

## La tecnología de microirrigación

### Una alternativa para el manejo sustentable del agua en la producción de maíz en el estado de Morelos, México

Con el propósito de conservar el recurso agua, mejorar la eficiencia en su aplicación y el aumentar su productividad y la del cultivo, se llevó a cabo un trabajo de campo en el ejido de Ticumán, Morelos, en el ciclo primavera-verano 2003, en un suelo franco-arcillo-arenoso representativo de la zona. Se comparó la eficiencia del sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación con el sistema de riego por gravedad en el cultivo de maíz para grano. Los resultados de los ensayos de campo constituyen un buen ejemplo de cómo se puede ahorrar agua y aumentar la productividad del cultivo. El mayor ahorro en la aplicación del agua (hasta en un 90,2%) y rendimiento de grano (hasta en un 33,4%) correspondió mayoritariamente al sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación. Este sistema no es sustituto sino un complemento de otras prácticas de manejo sustentable de los recursos, proporcionando información y mejores posibilidades de éxito.

**G. Bahena Delgado** • Profesor Investigador UAEM-Campus Oriente.

**M. A. Tornero Campante** • Profesor Investigador C. P. Campus Puebla.



#### Introducción

Uno de los objetivos fundamentales del desarrollo rural sostenible consiste en mejorar las condiciones de vida de la población rural a través del aprovechamiento óptimo de los recursos naturales con que cuentan las distintas regiones y comunidades, preservando los recursos disponibles para las generaciones futuras; dentro de ellos, el agua es uno de los insumos más importantes utilizados en la producción agrícola sin la cual difícilmente se produciría la cantidad y calidad de alimentos que la creciente población demanda, una

agricultura sostenible y mucho más intensiva puede elevar la productividad de recursos que son escasos como pueden ser el suelo y el agua.

En México, la agricultura es una de las actividades productivas donde se presenta el mayor consumo y desperdicio de agua, que oscila entre el 70 y 80 % del agua dulce disponible. Esto se debe principalmente a operaciones ineficientes en su manejo, infraestructura de conducción y distribución deficiente y prácticas de cultivo inadecuadas, resultando en mayores cantidades de agua utilizadas por unidad de superficie y cantidad de alimento producido, teniendo un impacto considerable en el medio ambiente, por ello, se hace necesaria e indispensable hoy en día la utilización de técnicas agrícolas adecuadas que permitan una mayor eficiencia en la conducción, distribución y aplicación del agua y los nutrientes en los cultivos, que contribuyan a elevar la productividad y la calidad brindando la oportunidad a los productores de incursionar en otros mercados para superar la pobreza que persiste en las distintas comunidades rurales del país.

Debido a la creciente escasez de agua y al elevado costo para obtenerla, la agricultura contemporánea debe promover un mejor uso de los recursos naturales como son el ahorro de agua, evitar la contaminación y pérdida del suelo, elevar la productividad con un bajo o escaso impacto negativo en el medio ambiente, por lo que se hace necesario el mejoramiento en las tecnologías existentes para la conducción, distribución y aplicación del agua y nutrientes, que sean de bajo costo, de fácil manejo para los productores y que con-



Por ello, el riego por goteo es el sistema perfecto para cultivos en pequeña escala, principalmente hortalizas ya que reduce el desperdicio de agua hasta en un 90%, evita la contaminación del suelo y los mantos freáticos, conserva el suelo, reduce la presencia de malezas y eleva la cantidad y calidad de los cultivos, por lo tanto los objetivos del presente estudio consistieron en demostrar que el sistema de riego por goteo mejora la eficiencia en el uso del agua en la producción del cultivo de maíz, que el sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación aumenta el rendimiento de maíz, y demostrar que el sistema de riego por goteo aumenta la rentabilidad del agua aplicada en la producción agrícola.

### Metodología

Para el logro de los objetivos planteados se instaló una parcela de 5000 m<sup>2</sup> bajo el sistema de riego por goteo y fertirrigación y otra de la misma extensión bajo el sistema de riego por gravedad en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) para grano durante el ciclo primavera-verano 2003, cultivado en un suelo con textura franco-arcillo-arenoso, se llevó a cabo la preparación del suelo con tracción mecánica, que consistió en un barbecho, una cruz, un rastreo y surcado. 15 días antes de la siembra se tomaron muestras de suelo donde se instaló el cultivo, para caracterizar las propiedades físicas y químicas del mismo.

De igual forma, se tomaron muestras de agua y se determinaron sus características microbiológicas y químicas en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas e Industriales de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

La dosis de fertilizante en el cultivo de maíz fue la 140-60-120, kg de N, P y K tanto en riego por goteo con fertirrigación como en riego por gravedad.

Antes de proceder a sembrar se instaló la tubería del sistema de riego por goteo, se colocaron las cintas de riego sobre el surco, con el gotero hacia arriba para evitar la acumulación de sales y problemas de obturación, se excavó una fosa de 3 x 3 m de ancho y 60 cm. de profundidad para almacenar el agua, enseguida se colocó plástico para evitar la filtración, se instaló el equipo de bombeo el cual consistió en una bomba de gasolina de 1.4 HP.

