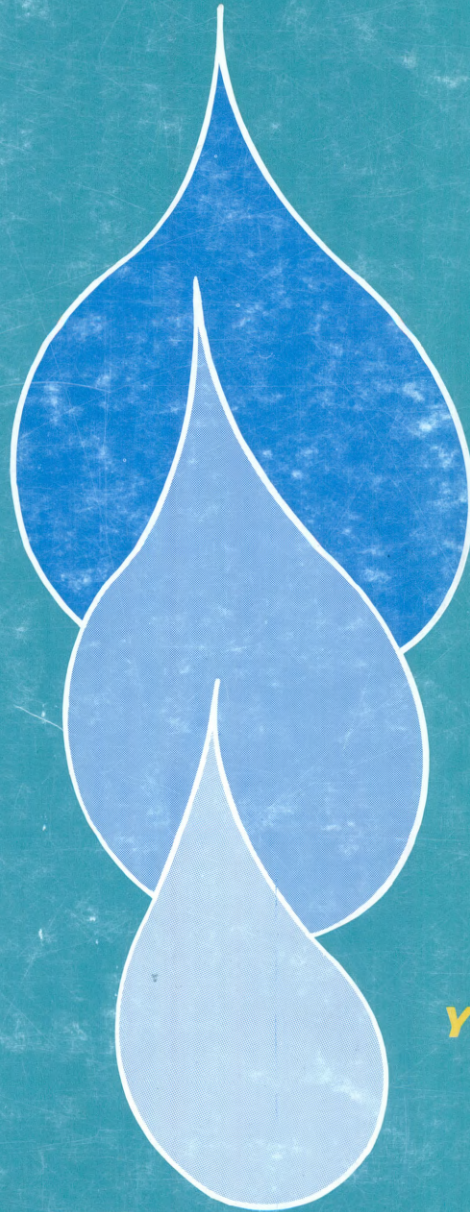


III

Seminario Latinoamericano sobre. RIEGO POR GOTEO



**INSTITUTO
INTERAMERICANO
DE CIENCIAS
AGRICOLAS IICA**

**ASOCIACION
BRASILEÑA DE
IRRIGACION
Y DRENAJE, ABID**

1558s 1980

Campinas, Estado de Sao Paulo Brasil

8 15 de Octubre de 1979



CRIA 632.95 M558s 1980

**Programa de conservacion
y manejo de tierras y aguas
del Instituto Interamericano
de Ciencias Agricolas**

**III Seminario Latinoamericano
sobre. RIEGO POR GOTEO**

Campinas, Estado de Sao Paulo Brasil



8-15 de Octubre de 1979

INFORME FINAL

Editor Ing Agustin Merea

**INSTITUTO INTERAMERICANO
DE CIENCIAS AGRICOLAS-OEA
San Jose Costa Rica 1980**

CONTENIDO

This One



8S6C-NSW-FKU4



El Director General del IICA, doctor José Emilio G. Araujo en el acto de pronunciar las palabras significativas de la apertura de las actividades del III Seminario Latinoamericano sobre Riego por Goteo.



El Ministro de Agricultura de la República Federativa del Brasil Doctor Angelo Amaury Stábile, pronuncia el discurso oficial en nombre de su Gobierno y su país en la Sesión inaugural de III Seminario Latinoamericano sobre Riego por Goteo.



El Senador José Lins Albuquerque, en el acto de "pronunciar su discurso en su carácter de Presidente de la Asociación Brasileña de Irrigación y Drenaje.



un aspecto general de los participantes de distintos países de América y España en el III Seminario Latinoamericano sobre Riego por Goteo, y observadores de instituciones y organismos del Sistema Interamericano.



Ceremonia de Inaguración del II Seminario Latinoamericano sobre Riego por Goteo. En orden de izquierda a derecha. Senador José Lins Alburquerque, Presidente de ABDI; José Irineo Cabral, Director de la Oficina del IICA en Brasil; Ministro de Agricultura de la República Federativa del Brasil; doctor Angelo Amaury Stábile; Director General del IICA, doctor José Emilio G. Araujo; Director General de DNOCS, señor José Osvaldo Pontes.

A. DOCUMENTOS INFORMATIVOS

- A-1 Información General
- A-2 Programa del Seminario
- A-3 Acuerdos, Conclusiones y Recomendaciones
- A-4 Palabras del Dr. José Emilio Araujo, Director General del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas - OEA, en la Ceremonia de Inauguración.
- A-5 Palabras del Senador Dr. José Lins Albuquerque, Presidente de la Asociación Brasileña de Riego y Drenaje, en la Ceremonia de Inauguración.
- A-6 Palabras del Señor Angelo Amaury Stabile, Ministro de Agricultura de la República Federativa del Brasil, en la Ceremonia de Inauguración.
- A-7 Lista de Participantes.

B. DOCUMENTOS TECNICOS

- Doc. 1 Estudio da Lamina e Frecuencia de Irrigacao por Gotejo na Cultura de Figo.
- Doc 2 Respuesta de la Vid (Vitis Vinifera cv. Cereza) regada por goteo a la Minifertilización por el Método de Nijensohon Absorción Radical Extraedáfica (Narex).
- Doc 3 Perspectivas de la Aplicación de la Tecnología del Riego por Goteo en el Desarrollo Agrícola del Valle de Quibor de Venezuela.
- Doc 4 Campo de Demonstracao dos Sistemas de Irrigacao: Gotejamento, Aspersao e Sulcos
- Doc 5 Avances de la investigación en Riego por Goteo en la República Mexicana (1979)
- Doc 6 Método de Control de los Principales Efectos del Interperismo en las Tuberías de Riego por Goteo
- Doc. 7 Efeito da Lamina de Agua e Frecuencia de Irrigacao por Gotejamento na cultura de Pimentao. I-Producao de Frutos Maduros
- Doc. 8 Efeitos da Agua no Solo No Rendimento Industrial da Cana-de-Acucar (*)
- Doc. 9 Análisis Económico y Transferencia de Tecnología en Areas Bajo Riego

- Doc. 10 Funcionamiento Hidráulico de Sistema de Riego por Goteo
- Doc. 11 Características Hidráulicas de Gotejadores
- Doc. 12 Dimensionamento de Linhas Laterais para Irrigacao por Gotejamento
- Doc. 13 El Riego por Goteo en el Minifundio Colombiano 264
- Doc. 14 Irrigacao por Gotejamento en Cana de Acucar com 3 diferentes Espacamentos (*)
- Doc. 15 Datos Preliminares de Producao de Citros Irrigado por Gotejo e Inundacao
- Doc. 16 Algunas Consideraciones sobre el Volumen de Suelo Mojado y su Importancia en el Diseño y Eficiencia de Sistemas de Riego Localizado
- Doc. 17 Estudio de Algunas Características de Fricción en Tuberías de Pequeño Diámetro para Laterales de Riego por Goteo
- Doc. 18 Efeito da Lamina d'água e da Freqüencia de Irrigacao na Producao de Tomate, com Utilizacao de Irrigacao por Gotejamento (*)
- Doc. 19 Equipamentos Nacionais para Irrigacao por Gotejamento
- Doc. 20 Micro Irrigación Agrícola
- Doc. 21 Irrigacao por Gotejamento en Cana-de-Acúcar com 3 Niveis de Agua a partir do Tanque de Evaporacao Classe A (8)
- Doc. 22 Efeito da Lamina de Agua e Freqüencia de Irrigacao por Gotejamento na Cultura de Pimentao. II - Producao de sementes
- Doc. 23 Resumen del Estudio: Bases para el Diseño del Sistema Yacambú Quibor
- Doc. 24 Diseño de Sistemas de Riego por Goteo
- Doc. 25 Uso de los Bulbos de Humedecimiento para Estimar los Parámetros Preliminares de Diseño de Riego por Goteo
- Doc. 26 Irrigacao por Gotejamento e Fertilizacao com N. e K em Tomateiro

(*) Por su extensión y/o no presentación oportuna del original del trabajo, se consigna un resumen de éste.

