, reforzada con bordos de tierra	Canal de tierra de sección rectangular	Boquillas empotradas a la pared del canal de conducción. Inundación de las parcelas de cultivo con agua de avenidas (enlamado). Esto se realiza igual que en el interior, además del riego, con la finalidad de que cuando se infiltre el agua quede una capa muy fértil de "tierra lama"

Cuadro 19. Descripción de los sistemas de manejo de escorrentías en el Altiplano Potosino-Zacatecano. Aspectos de los cultivos (Fortanelli, 1981; Charcas, 1984; Gallegos, 1985).

Sitios con Sistemas	Labores de Preparación	Especies Cultivadas	Labores Culturales	Plagas más Importantes	Enfermedades más Importantes
Santiago, Pinos, Zacatecas	Volteo	Maíz Frijol Calabaza	Deshierbes Escarda	Gusano cogollero, gusano de alambre, gusano elotero, gallina ciega, conchuela, mosquita blanca	Cenicilla (<i>Erysiphe polygoni</i>)
San José del Grito Moctezuma, San Luis Potosí	Volteo Arrope o paso de rastra	Maíz Cebada Trigo Frijol Garbanzo Haba Calabaza Girasol	Escarda Deshierbes Despunte	Gusano cogollero, gusano de alambre, gusano elotero, conchuela, mosquita blanca	Cenicilla (menos incidencia)
Villa de Ramos. San Luis Potosí	Volteo Arrope o paso de rastra 2o. paso de rastra	Maíz Cebada Frijol Calabaza	Deshierbe Escarda	Gusano cogollero, gallina ciega, gusano elotero	Cenicilla (menos incidencia)
Serranías Medionales del Altiplano Potosino. San Luis Potosí	Pasos de arado (volteo) Rastreo	Maíz Frijol Cebada Trigo Chícharo Haba Girasol	Escarda	Gusano cogollero, gorgojo del maíz, conchuela, mosquita blanca	Sin presencia
Planicie Occidental del Altiplano Potosino. San Luis Potosí	Paso de arado en el borde del surco Volteo Paso de viga (paso de rastra)	Maíz Frijol Calabaza Girasol	Escarda	Gusano cogollero, gorgojo del maíz, gusano de alambre, gallina ciega, conchuela, mosquita blanca	Sin presencia
Región Boreo-Central del Altiplano Potosino. San Luis Potosí	Volteo (aflojar y voltear el suelo)	Maíz Frijol Calabaza Girasol Cebada Trigo Garbanzo Lenteja Chícharo	Escarda	Gusano cogollero, gorgojo del maíz, gusano de alambre, gallina ciega, conchuela, mosquita blanca	Sin presencia
Planicie de inundación del Río La Presa-Justino Bocas. San Luis Potosí	Riego Volteo Rastreo (se dan varios pasos)	Maíz Cebada Avena Trigo Frijol Alfalfa Haba Lenteja Hortalizas Girasol	Deshierbe Aporques Escarda Rastreo	Gusano cogollero, gusano soldado, gusano elotero, pulgon de la col, gusano medidor	Chamuscado del jitomate, huitlacoche o carbón del maíz, cenicilla
Cañada del Río Las Enramadas-Santa María. San Luis Potosí	Desborde Barbecho o varias aradas Rastreo Terroneo (desbaratar terrones) Nivelación	Maíz Cebada Frijol Alfalfa Chícharo Haba Cacahuete Hortalizas Condimentos Ornamentales Frutales	Deshierbes Aporques Escarda Apuntalado en frijol y jitomate Alambrado en jitomate	Mielecilla en nogal, mosquita blanca, conchuela, ardiliones y pájaros	Plagueado de la raíz en ajo, encamotado de la raíz en jitomate causada por el nematodo <i>Meloydogine incognita</i> . Secadera en Chile

Figura 45. Derivación y distribución de torrentes, para producción de frutales. San Luis Potosí.



Mantenimiento

Figura 46. Manejo de escorrentías superficiales para producción de frutales. San Luis Potosí.



Normalmente se hace una reparación anual de las estructuras y en la mayoría de los sistemas tradicionales donde la distribución del agua dentro de la parcela es irregular y se tienen problemas de erosión tanto en el canal como dentro de la parcela.

Los canales de conducción son de tierra, excavados a mano y sin una pendiente de diseño que evite la deposición de sedimentos o la erosión de los mismos, por lo que también se reparan anualmente.