La lámina de riego fue calculada en base al consumo producido por la evapotranspiración a partir de la evaporación diaria, cuyos datos fueron proporcionados por la estación climatológica de Ticumán Morelos a través de la Comisión Nacional del Agua. Se ajustó por el factor de tanque (0.8), la constante de cultivo (Kc), (que varió de 0.5 hasta 1.0 dependiendo de la etapa fisiológica del cultivo) y se dividió entre la eficiencia del sistema, que fue de 0.9. El riego se aplicó en un principio cada tercer día y posteriormente todos los días.

tribuyen a la producción basados en el respeto por el suelo y el agua, considerando de igual forma el crédito y los mercados.

Bajo esta perspectiva, la agricultura de precisión está relacionada de manera directa con la sostenibilidad de los recursos. En este sentido una de las técnicas que han tomado mayor auge en la producción moderna de cultivos es el sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación, el cual se ha convertido en los últimos años en el tipo de riego más eficiente y económico a largo plazo en todo el mundo, al respecto (Caffey y otros, 2001) mencionan que hoy en día, la sustentabilidad se asocia a una consideración holística -integradora- de los impactos económicos, ambientales, y sociológicos de cualquier tipo de desarrollo.

La agricultura no puede ser sostenible si los productores usan prácticas que no son socialmente aceptables o que no son rentables. Si se acepta que es inevitable usar algunos insumos externos en la producción agropecuaria, la agricultura de precisión (riego por goteo) puede ayudar a manejar esos insumos de forma tal que ayude a conservar el medio ambiente y aumentar la rentabilidad. Usando el conocimiento sitio-específico, la agricultura de precisión puede afinar las dosis de fertilizantes, semillas y otros agroquímicos de acuerdo al tipo de suelo y otras condiciones (Bongiovanni y otros, 2001).

Actualmente la dificultad para tener acceso a cantidades suficientes de agua que requieren las distintas áreas de la producción es más evidente, si consideramos que existe una notable carencia de agua en el mundo y en muchas regiones de México. En la agricultura se considera que en términos generales con el manejo convencional, la eficiencia global de riego a nivel parcelario, es del 45%, lo cual es un pobre aprovechamiento del recurso agua, (Ortiz y otros, 2003).

Por lo tanto, la importancia del sistema de riego por goteo radica en que su aplicación se traduce en una mejor utilización del agua, en controlar la aplicación de fertilizantes, insecticidas y herbicidas, así como suministrar la cantidad de agua exacta requerida por el cultivo en todo momento, además de que posibilita la automatización de todo el sistema reduciendo los costes de mano de obra al mínimo.

**El sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación representa un ahorro de más de mil metros cúbicos en la producción de maíz**

# Boletín de libros

## Biología y cultivos



Serie Técnica nº 17  
**BIOTECNOLOGÍA E INGENIERÍA**  
(VI Premio Eladio Aranda)  
152 páginas **12,26 Euros**



**FRUTALES ORNAMENTALES**  
(Árboles y arbustos)  
R. Cambra y Ruiz de Velasco  
(Coedición con el MAPA)  
520 pp. color **28,85 Euros**



**BIOLOGÍA Y CONTROL DE ESPECIES PARASITARIAS**  
(Jopos, Cuscutas, Striga y otras)  
Luis García Torres  
96 páginas. color **12,02 Euros**



**MAQUINARIA PARA CULTIVO**  
A. Porras Piedra  
144 páginas.  
A color. **16,83 Euros**



Serie Técnica nº 21  
**TECNOLOGÍA EN INVERNADEROS Y CULTIVOS PROTEGIDOS**  
(VIII Premio Eladio Aranda 2003)  
304 páginas. **15 Euros**

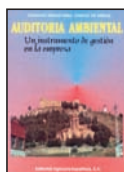


**NOVEDAD**  
**La vid y el vino**  
Serie Técnica nº 23  
**LA VID Y EL VINO**  
(Jornadas en Ciudad Real)  
144 páginas. **12 Euros**

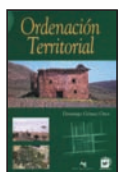
## Medio Ambiente



**ORDENACIÓN DEL TERRITORIO**  
Una aproximación desde el medio físico  
D. Gómez Orea (Coedición con el ITGE)  
240 páginas **27,05 Euros**



**AUDITORÍA AMBIENTAL**  
Un instrumento de gestión en la empresa  
D. Gómez Orea y C. de Miguel  
144 páginas **9,02 Euros**



**Ordenación Territorial**  
D. Gómez Orea  
704 páginas  
**48,03 Euros**



Serie Técnica nº 8  
**LOS CULTIVOS NO ALIMENTARIOS COMO ALTERNATIVA AL ABANDONO DE TIERRAS**  
Fernando Pizarro  
144 páginas **12,02 Euros**

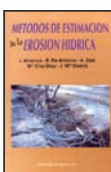


**PLANIFICACIÓN RURAL**  
D. Gómez Orea  
400 páginas  
**18,03 Euros**  
Con 20%= **14,42 Euros**



Serie Técnica nº 10  
**IV PREMIO "ELADIO ARANDA" CULTIVOS ENERGÉTICOS Y BIOCOMBUSTIBLES**  
Fernando Pizarro  
176 páginas **9,02 Euros**  
Con 20%= **7,22 Euros**