- Doc. 27 Comparacao dos Métodos de Irrigacao por Sulcos e Gotejo no Maracujá
- Doc. 28 Estudos de Irrigacao por Gotejamento Subsuperficial em Gramados do Eixo Monumental de Brasilia (*)
- Doc. 29 Utilizacao de Princípios e Técnicas do Gotejamento no Delineamento de uma Metodologia de Irrigacao Adequada às Regios Semi-Aridas
- Doc. 30 Metodología para la Evaluación Integral del Riego por Goteo
- Doc. 31 Análisis Económico de Producción de Cultivos de Riego por Goteo
- Doc. 32 Contribuicao ao Estudo hidráulico em Linha de Irrigacao por Gotejamento (*)
- Doc. 33 Distribución de Agua y Sales a través de Riego por Goteo y Surcos. (*)
- Doc. 34 El Riego por Goteo: Una Alternativa Válida para Favorecer el Incremento de la Producción y Productividad Agrícola en los Países Latinoamericanos.

***A. DOCUMENTOS INFORMATIVOS
Y CONCLUSIONES***

III SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE RIEGO POR GOTEO

Documento A-1

INFORMACION GENERAL

El IIIº Seminario Latinoamericano sobre Riego por Goteo, organizado por el Programa de Conservación y Manejo de Tierras y Aguas del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas-OEA (IICA), se celebró en Campinas, Estado de Sao Paulo, Brasil, del 8 al 13 de octubre de 1979. Su responsabilidad fue compartida con la Asociación Brasileña de Irrigación y Drenaje (ABID), que prestó su auspicio y una valiosa colaboración en la organización y desarrollo del certamen.

Objetivos

Los objetivos del Seminario fueron los siguientes:

1. Reforzar el conocimiento y análisis, con apoyo en la experiencia del Brasil y otros países latinoamericanos, de las ventajas y limitaciones del método de riego por goteo como alternativa para impulsar el desarrollo agrícola bajo riego total o suplementario en zonas con limitaciones de agua y suelo en cantidad y calidad.
2. Afirmar el mejor conocimiento del diseño, cálculo, instalación, operación y mantenimiento de equipos de riego por goteo.
3. Continuar favoreciendo el mutuo conocimiento e intercambio de experiencias entre los técnicos latinoamericanos responsables del desarrollo del riego en sus países.
4. Identificar los problemas comunes a los países latinoamericanos que vienen afectando la experimentación y consecuente difusión del método del riego por goteo y sus posibles soluciones.

Participantes

Invitados por intermedio de las Oficinas Nacionales del IICA y conjuntamente por ABID y el IICA en el caso del país sede, participaron en el Seminario técnicos de alto nivel al servicio de instituciones públicas y privadas con responsabilidades en el desarrollo del riego en la Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Chile, Honduras, México, Uruguay, Paraguay y Venezuela. Participaron también, especialmente invitados, técnicos de España, OEA y CIDIAT y especialistas del Programa de Conservación y Manejo de Tierras y Aguas del IICA

con sedes en la Argentina, Brasil, Honduras y Venezuela.

Como se hace constar oportunamente, el Seminario vio realizadas sus sesiones de inauguración y clausura con la participación de altas autoridades del Gobierno de la República Federativa del Brasil; de ABID e IICA.

Programa

Como puede apreciarse en el Documento A-2 de este Informe Final, el Programa del Seminario comprendió las siguientes tres instancias:

1. Sesiones formales de trabajo que, con inclusión de las ceremonias de inauguración y clausura, se desarrollaron los días 8, 9 y 10 de octubre en el Salón de Conferencias y Convenciones del Campinas Palace Hotel, Avenida Irma Serafina 710, Campinas. En las mismas, fue expuesto un total de 34 trabajos, con apoyo en cuya consideración y debate se emitieron los acuerdos, conclusiones y recomendaciones del Seminario que pueden apreciarse en el Documento A-3 de este Informe.
2. Visitas de campo, en los días 11 y 12 de octubre, para la apreciación de aplicaciones de riego por goteo a nivel comercial en predios privados ubicados en diferentes zonas agrícolas del Estado de Sao Paulo.
3. Visita de campo optativa, que, contando con la participación de la mayor parte de técnicos extranjeros y un selecto grupo de técnicos brasileros, realizó el sábado 13 de octubre a la Granja Nogao, con 30 hectáreas de cultivos diversos bajo riego por goteo, ubicada en Mogi das Cruces, Estado de Sao Paulo.

Los detalles del programa reseñado fueron oportunamente coordinados por ABID y el IICA, incluyendo el orden de presentación de los trabajos que fueran expuestos por técnicos de la Argentina, Brasil, Colombia, México, Venezuela y España, países que registran significativos avances en la aplicación del método de riego por goteo a nivel experimental. Oportunamente también, en ocasión de las invitaciones que se cursaran para participar en el Seminario, se hizo conocer un detalle preliminar del programa que nos ocupa.

Sesion Inaugural

La sesión de inauguración se llevó a cabo, como se ha adelantado, en el Salón de Conferencias y Convenciones del Campinas Palace Hotel.

Presidió el acto el Sr. Angelo Amaury Stabile, Ministro de Agricultura de la República Federativa del Brasil. Estuvo acompañado por el Presidente de ABID, Senador Dr. José Lins Albuquerque; el Director General del IICA, Dr. José Emilio G. Araujo; el Director Ejecutivo de ABID, Ing. Agr. Jader Fernandes de Carvalho; el Director de la Oficina del IICA en Brasil, Dr. Irineu Cabral y otros ejecutivos del Gobierno Federal, del Estado de Sao Paulo, ABID e IICA.

El Dr. José Emilio G. Araujo inició el acto, dejando constancia en primer término, de su renovada satisfacción de participar en la ceremonia inaugural de una reunión que, como las que le precedieran en la Argentina, 1975, y en México, 1977, perseguía profundizar en el análisis de los aspectos técnicos, económicos y sociales del método de riego por goteo, un instrumento promisorio para contribuir al racional aprovechamiento de un recurso escaso como el agua, vital para el mejor éxito de la actividad agrícola en importantes áreas latinoamericanas y, en especial, en las habitadas por pequeños y medianos productores.

Resaltó que su satisfacción era aún mayor por la presencia en el acto de altas autoridades brasileñas y la participación de calificados conferencistas y expositores y de un selecto grupo de profesionales y técnicos del Brasil, de otros 10 países latinoamericanos y de España, el Dr. Araujo, a la luz de la experiencia vivida en los dos años transcurridos desde el Seminario de México, complementó los comentarios que hizo en dicha ocasión sobre la agricultura bajo riego latinoamericana, citando, con apoyo en diferentes fuentes, una serie de cifras y estadísticas que señalan meridianamente que los países latinoamericanos deberán multiplicar sus esfuerzos en la década del 80, en una escala sin precedentes para la mayoría de ellos, para lograr alcanzar las metas que se les han fijado en lo relacionado con la producción agrícola, en especial de alimentos, orientadas a satisfacer, progresiva y suficientemente, las legítimas aspiraciones a mejores niveles de vida y de alimentación de sus poblaciones.

Entre otros aspectos, el Dr. Araujo se refirió también a los objetivos fundamentales asignados por los países latinoamericanos al Instituto bajo su dirección orientados a apoyar técnicamente los esfuerzos en definir, implementar y aplicar, en la mejor forma y en un todo de acuerdo a las respectivas realidades socio-económicas de dichos países, políticas nacionales integradas para el desarrollo agrícola; destacando la colaboración que el IICA, al igual que lo hace en otros países de la Región, viene prestando a diferentes instituciones brasileras con responsabilidades en el desarrollo de la irrigación y su mejor disposición e interés en aumentar al máximo dicha colaboración para el más rápido y efectivo éxito de los nuevos y vigorosos programas destinados a la pequeña y mediana irrigación anunciadas por el Gobierno del Brasil.

Después de exponer algunas consideraciones sobre los motivos que llevaron al IICA, con el valioso auspicio y colaboración de las instituciones orientadoras del desarrollo agrícola en los países donde se realizaran, a organizar y llevar a cabo este tipo de reuniones, el Dr. Araujo agradeció la presencia del Presidente de ABID, Ministro de Agricultura y de otros directivos y la colaboración y apoyo de las instituciones que representaban, reconocimiento que extendió a los representantes de las industrias brasileras fabricantes de equipos de riego por goteo presentes. Terminó, expresando su convicción de que los participantes del Seminario dejarían valiosas contribuciones para el tratamiento de la problemática específica del riego por goteo, que permitirían capitalizar al máximo las promisorias posibilidades de aplicación de dicha tecnología en las áreas más castigadas, por limitaciones de

aguas y suelos, de la América Latina y demás regiones semejantes del mundo en desarrollo.