En lo referente a las labores de preparación, estas incluyen el volteo o aradura, el arrope o paso de rastra, el cual puede realizarse en dos o más ocasiones. Los cultivos sembrados incluyen en todos los casos, maíz, frijol y calabaza y en aquellos con mayor disponibilidad de agua, trigo, cebada, garbanzo, haba, girasol, chícharo, lenteja, alfalfa y hortalizas. También se pueden encontrar plantaciones de árboles frutales y/o de uso forrajero en los bordos dentro de la parcela. Como labores culturales se realizan el deshierbe, las escardas y el despunte.

Potencial de Producción

Los sistemas de inundación a través de técnicas de derivación y distribución de torrentes permiten incrementar la producción de granos básicos, forrajes, hortalizas y árboles frutales hasta en un 300 por ciento, considerando períodos de 7 a 10 años ya que la variabilidad de la precipitación media anual es considerable. Además, estos sistemas permiten mitigar los efectos de la sequía, los cuales afectan seriamente a numerosas localidades de las zonas áridas y semiáridas de México.

Grado de Complejidad

Estas técnicas de derivación y distribución de torrentes representan niveles de grado intermedio a complejo, ya que requieren de personal técnico especializado o bien productores con gran experiencia en el diseño, trazo, construcción y mantenimiento de las obras.

Limitaciones

De acuerdo a Figueroa *et al.* (1990), los principales problemas a que se enfrentan estos sistemas además de aquellos de índole socioeconómica y que tienen que ver con la desigualdad de las relaciones entre sectores productivos de la economía nacional incluyen lo siguiente:

- Deficiente control del volumen de agua introducido en la parcela. Esto se traduce en volúmenes de escorrentía difíciles de conducir y manejar en las parcelas del productor lo cual puede provocar la destrucción de la obra de derivación y la pérdida por erosión hídrica de las parcelas.
- Canales de conducción mal diseñados. Esto puede provocar deposición de sedimentos o erosión del lecho del canal, habiendo ocasiones en que el agua no fluye a la parcela en el volumen y dirección adecuada.
- Distribución irregular del agua en la parcela. Esto puede provocar frecuentes manchones con exceso o deficiencia de agua que se traducen en producciones muy irregulares.
- Sistemas de distribución deficiente del agua en la parcela. Generalmente se carece de estructuras hidráulicas (vertedores) que permitan una distribución uniforme y segura del volumen captado.
- Baja fertilidad de los terrenos y problemas de salinidad en algunos casos.

- Variedades con poco potencial de respuesta a la aplicación de insumos.
- Problemas de mano de obra para las labores de cultivos en las etapas críticas debido a un uso mínimo de equipos de mecanización agrícola.
- Abandono en el mantenimiento de obras de naturaleza comunal debido a aspectos culturales cambiantes como consecuencia de alteraciones en las relaciones económicas prevalecientes entre sectores de la economía nacional.

Estas limitantes son susceptibles de superarse mediante esquemas tecnológicos que se adecuen a las condiciones imperantes en cada uno de los sistemas de producción.

Impactos socioeconómico y ambiental

Costos y Retornos

Las técnicas de derivación y distribución de torrentes para la producción agrícola en zonas áridas y semiáridas tienen costos que varían de acuerdo al grado de complejidad de las estructuras y a los materiales que se utilizan (tierra, piedra, concreto, etc.). Sin embargo, los retornos permiten ganancias satisfactorias considerando períodos de 7 a 10 años. De este modo se pueden obtener relaciones beneficio costo de 1:2 a 1:3 dependiendo del tipo de cultivo. En el caso de frutales, los retornos son más altos por el valor comercial del producto. Sin embargo, los sistemas de comercialización siguen representando un factor limitante, dado que no hay seguridad permanente para lograr buenos precios de los productos (Salazar, 1986)

Generación de Empleos

La optimización de la productividad de la mano de obra involucra el mejoramiento de los implementos de tracción animal que predominan en estos sistemas a través de la utilización de equipos de bajo costo mejorados para tiro animal. Ejemplos de este esquema son los yunticultores y la multibarra desarrollados por el Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias para la zona centro-norte (Aguascalientes) de México (Sims, 1985). Este equipo cuenta con sus respectivos implementos entre ellos la rastra, sembradoras, cultivadoras, aspersora y carreta para transporte. Otro implemento adecuado a condiciones de pequeña superficie y capital limitado es el motocultor de alto despeje desarrollado en la Universidad de Guanajuato (Campos, 1986).