## Riegos y Aguas



**MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA**  
Autores varios  
(ETSIA Madrid)  
152 páginas **9,02 Euros**



**INSTALACIONES DE BOMBEO PARA RIEGO Y OTROS USOS**  
P. Gómez Pompa  
392 páginas 190 fig. 75 ilust.  
**21,03 Euros**



Serie Técnica nº 18  
**LOS REGADÍOS ESPAÑOLES. II Symposium Nacional**  
Colegio Ofic.  
Ingenieros Agrónomos de Centro y CEDEX  
716 páginas **22,84 Euros**



**DRENAJE AGRÍCOLA Y RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS**  
Fernando Pizarro  
2ª edición 544 páginas **16,22 Euros**

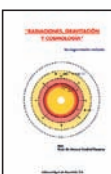


**SANEAMIENTO Y DRENAJE**  
Construcción y mecanización  
A. Vázquez Guzmán  
152 páginas  
**16,83 Euros**



Serie Técnica nº 14  
**IV PREMIO "ELADIO ARANDA" APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR AGRARIO**  
A. Vázquez Guzmán  
384 páginas **22,84 Euros**

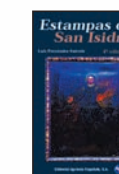
## Varios



**RADIACIONES, GRAVITACIÓN Y COSMOLOGÍA**  
Manuel Enebral Casares  
144 páginas **6,01 Euros**



**DICCIONARIO DE AGRONOMÍA**  
(Español-Ingles-Nombres Científ.)  
Enrique Sánchez-Monge  
704 páginas **39,06 Euros**



**ESTAMPAS DE SAN ISIDRO**  
4ª Edición  
Luis Fernández Salcedo  
230 páginas **6 Euros**



Serie Técnica nº 16  
**I SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE EL MUNDO RURAL**  
536 páginas  
**21,03 Euros**  
Con 20%= **16,82 Euros**



**NOVEDAD**  
**RECURSOS FITOGENÉTICOS**  
J.I. Cubero, S. Nadal, Mª T. Moreno  
192 páginas **15 Euros**

**HAZ TU PEDIDO DE LIBROS Y SUSCRÍBETE A NUESTRAS REVISTAS ON LINE**

## Oleicultura

## Gastronomía



**NOVEDAD**  
**PODA DEL OLIVO**  
(Moderna olivicultura)  
M. Pastor y J. Humanes  
5ª Edición  
376 páginas **30 Euros**



**OBTENCIÓN DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN**  
Luis Civantos  
2ª Edición  
320 páginas **21,03 Euros**



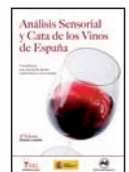
**RECOLECCIÓN DE ACEITUNAS**  
Conceptos necesarios para su mecanización  
Andrés Porras y al.  
120 páginas **15,03 Euros**



**La oleicultura antigua**  
Andrés Arambarri  
200 páginas.  
58 ilust. color **21,03 Euros**



**ACEITE DE OLIVA VIRGEN. Análisis sensorial**  
José Alba, Juan R. Izquierdo y Francis Gutiérrez  
104 páginas **9,02 Euros**



**ANÁLISIS SENSORIAL Y CATA DE LOS VINOS DE ESPAÑA (2ª Edición)**  
Unión Española de Catadores  
368 páginas **40 Euros**



**MANUAL DE APLICACIÓN DE HERBICIDAS EN OLIVAR Y OTROS CULTIVOS LEÑOSOS**  
Mª M. Saavedra, Mª D. Humanes  
80 páginas. A color **16,83 Euros**



**SISTEMAS DE CULTIVO EN OLIVAR. Manejo de Malas Hierbas y Herbicidas**  
Mª M. Saavedra Saavedra M. Pastor Muñoz-Cobo  
440 páginas. **35 Euros**



Serie Técnica nº 22  
**EL OLIVAR Y EL ACEITE**  
Jornadas en Toledo  
M. L. Soriano Martín, A. Porras Soriano, A. Porras Piedra  
112 páginas. **15,03 Euros**



**PROTECCIÓN FITOSANITARIA DEL OLIVAR. Conceptos necesarios para su mecanización**  
M. L. Soriano Martín, A. Porras Soriano, A. Porras Piedra  
112 páginas. **15,03 Euros**

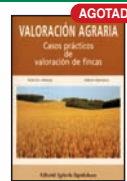
## Comercialización



**COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS AGRARIOS (V Edición)**  
P. Caldentey y T. de Haro  
320 páginas **25 Euros**