A continuación del Dr. Araujo, hizo uso de la palabra el Senador Ing. José Lins Albuquerque, Presidente de la Asociación Brasileña de Irrigación y Drenaje (ABID). En primer término, señaló que para la institución de su presidencia era sumamente honroso participar, como co-promotor con el IICA, en la organización y desarrollo del Seminario, destacando que la invitación para el efecto la habían recibido como un verdadero desafío, comprometiendo todos sus esfuerzos y recursos para el éxito del Seminario, primera incursión de ABID en el área internacional.

En relación con la natural aprensión inicial de poder satisfacer las expectativas del IICA, puntualizó que aquella se había disipado totalmente al comprobar, por una parte, el expresivo comparecimiento de tan numeroso y selecto número de técnicos de los países latinoamericanos y del Brasil y, por otra, el apoyo recibido de las autoridades federales, estatales y municipales, todo lo que le permitía asegurar, como pleno coronamiento de los esfuerzos conjuntos del IICA y ABID, el completo suceso del Seminario.

Después de agradecer la honrosa presencia del Sr. Ministro de Agricultura y otras altas autoridades nacionales y del IICA, cuya presencia en la ceremonia de apertura del Seminario daba dimensión de su importancia y constituía una firme esperanza del apoyo oficial que se brindaría a sus conclusiones y recomendaciones, el Senador Lins Albuquerque expresó una serie de importantes consideraciones, sobre la problemática de la irrigación en el Brasil.

Destacó así que hasta hace algunos años, la irrigación en el Brasil, en términos de gobierno, no pasaba de perspectivas o proyecciones para el futuro, en contraste con lo que se apreciaba en la actualidad, en que la irrigación constituye un proceso irreversible en la agricultura brasileña, habiendo pasado de un mero instrumento de regularización de la producción agrícola en áreas de escasas precipitaciones pluviométricas, como el Nordeste, hasta un impoescindible suplemento para el mejor suceso de las cosechas anuales de los estados centromeridionales del país.

En relación con el riego por goteo, señaló que éste tiene especiales atractivos para la irrigación nordestina, donde la escasez de agua, derivada de la propia escasez de precipitaciones pluviométricas, es el principal factor limitante para el progreso de la agricultura. Así, calificó el método como el ideal para el aprovechamiento racional de los menguados recursos de agua del Nordeste, en especial de sus aguas subterráneas y las disponibles en los embalses construidos.

Reconociendo que el Brasil está dando sus primeros pasos en el campo del riego por goteo, el Senador Lins Albuquerque enfatizó los pasos significativos dados por la industria nacional de equipos para este método de riego, que con gran esfuerzo viene atendiendo la demanda interna de un mercado en expansión. Al respecto, manifestó que ABID se sentía orgullosa de contar entre sus asociados a destacadas figuras de ese empresariado, a quienes agradeció su valiosa contribución para la realización del Seminario y felicitó por su espíritu pionero y coraje, que transmitía confianza sobre el futuro del riego por goteo en en Brasil.

En esta instancia, el Presidente de ABID, apartándose del texto escrito de su discurso (Documento A-6), expresó una serie de consideraciones adicionales sobre los problemas del desarrollo de la irrigación en el Nordeste del Brasil, que demostraron fehacientemente su profundo conocimiento de los mismos y su gran interés por su más rápida solución. Para terminar, reiteró su agradecimiento personal y de la institución de su presidencia a los asociados, técnicos y autoridades presentes que, de una manera u otra, facilitaron la realización del Seminario.

Culminada la intervención del Senador Lins Alburquerque, hizo uso de la palabra el Señor Angelo Amaury Stabile, Ministro de Estado de Agricultura del Brasil. En primer término, en nombre del Gobierno Brasileño, dio la bienvenida a las delegaciones de los países latinoamericanos representados en el Seminario. Para expresar inmediatamente después una serie de consideraciones en lo relacionado con la responsabilidad de los países en desarrollo, entre los cuales se ubican los países latinoamericanos, sobre la urgencia de aumentar la producción y productividad agrícola teniendo en cuenta la tasa acelerada de crecimiento demográfico y el alto grado de desnutrición que registran grandes sectores de su población derivados fundamentalmente de la mala calidad de la alimentación y la escasez efectiva de alimentos.

Continuando, el Sr. Ministro de Agricultura expresó que dentro del contexto puntualizado, se situaba la opción del Gobierno del Brasil, dando prioridad al desarrollo agrícola como instrumento de promoción social, de mejoría de la calidad de vida de la población y respuesta a los tres grandes desafíos que el Brasil enfrenta en la coyuntura actual, a saber:

1. El desafío de contener el aumento de los precios de los alimentos, para permitir la elevación del ingreso real de los trabajadores y contribuir a la elevación del ingreso real de los trabajadores y contribuir a la contención del actual proceso inflacionario;
2. El desafío de contribuir al equilibrio de la balanza de pagos, generando excedentes exportables, con lo que se espera prestar alguna contribución a la elevación de la oferta mundial de alimentos, en un cuadro de trágica escasez; y
3. El desafío de colaborar al desarrollo de fuentes alternativas de energía, a fin de permitir la autosuficiencia del país en combustibles.

En relación con los desafíos puntualizados, que el Sr. Ministro calificó de comunes, en todo o en parte, a los pueblos de América Latina, enfatizó que encuentros de la naturaleza del Seminario viabilizan un intercambio efectivo de experiencias y suma de conocimientos, objetivando una mejor utilización de los recursos naturales disponibles en nuestros países.

Inciendiando nuevamente sobre el Brasil, el Sr. Ministro señaló que su país, con tierra, agua y clima favorables, aliados a una adecuada tecnología, se proyectaba como un gran productor de alimentos. A tal efecto, destacando que el riego y el drenaje constituirán valiosos instrumentos para la expansión de nuevas áreas de producción y obtener altos índices de productividad, puntualizó que técnicos del Ministerio a su cargo habían

identificado cerca de 28 millones de hectáreas irrigables actualmente sin aprovechamiento económico, sin incluir en dicha superficie las áreas existentes en el Pantanal do Matto Grosso y la Isla do Bananal, todavía no estudiadas. Al respecto, señaló también que actualmente se utiliza sólo el 26% de vasto territorio del Brasil, o sea, menos de 200 millones de hectáreas, siendo 50 millones dedicadas a la agricultura y los restantes 150 millones a la actividad pecuaria, con el agravante de que todavía son bajos los índices de productividad registrados.

En relación con la problemática tratada, el Señor Ministro expresó que el Gobierno del Brasil, a través del Ministerio de Agricultura, actuando en estrecha colaboración con el Ministerio del Interior, desarrollaría un programa nacional de aprovechamiento racional de varzeas irrigables PROVARZEAS Nacional. Agregó, que en los próximos cinco años se invertirán 10.000 millones de cruzeiros en dicho programa, que en su primera fase operará en 10 Estados, a nivel de propiedad, cuyas metas detalló y pueden apreciarse en el Documento A-6 de este Informe Final.

Después de brindar la detallada exposición sobre las perspectivas del Brasil en materia de desarrollo agrícola bajo irrigación, que se ha reseñado anteriormente, el Sr. Ministro enfatizó la responsabilidad que a los especialistas en riego por goteo les cabe en dicha materia, en el sentido de desarrollar sistemas o metodologías para que los países de la América Latina puedan aumentar su productividad agrícola y disminuir los riesgos de onerosas frustraciones de cosechas. Dentro de ese contexto, señaló también que el Seminario trasciende el análisis de técnicas específicas de irrigación, ya que sus participantes tenían bajo su responsabilidad y debían llevar de vuelta a sus comunidades un esfuerzo redoblado para motivar todos los sectores envueltos en la producción agrícola, orientado al aprovechamiento racional de sus recursos hídricos.

Después de calificar como el esfuerzo más noble y necesario el requerido para extraer de la tierra y el agua todo su potencial de producción, el Señor Ministro dio término a su intervención declarando inaugurado formalmente el Seminario, a nombre del Gobierno del Brasil.

Con la última intervención reseñada se dio término a la ceremonia inaugural del Seminario, pasándose a un cuarto intermedio, en el cual las autoridades presentes recibieron el saludo de los participantes e invitados especiales.