La introducción de equipo mejorado de tracción animal, no podrá realizarse convenientemente si no se acompaña de modificaciones importantes en las prácticas de producción y de cultivo de los campesinos. En este sentido debe pensarse fundamentalmente en prácticas de cultivo más intensivas, mejor adaptadas a las condiciones de suelo y clima y sobre todo con una mayor integración de la agricultura con la producción pecuaria. Solo de esta manera el gasto suplementario que representa la adquisición de estos equipos podrá verse compensado en los rendimientos.

Los problemas de organización para la adquisición de insumos y venta de productos no deben ignorarse ya que podrían frenar el desarrollo de un esquema de mejoramiento de estos

sistemas al limitar la ventaja económica relativa que darían el uso más eficiente de la mano de obra y de los recursos de la parcela del productor al hacerlo dependiente de los intermediarios para sus procesos de intercambio de bienes y restarle así ganancia a su sistema de producción (Figueroa, *et. al.* 1990).

Sostenibilidad

Las técnicas de derivación y distribución de torrentes en las zonas áridas y semiáridas conllevan a sistemas de producción permanentemente sostenibles ya que estas obras implican conservación de suelos, incremento de la fertilidad del suelo y una mejor utilización del agua de lluvia. Además, permiten mejorar el nivel de vida de los productores y mejorar las condiciones ambientales.

Descripción de casos

Lugar y fecha

La superficie dedicada a la producción agrícola y ganadera en las zonas áridas y semiáridas de México cubre más de 100 millones de hectáreas; las técnicas de derivación y distribución de torrentes han producido resultados satisfactorios, ya que éstas se practican desde hace varios siglos. Las localidades donde los resultados han sido más promisorios son las siguientes: Altiplano Potosino-Zacatecano, Comarca Lagunera (Durango-Coahuila), Chihuahua, Sonora, Zacatecas, Valle de México, Valle de Toluca, Valle de Puebla, Valle de Tehuacan (donde se utilizan las galerías filtrantes), Valles de Oaxaca, Tlaxcala, Hidalgo y Estado de México.

Durante los últimos 20 años, los productores han recibido asesoría de diversas instituciones tales como: 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 Investigaciones en Zonas Desérticas; Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, entre otras.

Características del lugar y de las técnicas aplicadas

Las características del lugar y de las técnicas aplicadas sobre derivación y distribución de torrentes en las zonas áridas y semiáridas de México, se registran en los **cuadros 18 y 19**, donde se presentan solamente ocho casos con el objeto de dar idea acerca de estos sistemas de producción con aprovechamiento del agua de lluvia.

Resultados en la Producción

Los resultados en la producción de granos básicos, forrajes, hortalizas y frutales han sido muy positivos ya que se han generado incrementos hasta en un 300 por ciento de la producción, lo cual ha propiciado mayores ganancias, un mejor bienestar de los productores y un mejoramiento del entorno ecológico.

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: anayam@colpos.colpos.mx

DERIVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE TORRENTES, MÉXICO 2

Hugo A. Velasco Molina,
Ing.Agr., M.S. Ciencias del Suelo, PhD. Química de Suelos,
ITESM, Campus Monterrey, N.L. México

Antecedentes históricos

Evenari (1981), ha descrito sistemas para utilización de aguas de escurrimiento que datan de hace 4 000 años y que fueron encontrados en lo que ahora es el desierto del Negev, en el estado de Israel.

De épocas mucho más recientes, se tiene evidencia de sistemas para el aprovechamiento de escorrentías en la agricultura, usados hace 500 años en lo que actualmente se conoce como Parque Nacional de Mesa Verde localizado en la parte Sur Oeste del estado de Colorado, U.S.A.

A mediados del presente siglo los Departamentos de Agricultura y Conservación de Suelos de los Estados Unidos habían publicado ya un boletín técnico titulado: "Range Improvement through Waterspreading" (Stocker, 1954), que muy posiblemente podría traducirse como: "Mejoramiento de Agostaderos Mediante el Esparcimiento Controlado de Aguas de Escorrentía", donde se explican las bases de este sistema y los magníficos resultados obtenidos en los terrenos donde esta tecnología fue aplicada.

La derivación y distribución de aguas broncas³ o torrentes ocasionales, ha sido también utilizado con fines de producción agrícola. Para este propósito Rome H. Mickelson (1966), diseñó, y estableció un sistema que él denominó "Level Pan System for Intercepting, Spreading and Storing Runoff from a Contributing Watershed", cuya traducción al español podría ser: "Áreas niveladas para interceptar, esparcir y almacenar escorrentías de una cuenca de contribución".