**NUEVA ECONOMÍA AGROALIMENTARIA**  
P. Caldentey Albert  
224 páginas  
**15,03 Euros**



**VALORACIÓN AGRARIA**  
Casos prácticos de valoración de fincas  
R. Alonso y A. Serrano  
104 páginas **9,02 Euros**



**PERITACIONES MUNICIPALES**  
A. García Palacios  
288 páginas  
**23,44 Euros**



**PRÁCTICA DE LA PERITACIÓN**  
A. García Palacios y A. García Homs  
264 páginas **22,84 Euros**



**MERCADOS DE FUTUROS**  
(Commodities y Coberturas)  
Jesús Simón  
200 páginas **12,02 Euros**



**VALORACIÓN INMOBILIARIA PERICIAL**  
Alberto García Palacios  
352 páginas  
**23,44 Euros**



**CATASTRO DE RÚSTICA**  
(Guía práctica de trabajos)  
Francisco Sánchez Casas  
152 páginas **6,01 Euros**



Serie Técnica nº 3 y 4  
• **COMPETITIVIDAD DE LA AGRICULTURA ESPAÑOLA ANTE EL MERCADO ÚNICO**  
• **TIERRAS DE CULTIVO ABANDONADAS**  
216 páginas **9,02 Euros** Con 20% = **7,22 Euros**

## Ganadería



**LA DEHESA**  
Coor. Carlos Hdez. Diaz-Ambrona  
320 páginas **15,03 Euros**



**ORDEÑO ROBOTIZADO**  
H. Hogeeven y A. Meijering  
(Vers. español coord. por G. Caja y J. López)  
320 páginas **33,06 Euros**



**MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD Y PLANIFICACIÓN DE EXPLOTACIONES OVINAS**  
Argimiro Daza Andrada  
232 páginas **20 Euros**



**ADITIVOS ZOOTÉCNICOS**  
Alternativas a los antibióticos como promotores del crecimiento  
Coor. C. Fernández Martínez  
128 páginas **15 Euros**



**BIENESTAR ANIMAL**  
Coor. A. Herranz y J. López  
(Coedición con MAPA)  
496 páginas **40 Euros**



**GANADO CAPRINO**  
Producción, alimentación y sanidad  
A. Daza, C. Fernández y A. Sánchez  
320 páginas **25 Euros**



**PRODUCCIÓN PORCINA INTENSIVA**  
A. Quiles y M. L. Hevia  
128 páginas **15 Euros**

## Historia de la agricultura



**FLORES Y PLANTAS EN LA MITOLOGÍA GRIEGA**  
Rafael de Fuentes Cortés  
88 páginas  
**9 Euros**



**AGRICULTURA EN LA TRADICIÓN MUSICAL**  
C. Gobernado Astiz, M. Rubio Cerro, C. Veramendi B.  
168 páginas  
**20 Euros**

## Producciones ecológicas



**TRATAMIENTOS ANTIPARASITARIOS EN GANADERÍA ECOLÓGICA**  
A. Bidarte, C. García y J.F. Irazabal  
64 páginas **9 Euros**



**HOMEOPATÍA OVINA Y CAPRINA**  
A. Bidarte Iturri y C. García Romero  
64 páginas **9 Euros**



**CONTROL BIOLÓGICO Y TERAPIAS NATURALES EN LA CRÍA BOVINA ECOLÓGICA**  
C. García Romero y A. Bidarte Iturri  
104 páginas **9 Euros**



**NOVEDAD**  
**GANADERÍA ECOLÓGICA Y RAZAS AUTÓCTONAS**  
C. García Romero y R. Cordero Morales  
112 páginas **10 Euros**

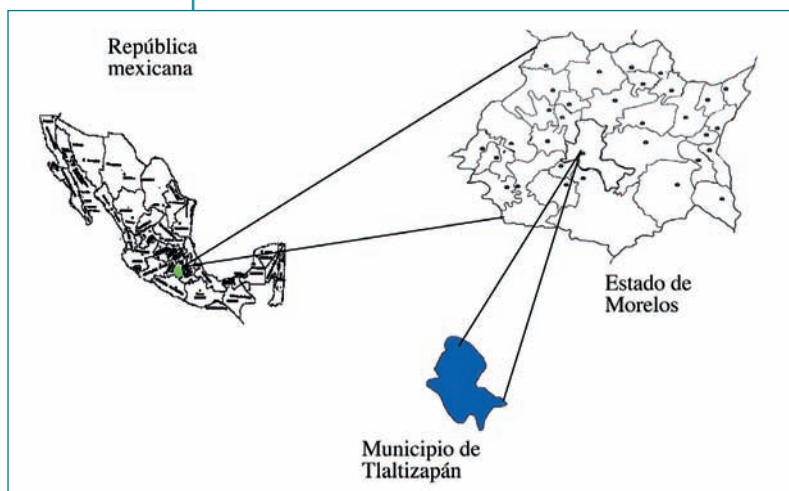
La distancia a la cual se sembró fue de 30 cm, entre plantas depositando dos semillas por mata. El pH del agua de riego aplicada tuvo un valor de 8.6 y no se llevó a cabo ningún proceso de acidificación. En total se dieron 58 riegos en el cultivo de maíz bajo el sistema de riego por goteo y fertirrigación y 10 bajo el sistema de riego por gravedad.