Sesiones de Trabajo

Con muy ligeras variantes en el orden de presentación de los trabajos registrados, las sesiones de trabajo se ajustaron a la parte pertinente del Programa Oficial del Seminario que puede apreciarse en el Documento A-2 de este Informe.

Dichas sesiones fueron presididas alternativamente por técnicos de los países representados, actuando como secretarios permanentes los Ings. Dirceu D'Alkimin Telles y Agustín Merea Canelo, Director Regional Sao Paulo de ABID y Telles y Agustín Merea Canelo, Director Regional de ABID y

Coordinador del Programa de Conservación y Manejo de Tierras del IICA, respectivamente.

De acuerdo con el Programa, el Ing. Merea Canelo dió inicio a las sesiones de trabajo con un Informe de Secretaría, incidiendo en especial sobre las reglas a seguir en el desarrollo del Seminario.

Inmediatamente después, se procedió en las instancias previstas, a la presentación sucesiva de los trabajos oficialmente programados, intercalándose en éstos algunos que por razones de fuerza mayor no figuraban en la relación oficial oportunamente impresa y distribuida. Para el mejor seguimiento de las exposiciones, se entregó a los participantes, con la anticipación del caso, resúmenes escritos de las mismas.

Los expositores, en la generalidad de los casos, complementaron sus presentaciones con ayudas visuales, absolviendo en la parte pertinente, las consultas y aclaraciones que les fueron formuladas. Con pocas excepciones, derivadas de su extensión o no entrega oportuna, los trabajos expuestos se incluyen como Anexos de este Informe Final.

En la instancia correspondiente, con apoyo en las conclusiones e ideas derivadas de las exposiciones efectuadas, los participantes hicieron llegar a la Secretaría del Seminario sus sugerencias de acuerdos, conclusiones y recomendaciones. Para su estudio y compatibilización en un proyecto se designó a un grupo conformado por especialistas del Brasil, Argentina, México y Venezuela, el cual, presentado a la consideración del plenario por la Secretaría, fue aprobado, con muy ligeras variantes, por unanimidad. Dichos Acuerdos, Conclusiones y Recomendaciones pueden apreciarse en el Documento A-3 de este Informe Final.

Sesión de Clausura

El Seminario, de acuerdo con el Programa, se clausuró a las 18 horas del 10 de octubre. El acto estuvo presidido por el Dr. Roberto Cavalcanti, Secretario de Planeamiento del Ministerio del Interior de la República Federativa del Brasil, en representación del titular de dicho portafolio, Dr. Mario David Andrezza. En la mesa de honor, acompañaron al Dr. Cavalcanti, el Dr. José Emilio Araujo, Dr. Irineu Cabral e Ing. Agustín Merea, en representación del IICA; el Dr. Nilo Pecanha Araújo de Siqueira e Ing. Dirceu D'Alkimin Telles, en representación de ABID y el Ing. Carlos Alberto de Oliveira, del MINTER.

En breves intervenciones, los Doctores Araújo de Siqueira y Cabral y los Ings. D'Alkimim Telles y Merea, hicieron mención de los alcances y labor desarrollada en la etapa deliberativa del Seminario. A continuación, el Dr. Jaime Leal Diaz, especialista mexicano, hizo uso de la palabra en representación de los participantes, manifestando el reconocimiento y satisfacción de los mismos tanto por la correcta organización y desarrollo del Seminario como por el alto nivel y superación mostrado en la etapa de exposición de trabajos y debates cumplida, circunstancias éstas que habían permitido la cabal satisfacción de los objetivos fijados al encuentro, señalando también la general complacencia y expectativa por la recomendación

formulada al IICA de organizar, en colaboración con instituciones de Venezuela, el IV Seminario, con ampliación de sus alcances a otros métodos de riego localizado o microirrigación.

Al término de las intervenciones señaladas, hizo uso de la palabra el Dr. Roberto Cavalcanti. En una primera instancia, enfatizó la satisfacción del Ministerio del Interior del Brasil de haber apoyado la realización de un encuentro cuyos objetivos guardan tan estrecha relación con una de las actividades fundamentales del MINTER, o sea, el desarrollo de la irrigación. Continuó, felicitando al IICA y ABID por el esfuerzo conjunto de haber organizado y llevado a cabo con tanto éxito el Seminario, felicitación que extendió a los destacados especialistas que con sus aportes técnicos y dedicación habían facilitado el éxito puntualizado. Finalmente, después de otras expresiones estrechamente relacionadas con la problemática del desarrollo agrícola bajo riego y de desear un feliz retorno a sus países a los participantes extranjeros, procedió a declarar clausurada oficialmente la primera etapa del III° Seminario.

En instancia inmediata a la clausura reseñada, la secretaría del Seminario procedió a distribuir entre los participantes, los certificados de asistencia pertinentes, firmados por el Senador José Lins Albuquerque y Dr. José Emilio Araujo, en su carácter de Presidente de ABID y Director General del IICA, respectivamente.

Jornadas de Campo

Como se adelantó, de acuerdo con el Programa Oficial del Seminario, se realizaron dos series de visitas de campo.

En la primera, de carácter formal, realizada entre los días 11 y 12 de octubre, se visitaron propiedades agrícolas ubicadas en diferentes zonas del Estado de Sao Paulo, donde los participantes pudieron apreciar en detalle a aplicaciones de riego por goteo a nivel comercial para cultivos tales como café, naranja, ciruela, damasco, manzana, higo y vid, en extensiones que variaron desde 80 a 12 hectáreas.

La segunda, de carácter optativo, se realizó a la Granja Nogao, de 30 hectáreas de extensión, con cultivos bajo riego por goteo de mandarina, pera y ciruela, con más de cuatro años de implantación.

Las visitas reseñadas constituyeron un valioso complemento de las exposiciones técnicas de la etapa deliberativa del Seminario. En todas ellas, los participantes recibieron detalladas explicaciones de los técnicos y propietarios responsables del manejo de los respectivos predios y resúmenes escritos de los criterios seguidos en el diseño, instalación, operación y mantenimiento de los equipos de riego por goteo de diferentes tipos observados.

Agasajos

Con la gentil colaboración de los fabricantes brasileños de equipos de riego por goteo, Dangotas Irrigación Ltd. (DANGOTAS) y Tecnología

de Irrigación Ltd. (IRTEC), y de los propietarios de los predios visitados, los participantes fueron agasajados con almuerzos de campo durante los tres días de visitas reseñadas anteriormente.

Documento A-2

PROGRAMA DEL SEMINARIO

8 de octubre

- 8:00 - Inscripción y registro de participantes
- 10:00 - Sesión Inaugural
- Palabras del Dr. José Emilio G. Araujo, Director General del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA)
- Palabras del Senador Dr. Jose Lins Albuquerque, Presidente de la Asociación Brasileira de Irrigación y Drenaje (ABID)
- Inauguración oficial del Seminario por el Ministro de Agricultura del Brasil, Sr. Angelo Amaury Stabile
- 11:00 - Receso
- 11:15 - Informe de Secretaría por el Ing. Agustín Merea Canelo, Coordinador del Programa de Conservación y Manejo de Tierras y Aguas del IICA
- 11:30 - Exposición del trabajo "*Estudo da Lâmina e Frequência da Irrigação por Gotejo na Cultura do Figo*", por Antonio F.L. Olitta, Fladimir R. Sampaio, Décio Barbin, del Brasil.
- 12:00 - Exposición del trabajo "*Respuesta de la Vid (Vitis Vinifera cv. Cereza) regada por goteo a la Minifertilización por el Método de Nijensohn de Absorción Radical Extraedáfica*", (Narex), por León Nijensohn, Mario J.C. Oriolani y Maria Elena Quiroga de Oriolani de la Argentina.
- 12:30 - Receso
- 14:30 - Exposición del trabajo "*Perspectivas de Aplicación de la Tecnología del Riego por Goteo en el Desarrollo Agrícola del Valle de Quibor en Venezuela*", por Carmen Bohorquez, de Venezuela.
- 15:00 - Exposición del trabajo "*Campo de Demonstração dos Sistemas de Irrigação: Gotejamento, Aspersão e Sulcos*", por Dirceu D'Alkmin Telles, Helio C. Matsucuma, Victor M. R. Mendes, del Brasil.
- 15:30 - Exposición del trabajo "*Avances de la investigación en Riego por Goteo en la República Mexicana (1979)*", por Efren Peña Peña, S. Felipe Mendoza Moreno, Francisco Vega Sotelo y Arturo Rodríguez Carranza, de México.