Aspectos técnicos

Descripción

Para el aprovechamiento de torrentes ocasionales, con propósitos de producción agrícola, se pueden utilizar los sistemas que a continuación se mencionan y describen:

Bordos Interceptores

Con este sistema se maneja el esparcimiento controlado de aguas broncas con bordos interceptores y almacenadores construidos sobre la pendiente natural del terreno.

³ Aguas broncas: Se refiere a los volúmenes de aguas de escorrentía que después de haber alcanzado una determinada profundidad, fluyen ocasionalmente pendiente abajo por cauces naturales o bien por superficies inclinadas, en forma no controlada.

Este sistema consta de una presa de retención, construida sobre el cauce de un arroyo ocasional o cárcava y sobre uno de los márgenes del arroyo, a una distancia conveniente aguas arriba del sitio destinado a la presa, se iniciará un canal derivador, o un dique derivador, que conduzca las aguas de escorrentía hacia 1, 2, 3 bordos de desviación, los cuales tienen por objeto distribuir el torrente de agua, restándole velocidad, antes de llegar al primer bordo de retención. Una vez lleno el primer bordo de almacenamiento, el agua saldrá por uno de los extremos de éste con dirección a un segundo; esta operación se repetirá tantas veces como lo permitan los volúmenes de agua de escorrentía (**figura 47**).

Áreas Niveladas

En este sistema se maneja el esparcimiento y almacenamiento de aguas broncas mediante el establecimiento de áreas con superficie y pendiente controladas.

Este sistema consta de un bordo de recepción, que se construye donde el cauce de un arroyo ocasional o cárcava principia a perder su definición. El bordo de recepción deberá tener suficiente altura y consistencia para lograr un almacenamiento temporal del agua y en algún lugar apropiado de éste, se instalará una compuerta a través de la cual se hará desalojar toda el agua almacenada. Pendiente abajo del bordo de recepción se ubica una serie de áreas niveladas, circundadas por bordos que permiten almacenar el agua. En cada área nivelada se instalan dos vertedores, el primero permite la entrada del agua y el segundo su salida después de haber alcanzado una determinada profundidad en el área que deja. El agua después de anegar un área nivelada, pasa a la siguiente a través de un canal de longitud variable (**figura 48**).

Objetivos

- Utilizar volúmenes de aguas de escorrentía conducidos por cauces naturales para el establecimiento de nuevas áreas destinadas a la producción de pastos en terrenos con condiciones naturales o bien a la producción agrícola en superficies definidas de pendiente controlada.
- Impedir la inundación y el azolvamiento de terrenos de cultivo y de núcleos de población ubicados en áreas de influencia de corrientes descendentes.

Ubicación y Selección del Sitio

Para este propósito, se seleccionarán terrenos con suelos profundos que estén claramente ubicados en las áreas de influencia de una corriente pluvial ocasional.

Figura 47. Aspecto general de un sistema de esparcimiento controlado de aguas broncas del tipo “bordes interceptores” donde se observa una presa de retención A), un dique derivador B), tres bordos de desviación C) y cinco bordos de almacenamiento D). Se observan además escurrimientos laterales E) de un área intermedia, hacia el cauce principal. (Fuente: Departamento del Interior, Bureau of Land Management).