Para saber la cantidad de agua aplicada en cada riego por goteo, se colocaron recipientes a un cuarto del inicio del surco, a la mitad, a tres cuartos y al final del mismo en ambos cultivos. Se ponía en funcionamiento el equipo de bombeo durante una hora, se paraba el equipo y se procedía a medir la cantidad de agua en cada gotero con una probeta graduada.

Para el sistema de riego por gravedad se realizó mediante el método volumétrico proporcionado por la Comisión Nacional del Agua (CNA). El control de malezas fue de forma manual y química. Se aplicaron insecticidas en ambos cultivos para el control de plagas.

La inyección de los fertilizantes en el riego por goteo, se inició una vez que se tuvo el 100% de plantas emergidas. Para ello se colocó una llave de paso a un costado de la tubería de succión del equipo de bombeo con una manguera de 1/2 pulgada de diámetro para la inyección del fertilizante, el cual se disolvía previamente en una cubeta de 18 litros de capacidad. En el sistema de riego por gravedad la fertilización se realizó de manera tradicional (mateado). Las variables evaluadas fueron: rendimiento, cantidad total de agua aplicada y rentabilidad del agua. Para determinar el rendimiento se cosecharon las dos parcelas y los kilogramos obtenidos se ajustaron a toneladas por ha<sup>-1</sup>.

Localización geográfica del trabajo de campo



## Resultados y discusión

### Análisis de agua

Los resultados obtenidos del análisis bacteriológico efectuado a la fuente de agua utilizada en la producción de maíz en el campo Xochimancas ejido de Ticuman, Morelos, provenientes del manantial La Poza, se presentan en la **tabla 1**, en donde se considera que es un agua libre

de coliformes ya que su cauce se encuentra sin la presencia de corrientes de aguas negras que representen una fuente de contaminación, puesto que inclusive es utilizada para surtir de agua a la Comunidad de los Cuartos. Para su análisis se utilizó la NOM-127 SSA1-94, empleada para analizar agua usada en el consumo humano.

Por lo que basándonos en los resultados obtenidos, esta fuente de agua puede utilizarse en la producción de otros cultivos como hortalizas para el consumo nacional. Asimismo se podrá emplear en la siembra de cultivos de exportación donde los requerimientos de higiene son más estrictos, pudiendo representar una alternativa para los pequeños productores para incursionar en los mercados internacionales y explotar otras especies que les redituen mayores recursos económicos.

En la **tabla 2** se presentan los resultados del análisis químico del agua utilizada en la siembra de maíz. Se observa que el agua se encuentra libre de metales pesados y otros elementos que pudieran representar un peligro para la siembra de cultivos y el consumo posterior de los productos y solamente se encontró que existe la presencia de carbonatos de calcio y sulfatos en una proporción mayor a los estándares establecidos lo que podría limitar

**Tabla 1**

Resultado de los análisis bacteriológicos efectuados al agua para riego en enero de 2003

Parámetro	Resultado	Límite máximo de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994
Coliformes fecales	<NMP/100ml (ausencia)	Ausencia o no detectable
Coliformes totales	2 NMP/100ml	Ausencia o no detectable

**Tabla 2**

Resultado de los análisis químicos efectuados al agua para riego en 2003

Parámetro	Resultado	Límite máximo permisible
Aluminio	<L. D.= 0.0288	0.20
Arsénico	0.0016	0.045 (año 2002)
Bario	<L. C.= 0.10	0.70
Cloruros como Cl <sup>-</sup>	32.00	250.00
Cobre	<L. C. = 0.1	2.00
Cromo total	<L. D.= 0.034	0.05
Dureza total (como CaCO <sub>3</sub> )	830.38	500.00
Fluoruros	0.80	1.50
Fe	<L. C. = 0.1	0.30
Fenoles o comp. Fenólicos	<LD	0.30
Manganeso	<L. C. =0.1	0.15
Mercurio	0.0017	0.001
Nitratos	3.15	10.00
Nitritos (como N)	0.008	
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.18	0.50
Sodio	91.0	200.00
Sólidos disueltos totales	908.50	1000.00
Sulfatos como SO <sub>4</sub> <sup>=O<sub>4</sub></sup>	577.09	400.00
Sustancias activas al azul de metileno	<L. D.= 0.0010	0.50

L. D. = Límite de detección, L. C. = Límite de cuantificación

la utilización de sistemas tecnificados de riego en los cultivos cuando no se tiene el cuidado de hacer aplicaciones para disminuir el pH del agua o bien hacer aplicaciones de ácido fosfórico para efectuar la limpieza de las cintas de riego después de la aplicación de los fertilizantes.

### Análisis de suelo

En la **tabla 3**, se presentan los resultados del análisis efectuado al suelo donde se cultivó maíz en el campo Xochimancas. Se observa que es un suelo de reacción alcalina lo que podría limitar la siembra de algunos cultivos, sin embargo puede reducirse el pH con algunos productos acidificantes para reducir los efectos de indisponibilidad de micronutrientes como Fe y Mn. De igual forma presenta adecuadas características físicas que lo hacen apto para tener buena preparación en la siembra de diferentes cultivos, presenta una buena absorción de agua debido a la cantidad de materia orgánica contenida y favorece un buen manejo en las labores culturales traduciéndose en mayores rendimientos.