- 10:45 - Exposición del trabajo "*Algunas Consideraciones sobre el Volumen de Suelo Mojado y su Importancia en el Diseño y Eficiencia de Sistemas de Riego Localizado*", por José Manuel Hernandez Abreu, de España.
- 11:15 - Exposición del trabajo "*Estudio de Algunas Características de Fricción en Tuberías de Pequeño Diámetro para Laterales de Riego por Goteo*", por Jesús Paraqueima, de Venezuela.
- 11:45 - Exposición del trabajo "*Efeito da Lâmina d'água e da Frequência de Irrigação na Produção de Tomate, com Utilização de Irrigação por Gotejamento*", por Bernardo Salassier, José Francisco da Silva, Marcio Motta Ramos y Tarciso José Caixeta, de Brasil.
- 12:15 - Receso
- 15:00 - Exposición del trabajo "*Equipamentos Nacionais para Irrigação por Gotejamento*", por Carlos Viera P. Neto, Celso Zanchetta, Luis Duarte de Souza, de Brasil.
- 15:30 - Exposición del trabajo "*Micro Irrigación Agrícola*", por Jaime Leal, de México.
- 16:00 - Exposición del trabajo "*Irrigação por Gotejamento em Cana-de-Açúcar com 3 Níveis de Água a partir do Tanque de Evaporação Classe A*", por Valentin Tuler, de Brasil.
- 16:30 - Receso
- 16:45 - Exposición del trabajo "*Efeito da Lâmina de Água e Frequência de Irrigação por Gotejamento na Cultura do Pimentão. II - Produção de Sementes*", por Tarciso José Caixeta, Bernardo Salassier, Vicente W. Dias, Casali Laeda Maffia de Oliveira, de Brasil.
- 17:15 - Exposición del trabajo "*Resumen del Estudio: Bases para el Diseño del Sistema Vacambú Quibor*", por Jesús R. Dugart y David Escalona, de Venezuela.
- 17:45 - Exposición del trabajo "*Diseño de Sistemas de Riego por Goteo*", por Manuel A. Escobar Avila, Efrén Peña Peña, Carlos E. Ramirez Contreras, de México.
- 18:15 - Exposición del trabajo "*Uso de los Bulbos de Humedecimiento para Estimar los Parámetros Preliminares de Diseño de Riego por Goteo*", por Delso Añez Reverol, de Venezuela.
- 19:00 - Receso

- 16:00 - Receso
- 16:15 - Exposición del trabajo "*Método de Control de los Principales Efectos del Interperismo en las Tuberías de Riego por Goteo*", por Eduardo Sacco Ambrosioni, de Venezuela.
- 16:45 - Exposición del trabajo "*Efeito da Lâmina de Água e Frequência de Irrigação por Gotejamento na Cultura de Pimentão. I - Produção de Frutos Maduros*", por Tarciso José Caixeta, Bernardo Salassier, Vicente Wagner Dias Casali y Laeda Maffia de Oliveira, de Brasil.
- 17:15 - Exposición de trabajo "*Efeitos da Água no Solo no Rendimiento Industrial da Cana-de-Açúcar*", por Rubens Scardua e Valdemar Antonio Demetrio, de Brasil.
- 17:45 - Exposición del trabajo "*Análisis Económico y Transferencia de Tecnología en Areas Bajo Riego*", por Eduardo Indarte, IICA-Argentina.
- 18:45 - Exposición del trabajo "*Funcionamiento Hidráulico de Sistemas de Riego por Goteo*", por Manuel A. Escobar, Efrén Peña Peña y Daniel Vasquez, de México.
- 19:00 - Receso

9 de octubre:

- 8:00 - Exposición del trabajo "*Características Hidráulicas de Gotejadores*", por Carlos Alberto S. Oliveira, Bernardo Salassier e Paulo Alfonso Ferreira, de Brasil.
- 8:30 - Exposición del trabajo "*Dimensionamento de Linhas Laterais para Irrigação por Gotejamento*", por Carlos Alberto S. Oliveira, Bernardo Salassier e Manoel Vieira, de Brasil.
- 9:00 - Exposición del trabajo "*El Riego por Goteo en el Minifundio Colombiano*", por José Antonio Forero S., de Colombia.
- 9:30 - Exposición del trabajo "*Irrigação por Gotejamento en Cana de Açúcar com 3 diferentes espaçamentos*", por Valentin Tuler, del Brasil.
- 10:00 - Receso
- 10:15 - Exposición del trabajo "*Datos Preliminares de Produção de Citros Irrigado por Gotejo e Inundação*", por Ebis Dias Santos, Décio F. Costa e Roberval B. Santos, de Brasil.

10 de octubre

- 8:00 - Exposición del trabajo "*Irrigação por Gotejamento e Fertilização com N. e K. em Tomateiro*", por Carlos Alberto S. Oliveira, Osmar A. Carrijo, Antonio F. Olitta, Neville B. dos Reis, Rui Rezende Foentes, de Brasil
- 8:30 - Exposición del trabajo "*Comparaçã dos Métodos de Irrigação por Sulcos e Gotejo no Maracujã*", por Mauricio B. Coelho y Gilberto G. Cordeiro, de Brasil.
- 9:00 - Exposición del trabajo "*Estudos de Irrigação por Gotejamento Subsuperficial em Gramados do Eixo Monumental de Brasilia*", por Theophilo B. Ottoni Netto, Evandro Ferraz Duarte, Stênio de Araujo Bastos, de Brasil.
- 9:30 - Exposición del trabajo "*Utilização de Princípios e Técnicas do Gotejamento no Delineamento de uma Metodologia de Irrigação Adequada às Regioes Semi-Áridas*", por José Barrios, IICA-Brasil
- 10:00 - Exposición del trabajo "*Metodología para la Evaluación Integral del Riego por Goteo*", por Delso Añez Reverol, de Venezuela.
- 10:45 - Receso
- 11:00 - Exposición del trabajo "*Análisis Económico de Producción de Cultivos de Riego por Goteo*", por Efrén Peña Peña, de México.
- 11:30 - Exposición del trabajo "*Contribuição ao Estudo Hidráulico em Linha de Irrigação por Gotejamento*", por Dirceu Brasil Vieira, Abel Maia Genovez, Vander Trindade, Wilson Denículi, Bernardo Salassier, José Tarcisio L. Thièbaut, Gilberto C. Sedyana, de Brasil.
- 12:00 - Presentación del trabajo "*Efeitos da Água no Solo no Rendimento Industrial da Cana-da-Açúcar*", por Rubens Scardua e Waldemar Antonio Demetrio, de Brasil. (Continuación)
- 12:30 - Presentación del trabajo "*El Riego por Goteo: Una Alternativa Válida para Favorecer el Incremento de la Producción y Productividad Agrícola en los Países Latinoamericanos*", por Agustín Merea, IICA- Argentina.
- 13:00 - Receso
- 16:00 - Propositiones y Acuerdos.

- 18:00 - Clausura del Seminario por el Dr. Roberto Cavalcanti, Secretario de Planeamiento del Ministerio del Interior de la República Federativa del Brasil, en representación del Sr. Ministro del Interior, Dr. Mario David Andreazza.

11 de octubre

- 7:00 - Salida en ómnibus del Campinas Palace Hotel
- 11:00 - Visita Hacienda Santa Clara, 35 hectáreas, café. Expositor: Ing. Agr. Celso Zanchetta, Técnico de Proyectos de Tecnología de Irrigación Ltd. (IRTEC).
- 12:30 - Almuerzo en Hacienda Santa Clara.
- 15:00 - Visita Hacienda San Bento, 12 hectáreas, Cítricos. Expositor: Ing. Agr. Carlos Vieira Pinheiro, Técnico de Proyectos de Tecnología de Irrigación Ltd. (IRTEC).
- 20:00 - Ciudad de Baurú

12 de octubre

- 8:00 - Salida ciudad de Baurú
- 10:30 - Visita Agropecuaria Cabralia, 50 hectáreas, café, ciruelas, damascos.
- 14:00 - Almuerzo en Hacienda Mandacaia
- 16:00 - Visita Hacienda Mandacaia, 80 hectáreas, ciruelas, manzanas, higos, damasco y vid. Expositor: Ing. Agr. Carlos Alberto Barth Freitas e Ing. Civil Demócrito de Souza Farías, Directores Técnicos de Dangotas Irrigación Ltd.
- 20:30 - Llegada a Campinas

13 de octubre (optativo)

- 8:00 - Salida de Campinas
- 10:00 - Visita Granja Nagão, 30 hectáreas, ciruelas, peras y mandarinas.
- 12:30 - Almuerzo en Granja Nagão
- 17:00 - Llegada a Campinas.