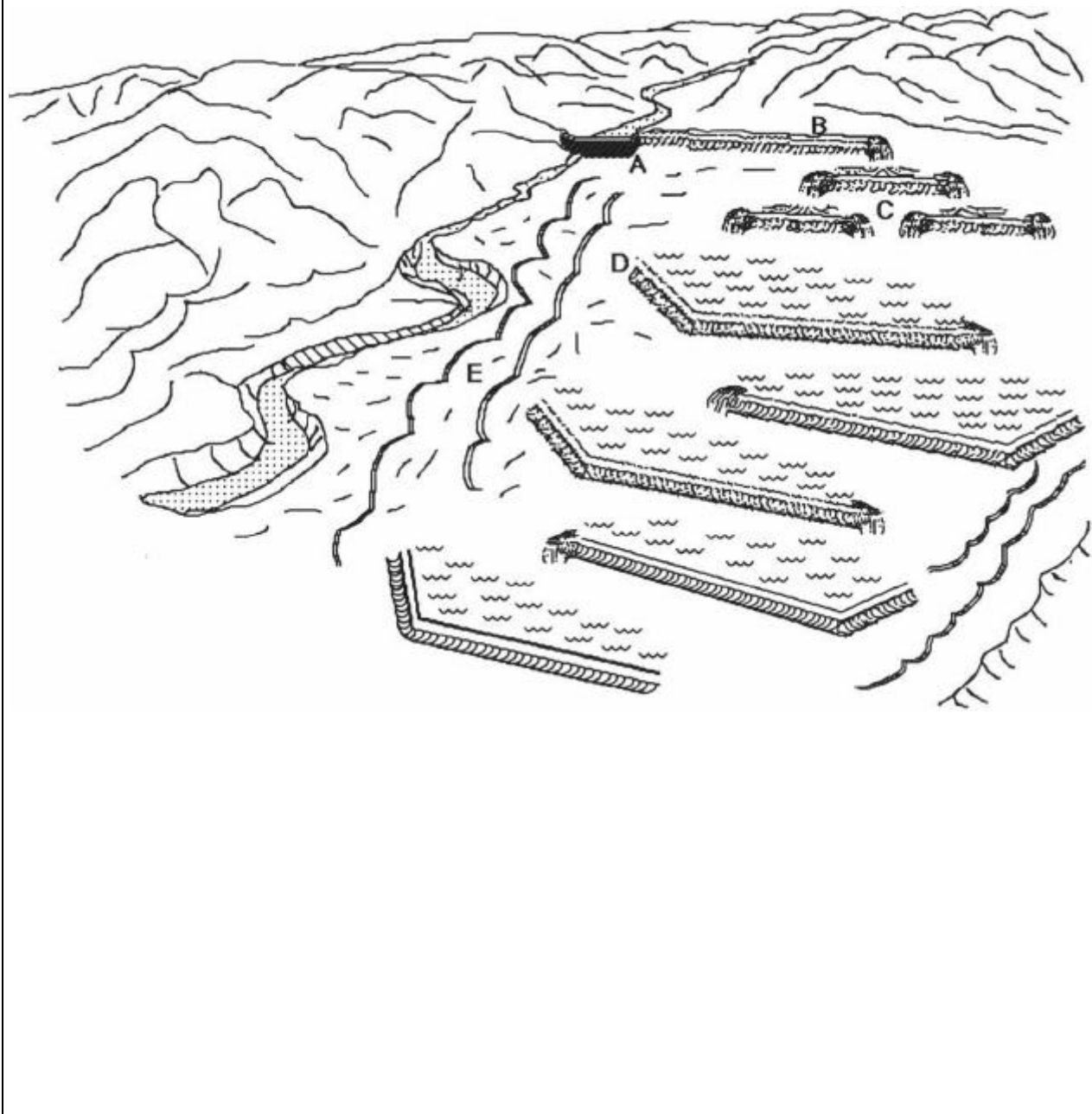
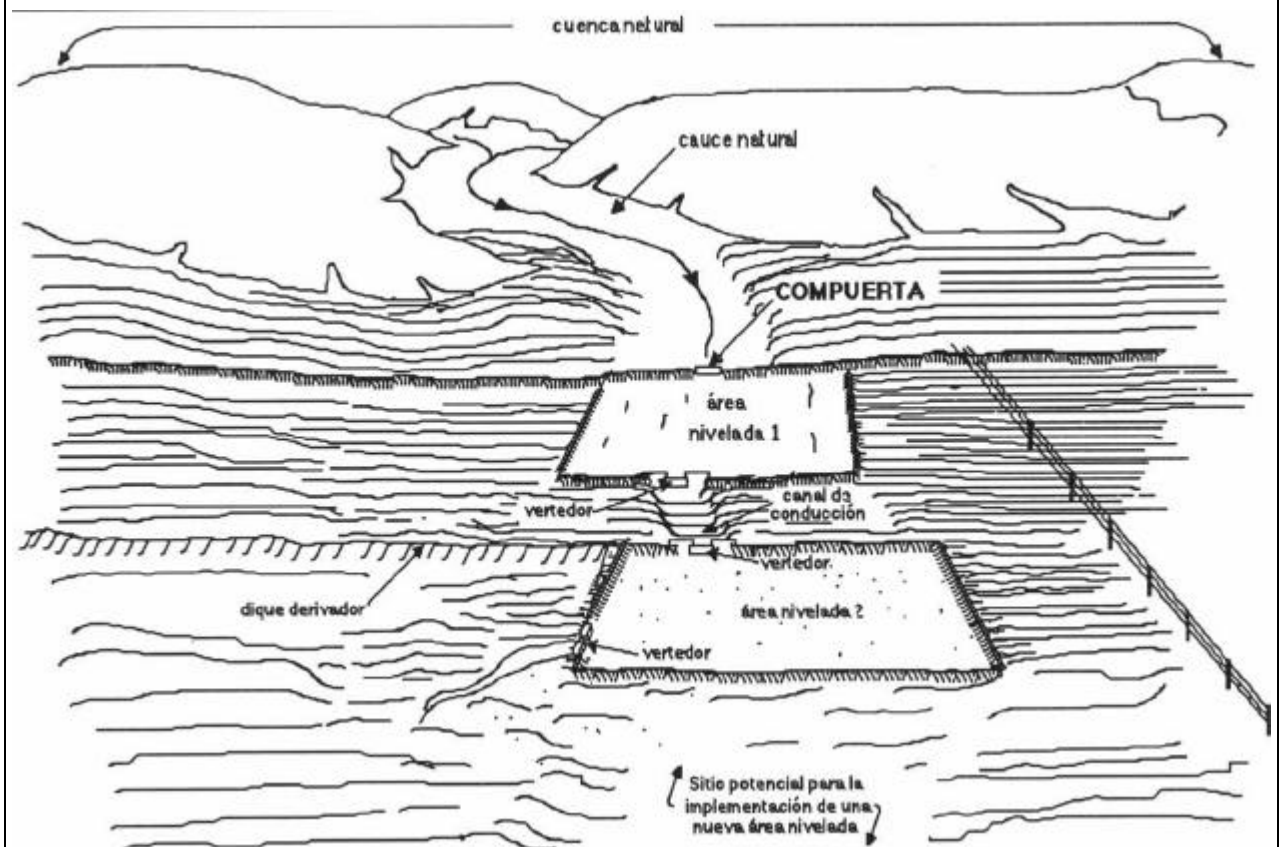