**Tabla 3**

Características físicas y químicas del suelo campo Xochimancas, ejido de Ticumán, Morelos

Parámetros físicos	pH 1:2 H <sub>2</sub> O 8.1	CE 1:5 H <sub>2</sub> O mmhos/cm 0.19	CIC meq/100g 30.2	M.O. (%) 3.3
Parámetros químicos	N-NO <sub>3</sub> ppm 74	N-NH <sub>4</sub> ppm 16		
Macronutrientes primarios	N 0.17	P ppm 13	K ppm 1	
Macronutrientes secundarios	Ca meq/100g 39.4	Mg meq/100g 2.3	Na meq/100g 0.6	
Micronutrientes	Fe ppm 10	Cu ppm 1	Zn ppm 12	Mn ppm 7
Textura	Arena(%) 55	Limo(%) 20	Arcilla(%) 25	
Clasificación textural	Franco-arcillo-arenoso			

### Producción de maíz

En el sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación se obtuvo un rendimiento total de 9 t·ha<sup>-1</sup>, de grano, en tanto que en el sistema de riego por gravedad y fertilización tradicional se obtuvo un rendimiento de 3t·ha<sup>-1</sup> por lo que el primero superó en rendimiento al sistema de riego por gravedad y fertilización tradicional en un 150 %, lo que indica que al aplicar la cantidad correcta de agua y nutrientes, de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo, se tiene una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes traduciéndose en un mejor crecimiento de las plantas, aumento en el rendimiento de los cultivos, mejor calidad de las cosechas y reducción

**Tabla 4**

Rendimiento total de grano de maíz, precios e ingreso total ciclo P-V 2003

Sistemas de riego	Rendimiento t·ha <sup>-1</sup>	Pesos por tonelada	Ingreso bruto por ha	Diferencia en pesos
Goteo	9	1.600	14.400	9.600
Gravedad	3	1.600	4.800	

con el tiempo de los costos de producción, representando para el productor un incremento significativo en los ingresos por unidad de superficie, ya que en el sistema de riego por gravedad gran parte del agua y los nutrientes son arrastrados hacia lugares no disponibles por las plantas, incrementa los costos de producción y produce contaminación de las reservas de agua subterránea y una pérdida del suelo por erosión.

En la **tabla 4**, se presentan los resultados de la producción total de maíz grano, los precios pagados por tonelada y el ingreso total obtenido por hectárea tanto en el sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación, así como en el sistema de riego por gravedad.

Al respecto (Herrera, 2000) menciona que es el sistema perfecto para cultivos de hortalizas, flores y cultivos en surco, ya que permite ahorrar en la aplicación de fertilizantes, a la vez que asegura un óptimo crecimiento de las plantas, lo cual se traduce a su vez en menores costos de producción para el agricultor/floricultor y mejora la calidad de su producto.

Por su parte (Medina, 2000), considera que el riego por goteo es aquel sistema que permite mantener el agua en la zona radicular en las condiciones de utilización más favorables para la planta, aplica el agua gota a gota, supone una mejora tecnológica importante que contribuirá a una mayor productividad que incide en las prácticas culturales, no se moja todo el suelo, se producen más plantas que en riego tradicional, existe una baja tensión de agua (humedad del suelo inferior a la capacidad de campo), se tiene un ahorro importante de agua y mano de obra, se reducen los costos de producción y se tiene un mejor control de plagas en el suelo. Por otro lado (Lopresti, 2001) explicó que cuando se utiliza el sistema de riego por goteo y fertirrigación la eficiencia del agua produce una mayor altura de plantas y un mayor rendimiento en los cultivos.

Asimismo (Craig, 2001) encontró que la aplicación del riego por goteo es una de las tecnologías más avanzadas de la irrigación de cultivos, ya que utiliza pequeñas cantidades de agua y aumenta los rendimientos sin la lixiviación de los nutrientes ni la degradación de los suelos y la contaminación de los mantos freáticos en comparación con el sistema de riego por gravedad.

Para (Cadahia y otros, 2002) el riego por goteo con la técnica de fertirrigación presenta ventajas de tipo técnico, ecológico y económico, respecto a otros sistemas de aplicación de agua y nutrientes en los cultivos, ya que a través de este sistema se evita la contaminación del suelo y



del agua así como un ahorro significativo de agua y capacidad de utilizar aguas de baja calidad.

En ese mismo sentido (Peralta, 2002) encontró que cuando se utiliza el sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación se tiene un mayor ahorro de agua y fertilizantes, se aumenta la producción de las cosechas y se tiene una mejor calidad de los productos.

(Camp y otros, 2003), informaron que el sistema de riego por goteo se puede utilizar en cultivos de algodón, maíz y cultivos con alto valor agregado como las hortalizas, mejorando su calidad lo que implica precios más altos para el productor al momento de vender sus cosechas.

(Lamb y otros, 2003) explicaron que el riego por goteo con la técnica de fertirrigación reduce la aplicación del agua entre un 35 a 55 % en el cultivo de maíz comparado con otros métodos de riego y aumenta sus rendimientos de manera notable en comparación con una fertilización tradicional hasta en un 50%.