Documento A-3

ACUERDOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

I. ACUERDOS

Los participantes en el III^o Seminario Latinoamericano sobre Riego por Goteo acuerdan:

1. Dejar constancia que el Seminario ha logrado plenamente los objetivos que le fueron señalados.
2. Expresar su reconocimiento al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA), por el cabal cumplimiento de la recomendación que se le formulara en el II^o Seminario en lo relacionado con la organización y realización del III^o Seminario.
3. Extender su reconocimiento al gobierno de la República Federativa del Brasil por el decidido apoyo y amplia colaboración brindado a la organización y desarrollo del certamen, con especial mención de los señores Angelo Amaury Stabile y Dr. Mario Andreazza, Ministro de Agricultura y Ministro del Interior, respectivamente.
4. Hacer extensivo también dicho reconocimiento al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en la persona de la Director General, Dr. José Emilio Araujo, y a la Asociación Brasileña de Irrigación y Drenaje, en la persona de su Presidente, Senador José Lins Albuquerque, que compartieran la responsabilidad de realizar el Seminario.
5. Felicitar al gobierno de la República Federativa del Brasil por la muy reciente aprobación de la Ley que define la Política Nacional de Irrigación y por la decisión de adelantar en el período 1979-1982 un vigoroso plan de irrigación beneficiando especialmente pequeños y medianos propietarios.
6. Congratular y agradecer a los destacados técnicos brasileños y de otros países latinoamericanos y de España, que con sus exposiciones y ponencias contribuyeron al éxito del Seminario.
7. Aceptar y agradecer el ofrecimiento de que Venezuela sea sede del IV^o Seminario, formulado por los especialistas de dicho país.
8. Expresar un especial reconocimiento al Ing. Agustín Merea, Coordinador del Programa de Conservación y Manejo de Tierras y Aguas del IICA, por la labor desarrollada en la organización y conducción del Seminario.

II. CONCLUSIONES

Los participantes en el Seminario, con apoyo en las exposiciones, debates y apreciaciones de campo, concluyen:

1. Que ratifican las conclusiones obtenidas en los Seminarios precedentes, o sea:
 - Que el método de riego por goteo debe considerarse, además de una innovación en la aplicación del agua de riego, como un nuevo sistema de agricultura.
 - Que el método de riego por goteo puede ser aplicado de una manera general en cualquier medio agrícola donde sea necesaria la suplementación de agua para la agricultura.
 - Que como nuevo método de riego y cultivo, el riego por goteo integra un conjunto de prácticas agrícolas, especialmente en lo relacionado con calendario de riegos, fertilización y lavado de suelos.
 - Que con el método de riego por goteo, racionalmente manejado, puede obtenerse una mayor eficiencia en el uso del agua e importantes incrementos en la productividad.
 - Que el método de riego por goteo se presenta como una de las alternativas más promisorias para permitir la incorporación de importantes áreas latinoamericanas a la producción agrícola y contribuir así a la solución de uno de los problemas más acuciantes que confronta la región.
2. Que, sin perjuicio de lo anteriormente expresado, se reconoce también la gran importancia que para el desarrollo de la agricultura de riego presenta la gran variedad de métodos de riego localizado o microirrigación actualmente conocidos. Esto, sin desconocer la permanente vigencia de los métodos de riego por gravedad que, optimizados, constituirán por mucho tiempo la herramienta fundamental para la agricultura irrigada.
3. Que se observa como una necesidad impostergable la intensificación de estudios sobre la amplia gama de aspectos involucrados en una política integral de uso, conservación y desarrollo de tierras y aguas, con especial énfasis en lo ecológico, social y económico.

III. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta lo precedente, los participantes recomiendan:

A. Al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas - OEA (IICA)

1. Que proceda a la publicación de la Memoria del IIIº Seminario en el menor tiempo que le sea posible, distribuyéndola entre los participantes y las instituciones y técnicos latinoamericanos interesados en la materia.

III SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE RIEGO POR GOTEO

2. Que promueva y organice, en colaboración con las instituciones pertinentes de Venezuela, el IV Seminario Latinoamericano sobre Riego por Goteo.
 3. Que en relación con la organización del IV Seminario proceda a:
 - Anunciar su realización con la mayor anticipación.
 - Ampliar los alcances de la problemática a tratar a otros métodos de riego localizado o microirrigación.
 - Efectuar una preselección de los trabajos que se presenten, hecha conjuntamente por el IICA y el Comité Local del país sede.
 - Disponer, si el número de trabajos precalificados lo justifica y según la afinidad de los mismos, las mesas de trabajo que con vengan.
 - Hacer todos los esfuerzos a su alcance para asegurar la participación del mayor número de especialistas e interesados de los paí ses latinoamericanos.
 4. Que promueva y apoye la creación de Asociaciones Nacionales de Riego y Drenaje en los países latinoamericanos que no cuentan con ellas.
 5. Que apoye la investigación integral de producción agrícola mediante riego localizado o microirrigación.
- B. A las instituciones vinculadas con el desarrollo de la agricultura bajo riego en los países latinoamericanos.
1. Que se desarrollen programas coordinados de estudios e investigación sobre:
 - Calidades de agua en relación con el comportamiento de los equipos de riego, el desarrollo de los cultivos y la conservación del ecosistema.
 - Calidades de equipos de riego y su comportamiento.
 - Comparación y evaluación de los sistemas de riego localizado o microirrigación con los demás sistemas de riego en aplicación.
 - Estudios económicos comparativos.
 2. Que se perfeccionen las técnicas de investigación de riego considerando en cualquier serie de una variable un mínimo de cinco puntos; dos por arriba y dos por abajo del ideal preconcebido.

III SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE RIEGO POR GOTEO

3. Que se realicen estudios e investigaciones para generar equipos y tecnologías que por su costo y sencillez sean accesibles a los pequeños agricultores, en un todo de acuerdo con su realidad cultural.
4. Que no se pierda de vista que el riego es una herramienta para el desarrollo de la agricultura y que su empleo exitoso dependerá de que los agricultores, en especial los pequeños y medianos, se beneficien de una política agrícola integral que incluya, entre otros aspectos, la tenencia de la tierra, organización campesina, mercadeo, crédito, asistencia técnica e investigación, agroindustria, capacitación y adiestramiento.
5. Fomentar el máximo el estudio y la explotación racional de los acuíferos.
6. Impulsar significativamente la actualización de los programas de capacitación y entrenamiento en relación con los métodos de riego localizado o microirrigación, a todos los niveles, incluyendo a los agricultores.
7. Aprovechar las oportunidades de capacitación y adiestramiento en aspectos relacionados con el riego que ofrecen organismos regionales como el IICA y CIDIAT y países como México y otros de la región con mayor desarrollo relativo en la materia.
8. Que se dicten normas de control de calidad para la fabricación de equipos de riego localizado o microirrigación y se verifique su cumplimiento.

III SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE RIEGO POR GOTEIO

Documento A-4

PALAVRAS DO DOUTOR JOSÉ EMILIO ARAUJO, DIRETOR GERAL DO INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIÊNCIAS AGRÍCOLAS - OEA, NA CERIMÔNIA DE ABERTURA DO III SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO SOBRE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

É para mim motivo de renovada satisfação participar nesta cerimônia de inauguração de uma reunião que, como as que a precederam, na Argentina, em 1975, e no México, em 1977, intenta aprofundar a análise dos aspectos técnicos, econômicos e sociais da tecnologia denominada irrigação por gotejamento, um instrumento promissor na contribuição para o racional aproveitamento de um recurso escasso como a água, vital para o sucesso da atividade agrícola em importantes áreas latino-americanas e, em especial, as habitadas por pequenos e médios produtores.