Figura 48. Representación esquemática de un sistema de “Áreas Niveladas” para el esparcimiento y almacenamiento de aguas de escurrimiento. (Fuente: Colegio de Recursos Naturales Renovables de la Universidad de Arizona, EE.UU.).



Diseño

Para el diseño de cualquiera de los sistemas, Bordos Interceptores, o Áreas Niveladas, primeramente se procede a calcular el torrente máximo o la escorrentía máxima de que se

dispone y para este propósito se puede utilizar "El Método Pendiente-Area", que a continuación se describe:

1. Seleccionar un tramo razonablemente recto de paredes lisas dentro de un cauce natural.
2. Dentro del tramo seleccionado, ubique una sección transversal donde puedan apreciarse con claridad las marcas de máximo nivel que dejan las corrientes pluviales en ambos lados del cauce.
3. Si las marcas de elevación máxima que se observaron a ambos lados del cauce, no tienen la misma altura, entonces tome un promedio de las alturas de éstas.
4. Para determinar la superficie de la sección transversal seleccionada, divida el ancho total de la sección en varias partes y luego proceda en forma similar al ejemplo que a continuación se incluye, (obsérvese la **figura 49**).

$$A = \frac{(0 + 0,50)1,6}{2} + \frac{(0,50 + 0,70)1,0}{2} + \frac{(0,70 + 0,85)1,5}{2} + \frac{(0,85 + 1,10)1,4}{2} + \frac{(1,10 + 0,30)1,1}{2} + \frac{(0,30 + 0)1,0}{2} = 4,45m^2$$

5. Luego seleccione un punto a una distancia que puede fluctuar entre 30 y 90 m. aguas arriba (pendiente arriba) de la sección transversal cuya superficie se acaba de determinar.
6. Considerando que la distancia al punto seleccionado fue de 60 m y que en este punto la marca promedio de máxima elevación de las corrientes fue 1,0 m menor. Entonces la pendiente del agua en movimiento será $1/60 = 0,016$.
7. De igual manera deberá seleccionarse otro punto aguas abajo (pendiente abajo), a una distancia de 15 a 30 m de la sección transversal seleccionada. Esta última medición se lleva a cabo con el propósito de comprobar la uniformidad de la pendiente del agua.
8. Determine el perímetro mojado de la sección transversal seleccionada para lo cual se medirá la distancia lineal a partir de una de las marcas de máxima elevación del agua, localizada sobre uno de los taludes para continuar a través del fondo del cauce y luego subir hasta la otra marca de máxima elevación localizada en el talud de enfrente. Para el presente caso se considera un perímetro mojado de 9,12 m.