(Allam, 2003) encontró que el riego por goteo resultó ser la técnica más eficaz para obtener cosechas más elevadas en frutales y hortalizas y un mayor ingreso por la venta de las cosechas. Además ha demostrado ser una alternativa viable en el cultivo de maíz y para superficies pequeñas.

### Cantidad total de agua aplicada

En la **Tabla 5**, se presentan los resultados de la aplicación total de riegos y la cantidad total de agua aplicada en ambos sistemas. Se observa que se dieron en total 58 riegos bajo el sistema de riego por goteo, mientras que para

el riego por gravedad se aplicó un total de 10. Si bien es cierto, que en el sistema de riego por goteo se aplicó una mayor cantidad de riegos, la cantidad total de agua al final del ciclo del cultivo resultó menor en comparación del sistema de riego por gravedad representando un ahorro de hasta el 90.1% de agua.

(Berzosa y Chávez, 2000) en trabajos realizados en varias hortalizas cultivadas en sistemas de riego por goteo, muestran una reducción del 25-40% de agua y 15 -20% en fertilizante, un incremento de la producción en un 20-35% y una mejora en la calidad del producto de 15-25%, dependiendo de la especie y variedad. Mientras que (Robles y Grijalva, 2001) encontraron que el consumo de agua del cultivo de melón de verano con riego por goteo es menor a los 50 cm, por lo que el sistema de riego por goteo es una excelente alternativa para hacer un uso eficiente del agua de riego en este cultivo.

Para (Eventt y otros, 2001) cuando se utiliza el riego por goteo y se lleva a cabo una programación adecuada de la irrigación, se tiene una maximización de la producción y la maximización de la eficacia del uso del agua (producción ganada para una cantidad dada de agua aplicada). Esto es de enorme importancia si consideramos que en la actualidad dos elementos que deben cuidarse con mayor énfasis son el suelo y el agua, debido a la degradación que han presentado desde siempre por un manejo inadecuado de los productores, por desconocimiento de técnicas adecuadas.

Estos resultados se asemejan a los explicados por (Ortiz y otros, 2003) que encontraron que con este método de cultivo se logró un ahorro de agua del 25% y en energía eléctrica un 15%. Adicionalmente la superficie cultivada se incrementó en un 18% y el volumen de producción en un 30%, destacando un aumento del 28% en productos agrícolas de exportación.

### Índice de productividad del agua (IPA)

Los resultados obtenidos en el cultivo de maíz para grano muestran que por cada tonelada de maíz producido se utilizaron 85 m<sup>3</sup>/1000 kg de maíz producido mediante el sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación, mientras que en el sistema de riego por gravedad se utilizaron 1286 m<sup>3</sup>/1000 kg de maíz. Lo anterior indica que el sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación representa un ahorro de 1201 m<sup>3</sup> de agua en la producción de cultivos, siendo una alternativa para el ahorro de este recurso.

La mayor rentabilidad del agua en la producción de cultivos se debe a que el sistema de riego por goteo y fertirrigación coloca el agua y los nutrientes cerca de la raíz de la planta y a la escasa evaporación y lixiviación del agua y nutrientes hacia la atmósfera y a capas profundas del suelo. Al respecto, (Altieri, 1999), considera de importancia el cuidado de los recursos y establece los principios ecológicos básicos para estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que sean productivos y conservadores del recurso natural, y que también sean culturalmente sensibles, socialmente justos y económicamente viables.

**Tabla 5**

Agua aplicada en maíz para grano en dos sistemas de riego

Sistemas de riego	No. de riegos maíz	Agua total (m <sup>3</sup> ) en maíz	Diferencia en (m <sup>3</sup> ) maíz riego por goteo	Ahorro de agua (%) maíz riego por goteo
Goteo	58	761	6.953	90,1
Gravedad	10	7.714	-	-

(Caffey y otros, 2001) consideran que es elevado el desperdicio que se tiene en la producción de cultivos, así como la contaminación de los suelos y el agua, por lo que debe corresponder a los gobiernos en sus diferentes niveles, así como a la sociedad en su conjunto, el aplicar de manera puntual los recursos humanos y económicos para solucionar los graves problemas de deterioro ambiental, de lo contrario, en un futuro existirá una carencia de recursos para el desarrollo de las distintas actividades productivas.

Por su parte (Parrot y otros, 2002) consideran que las prácticas agroecológicas muestran una notable mejoría en la productividad, la calidad del suelo y la reducción de plagas y enfermedades en los cultivos. En el caso de la eficiencia de aplicación del agua para la obtención de productos (Clarck y otros, 2003), encontraron que la eficacia del uso del agua es importante cuando se utilizan sistemas de riego que proporcionan la cantidad necesaria de agua debido a los requisitos de evapotranspiración del cultivo.

Por lo anterior, el uso eficiente del agua y los nutrientes aumentan de manera significativa los rendimientos por unidad de superficie, contribuyen a reducir la erosión y conservan los recursos hídricos de la región. Es por eso que se vuelve necesario e indispensable un incremento en la productividad de los cultivos, pero que también se impulsen o promuevan diversas prácticas de conservación de los recursos naturales. En este sentido la sustentabilidad se asocia a una consideración holística -integradora- de los impactos económicos, ambientales, y sociológicos de cualquier tipo de desarrollo.