Minha satisfação é ainda maior pela presença, neste importante ato, de altas autoridades brasileiras e pela participação de qualificados conferencistas e expositores e de um numeroso e seleto grupo de profissionais e técnicos do Brasil, de outros 11 países latino-americanos e da Espanha.

Por ocasião da cerimônia de abertura do II Seminário sobre a matéria, que realizamos no México, expressei alguns comentários sobre a agricultura irrigada na América Latina, especialmente quanto ao custo das obras de grandes projetos de irrigação, a necessidade de um melhor aproveitamento e conservação dos recursos de água e terras disponíveis e algumas das implicações favoráveis que se poderiam derivar da tecnologia que é, novamente, matéria deste Seminário em Campinas.

À luz da experiência vivida nos dois anos decorridos, permito-me complementar, hoje, minha exposição anterior:

Em 1977, a população estimada da América Latina ascendia a 320 milhões, registrando-se uma taxa de crescimento de 2,8% anual, em comparação com o 2,4% e 1% anual para os países em desenvolvimento em seu conjunto e os países industriais, respectivamente. Por outro lado, continua-se registrando na região um grande aumento da população urbana, estimando-se que cerca de 63% da sua população total vivem nas cidades, em comparação com uma proporção de 46% em 1960.

A produção agropecuária total da América Latina aumentou ano a ano na década de 70, porém, na prática, em que pese a ligeira melhoria nestes dois últimos anos, pode-se afirmar que a citada expansão foi completamente anulada pelo crescimento demográfico.

Por esta razão, a produção agropecuária total por habitantes não sofreu modificação e algo parecido ocorreu com a produção de alimentos por habitantes, que baixou no período 1970/1972 e subiu a um ritmo modesto entre 1973 e 1978. Estes dados resultam desfavoráveis, se comparados com as conclusões de estudos recentes, que assinalam que, na Região, como um todo, tendo em conta o aumento da população e as modificações na receita, a demanda interna de produtos agropecuários cresceu na década de 70 a

uma percentagem maior que a registrada pelo crescimento da produção agropecuária no mesmo período.

Isto se reveste de maior gravidade ao se levar em conta que es todos sérios estimam que pelo menos 50% da população latino-americana sofre um déficit no consumo de calorias, distribuído nos segmentos de população localizados nos setores de renda que são qualificados como muito baixo (20%), e baixo (30%). Ressalta-se, também que, aparentemente, como consequência de uma receita maior e da melhor estrutura de comercialização registrada nas cidades, o consumo de energia e de proteínas é maior nas áreas urbanas que nas zonas rurais. Outros fatores, como a necessidade de moradia, serviços de água potável e esgoto, disponibilidade de leitos hospitalares e níveis de analfabetismo enfatizam a desvantajosa situação das áreas rurais ante as urbanas, o que justifica amplamente que as primeiras sejam denominadas "áreas de expulsão da população".

Nos últimos anos, nas regiões que congregaram os responsáveis pelo desenvolvimento agrícola de nossos países, chegou-se ao consenso de que as áreas latino-americanas atualmente sob irrigação e as particularmente aptas para tal, da mesma maneira que em outras regiões do mundo em desenvolvimento, podem e devem contribuir significativamente para a obtenção do objetivo comum de incrementar a produtividade agrícola, especialmente alimentos, para satisfazer, progressiva e suficientemente, as legítimas aspirações a melhores níveis de alimentação e de vida de suas populações.

Considerando o que acabamos de mencionar, percebe-se claramente que as vigorosas políticas de pequena, média e grande irrigação, que possam ser programadas, implementadas e aplicadas, deverão estar estreitamente associadas àquelas que, entre outras, vinculam-se à posse da terra e o uso múltiplo das águas disponíveis, à organização dos agricultores de pequena e média renda, à pesquisa e à extensão agropecuárias, ao crédito, à comercialização, agroindústria, capacitação e treinamento, todas elas indispensáveis para o êxito de uma política integrada e coordenada de desenvolvimento rural.

Como sabem, os objetivos fundamentais que foram atribuídos pelos países latino-americanos ao Instituto que tenho a honra de dirigir, orientam-se para apoiar tecnicamente seus esforços em definir, implementar e aplicar, da melhor forma, em um todo, de acordo com suas respectivas realidades sócio-econômicas, o conjunto de políticas que, agora, destacamos.

Creio que todos somos unânimes em considerar que a interação de uma política agrícola orientada com o programa de desenvolvimento rural, tecnologias adequadas e empresas associativas de pequenos proprietários, permitirá eliminar, significativamente, os bolsões de pobreza, a falta de empregos e a marginalidade de muitos de nossos países.

Reafirmando o papel que foi atribuído à agricultura sob irrigação, de contribuir para reverter a desfavorável situação que registra a agricultura latino-americana em seu conjunto, permito-me recordar-lhes as importantes recomendações da Conferência das Nações Unidas sobre a Água, realizada em Mar del Plata, na Argentina, em março de 1977, sobre o que é necessário fazer em matéria de agricultura irrigada na América Latina e em

outras regiões em desenvolvimento, abarcando o período de 15 anos, compreendidos entre 1975 e 1990.

As recomendações específicas quanto a nossa região podem ser assim sintetizadas:

- Melhorar 4,7 milhões de hectares atualmente sob irrigação;
- Incorporar 3,1 milhões de hectares a novos projetos de irrigação;
- Dotar 19,2 milhões de hectares de infra-estrutura de drenagem;
- Aproveitar 32,670 milhões de metros cúbicos de água adicional para irrigação;
- Investir 17 milhões de dólares (a preços atualizados em 1979).

Ratificamos aqui, uma vez mais, que a América Latina, como um todo, é a Região melhor dotada de água no mundo, com uma precipitação média anual de 1.500 mm, superior a cerca de 60% à média mundial, e seu índice de escoamento médio anual é de 370.000 m³ por segundo, equivalente a 30% do total mundial. Conta, também, com um potencial estimado de 709 milhões de hectares de terras aptas para serem incorporadas à agricultura, cifra que supera amplamente os cerca de 140 milhões atualmente cultivados, dos quais apenas aproximadamente 12 milhões contam com infra-estrutura de irrigação tal ou suplementar.

Infelizmente, reconhece-se também que as significativas cifras referidas envolvem notáveis diferenças que, relativamente à demanda-oferta de água, são responsáveis pelo fato de que muitos países latino-americanos estejam enfrentando problemas que foram, muito acertadamente, qualificados de "escassez na abundância".

A esta circunstância observada, de alguma forma, e a outras que não cabe analisar nesta oportunidade, pode-se atribuir o fato de que, transcorridos praticamente cinco anos do período citado, estamos longe de cumprir a parte proporcional das metas fixadas. Isto implica, na prática, que nos dez anos que restam, portanto na próxima década dos 80, deverão ser multiplicados os esforços, em uma escala sem precedentes na maioria de nossos países.

Sem dúvida, em condições normais, o ideal para conseguir o desenvolvimento agrícola sob irrigação deveria se apoiar em um plano de investimentos equilibrado, no que refere a aproveitar os recursos de terra e águas disponíveis mediante o que geralmente se denomina projetos de grande e pequena irrigação.

Sobre isto, eu me pergunto, considerando entre outros fatores, o atraso evidenciado, os vultosos investimentos requeridos pelos grandes projetos e o lento processo de maturação que os caracteriza, se não é o momento da promoção de amplos programas de irrigação que beneficiem pequenos e médios produtores, tornem-nos especialistas em produção de alimentos e diminuam os custos de operação. Com a crise energética, esses projetos po-

deriam associar sistemas de aproveitamento de plantas produtoras de energia e alimentos, o que seria magnífica colaboração desse segmento da agricultura dos nossos países para minorar a atual situação da crise de combustíveis oriundos do petróleo.

O México é um país que tem dado oportuno exemplo da mobilização da pequena agricultura irrigada convivendo com médios e grandes projetos.

O Brasil vem fazendo um grande esforço em irrigação com o apoio do Ministério do Interior e da Agricultura. O Governo acaba de lançar dois vigorosos programas destinados à pequena e média irrigação: o Provarzeas Nacional e o Programa de Recursos Hídricos do Nordeste. São estes, exemplos de amplos investimentos com recursos acima de 10 bilhões de cruzeiros destinados a produzir significativo impacto social e econômico na produção agrícola nacional.