## Conclusiones

1. El sistema de riego por goteo y fertirrigación se convierte en una alternativa técnica factible de aplicar en pequeñas áreas de cultivo, principalmente en cultivos de hortalizas, con las limitaciones que presenta esta tecnología debido al costo inicial y al escaso conocimiento de los productores en su manejo. Fue posible comprender que en las condiciones actuales de escasez de agua, de carencia de competitividad en la agricultura, del ahorro de recursos en la producción y la falta de productividad que se tiene en la mayoría de las superficies dedicadas al cultivo el sistema de riego por goteo y fertirrigación se convierte en un factor importante para la generación de recursos de las unidades de producción.
2. La aplicación del sistema de riego por goteo con la técnica de fertirrigación permitió mejorar los rendimientos del cultivo de maíz para grano. Además, con el uso de este sistema fue posible la generación de información técnica importante que puede servir para determinar su aplicación en las actividades productivas de las unidades de producción familiar, previa capacitación de los usuarios con pequeñas superficies de cultivo y escasez de agua.
3. Con el sistema de riego por goteo y fertirrigación fue posible obtener la máxima eficiencia de aplicación de agua en el cultivo de maíz para grano. Además, permitió

determinar que el ahorro de agua fue significativo en la producción de este grano y comprender la importancia que representa el agua desde el punto de vista social, económico y del cuidado del medio ambiente a nivel de la unidad de producción.

## Literatura citada

- Altieri, M. A. 1999. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Ed. Cooperativa Uruguaya. Montevideo, Uruguay. 338p.
- Allam, M. 2003. Una tecnología eficiente de la irrigación para los cultivadores de la alfalfa. Centro de investigación y extensión del sudoeste. Universidad del estado de Kansas. Ciudad del Jardín, Kansas. Journal of extensión. Vol. 40, No. 3. 70 p.
- Berzoza, M. M. y Chávez S. N. 2000. Fertirrigación de las Principales Hortalizas en el Distrito de Riego 05 Delicias. CEDEL-CIRNOC-INIFAP-SAGAR. 21p.
- Bongiovanni, R. y Lowenberg, de B. J. 2001. Agricultura de precisión y sustentabilidad. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Córdoba Argentina. 25 p.
- Caffey, R. H., Kazmierczak, R. F. and Avault. J. W. 2001. Incorporating Multiple Stakeholder Goals into the Development and Use of a Sustainable Index: Consensus Indicators of Aquaculture Sustainability. Department of Ag Econ and Agribusiness of Louisiana State University. Staff Paper 2001-8. 40 p.
- Cadahia, C., Eymar, E. y Martín, I. 2002. Ventajas agronómicas, económicas y ecológicas de la fertirrigación. In: "VIDA RURAL". Nº 143. España. 34 p.
- Camp, C.R., Lamm, F.R. 2003. Subsurface Drip Irrigation Systems. Encyclopedia of Water Science. New York, USA. pp 560-564.
- Craig, L. 2001. Water Conservation with Subsurface Drip Irrigation. College of Southern Idaho Jerry Neufeld, Canyon County Extension Educator University of Idaho. 60 p.
- Clark, G. A., Smajstrla, A. G., Zazueta, F. S., Izuno, F. T. Boman, B. J., Pitts, D. J. y Haman. D. Z. 2003. Uses of water in Florida crop production systems. Series of the Agricultural and Biological Engineering Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 94 p.
- Eventt, S., Howell, T. Schneider, A., Upchurch, D. y Wanjura, D. 2001. Drip Irrigation in Corn. United State Department Agriculture (USDA). Bushland TX. 62 p.
- Herrera, E., D. 2000. Riego por goteo. Irrigaciones limitadas. Santa Fe de Bogotá Colombia. 82 p.
- Lamb, F., R. Trooien, T. P. 2003. Subsurface drip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas. Irrigation Science No. 22 Kansas University. 199 p.
- Lopresti, A. 2001. Riego por goteo, concepto y recomendaciones, T-System International, Revista Agro visión, 59: 32.
- Medina, 2000. Riego por goteo teoría y práctica. Editorial Mundi Prensa, Madrid España. 300 p.
- Ortiz, F. P. Amado. A. J. P. 2003. Tecnología para producir maíz con riego subterráneo. Centro de Investigación Regional Centro Norte, manual técnico, Chihuahua, Chihuahua. 60 p.
- Parrot, N. 2002. The Real Green Revolution: organic and agroecological farming in the South, Londres, Greenpeace Environment Trust. 10 p.
- Peralta, J. M. 2002. Buenas prácticas de riego. Editorial del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, (INIA) Carrillanca No., 11, Santiago de Chile. 66 p.
- Robles, C. F. y Grijalva, C. R. L. 2001. Consumo de agua, rendimiento y calidad del melón Honey Dew con riego por goteo en Caborca Sonora. XI Congreso Nacional de irrigación. Guanajuato, Guanajuato. 118 p.