O IICA, que por intermédio de um grupo interdisciplinar de técnicos de seu Programa de Conservação e Manejo de Terras e Águas, vem prestando, desde há alguns anos, sua colaboração a diferentes instituições brasileiras com responsabilidades no desenvolvimento da irrigação, tal como o faz em outros países da região, tem a melhor disposição e interesse em aumentar ao máximo essa cooperação, para ajudar ao mais rápido e efetivo sucesso do novo enfoque recomendado, que sem sombra de dúvidas é plenamente coincidente com a filosofia humanista que rege as ações do Instituto.

Desejo, agora, fazer algumas considerações sobre os motivos que levaram o IICA, com o valioso auspício e a colaboração das instituições orientadoras do desenvolvimento agrícola nos países onde se realizaram, a organizar e levar a cabo este tipo de reunião.

Tendo em conta o desequilíbrio anteriormente assinalado entre a oferta e a demanda de água, logo percebemos as possibilidades e vantagens da nova metodologia de irrigação por gotejamento, destinada a permitir o aproveitamento eficiente dos escassos recursos de água, em quantidade e qualidade, que limitam importantes áreas da América Latina.

A numerosa e qualificada concorrência a este ato ratifica o acerto de nossa decisão.

Estamos preocupados em aprofundar o conhecimento das vantagens e desvantagens da nova tecnologia, especialmente no que se refere a sua adaptabilidade à pequena e média irrigação e à superação de sua mais séria desvantagem, pelo menos até o momento, relativa a seu custo de aquisição, instalação e operação, que limita a sua adoção e utilização pelos pequenos agricultores.

Somos otimistas, no IICA, sobre o fato de que os notáveis especialistas aqui presentes possam superar a limitação que, entre outras, acabamos de identificar. Esta afirmativa apoia-se nos promissores resultados obtidos no México, onde a irrigação por gotejamento é aplicada em áreas de até 300 hectares, ocupadas por formas associativas de pequenos agricultores; na Colômbia, onde, com equipamento simples, de fabricação local, vem sendo utilizada, com excelentes resultados em minifúndios, que passaram de uma colheita, aproveitando a temporada de chuvas, a três colheitas por ano; e a que, tão acertadamente, vem sendo ensaiada pela EMBRAPA no Nordeste do

Documento A-5

Brasil, mediante o emprego de elementos de argila de fabricação local, de custo reduzido e aceitável eficiência.

Queremos destacar também, que do ponto de vista energético, de tão grande atualidade para o Brasil, e para a maioria dos países aqui representados, a irrigação por gotejamento apresenta vantagens comparativas apreciáveis com relação a outros métodos, devido à sua baixa pressão de trabalho.

Creio, também, ser necessário expressar a satisfação de constatar a participação neste Seminário de representantes das indústrias brasileiras de equipamentos de irrigação por gotejamento que, tal como as instaladas no México, Venezuela e Argentina, vêm contribuindo significativamente para a adoção e adequada difusão do novo método.

Terminando, quero destacar e agradecer, de maneira muito especial, o decisivo e valioso apoio que, para a organização e desenvolvimento deste Seminário, nos concedeu a Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (ABID).

Este reconhecimento - do qual faço depositário seu Presidente, Senador José Lins Albuquerque que, com seu dinamismo, compreensão e eficiência, tornou possível esta realização - constitui uma demonstração do que pode esperar o País da ação da ABID no sentido de contribuir, mediante o numeroso contingente de profissionais, técnicos e instituições do setor público e privado que a integram, para o efetivo cumprimento das metas fixadas pelo governo brasileiro, com vistas ao desenvolvimento dos programas de irrigação. Da mesma forma, agradecemos a colaboração e apoio de vários organismos oficiais, como os Ministérios do Interior e da Agricultura e firmas industriais relacionadas ao tema, para a concretização desta reunião.

Finalmente, expresso minha convicção de que os participantes do Seminário nos deixarão valiosas contribuições para o tratamento da questão específica da irrigação por gotejamento, transmitindo suas experiências sobre a matéria, úteis para capitalizar ao máximo as promissoras possibilidades que justificam cada vez mais a extensão de sua utilização nas áreas mais castigadas de nossa América Latina e nas demais regiões semelhantes, do mundo em desenvolvimento.

III SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE RIEGO POR GOTEJO

Documento A-5

DISCURSO DO PRESIDENTE DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM,
SENADOR JOSÉ LINS ALBUQUERQUE, NA CERIMÔNIA DE ABERTURA DO
III SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

A Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem sente-se imensamente honrada por poder participar, na qualidade de co-promotora do evento, do III Seminário Latino-Americano de Irrigação por Gotejamento, que ora se inicia nesta bela cidade paulista.

Após realizar, com grande sucesso, dois Seminários semelhantes, um na Argentina, o outro no México, o Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas convidou a ABID a se associar ao seu empreendimento de um terceiro Seminário, este no Brasil.

Como presidente da ABID, recebemos o convite como um honroso desafio. Primeiro, por se encontrar nossa Associação em pleno processo de consolidação social e administrativa, tínhamos não estar à altura dos encargos que envolvem a preparação de um encontro internacional desta envergadura. Por outro lado, tratava-se da primeira incursão da ABID em promoções na área internacional.

O desafio, porém, foi aceito e nos esforçamos para corresponder às expectativas do IICA, empenhando-nos, com todos os nossos recursos disponíveis, para o êxito deste Seminário. Merecedora de especial destaque, pela responsabilidade direta na organização do evento em âmbito nacional é a Seccional da ABID em São Paulo, à cuja frente está o Dr. Dirceu d'Alkmim Teles.

O interesse e a receptividade despertados pela promoção deste conclave foram suficientes para o desvanecimento da apreensão inicial com a responsabilidade assumida. Hoje este expressivo comparecimento de técnicos, de toda a América Latina e do Brasil e o apoio recebido de autoridades federais, estaduais e municipais, nos levam a prever o sucesso absoluto deste III Seminário Latino-Americano de Irrigação por Gotejamento, como pleno coroamento dos esforços conjuntos tanto do IICA como da ABID.

Em nome da ABID e no meu próprio nome, agradecemos a honrosa presença do Senhor Governador do Estado, Dr. Paulo Salim Maluf, e do Senhor Ministro da Agricultura, Dr. Angelo Amaury Stabile, cujo comparecimento à abertura deste Seminário dá a dimensão de sua importância e se constitui na esperança do apoio oficial que será dispensado às conclusões dos trabalhos que serão aqui desenvolvidos.

A presença de Suas Excelências não traduz apenas a nobre intenção de prestigiar este evento, mas traduz, também, e principalmente, a decisão de testemunhar o interesse do Governo pelo programa nacional de irrigação.

Há alguns anos atrás, a irrigação no Brasil, em termos de Governo, não passava de perspectivas e projeções para o futuro. O Governo brasileiro acreditou, porém, nessas perspectivas e nessas projeções, constituindo hoje a irrigação um processo irreversível na agricultura brasileira.

III SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE RIEGO POR GOTEJO

A irrigação já alcançou no Brasil um estágio superior ao de mero instrumento de regularização da produção agrícola nas áreas de escassas precipitações pluviométricas, como o Nordeste; hoje já é encarada, inclusive, como necessária nos estados centro-meridionais, onde seu papel de suplementação é considerado como imprescindível ao sucesso das safras anuais.

São Paulo, Paraná, Goiás e Rio Grande do Sul envolvem-se hoje na irrigação com o entusiasmo de um garimpeiro que descobre o veio do minério.

E se a irrigação, mesmo em carácter suplementar, já tem tamanha receptividade nos estados do Sul, que dizer do Nordeste do Brasil, onde sua implantação é condição sine qua non da produção agrícola regional? É ali que o Governo vem desenvolvendo o melhor de seus esforços e será ali, principalmente, que se realizará o grande milagre da agricultura brasileira, que já começa a vicejar com abundância e fartura num solo árido e causticado por um sol abrasador.

O tema deste Seminário tem especiais atrativos para a irrigação nordestina. A escassez de água, decorrente da própria escassez das precipitações pluviométricas, é o principal fator limitante do progresso da irrigação no Nordeste.

O sistema de irrigação por gotejamento, a para dos demais sistemas adotados, onde recomendados pelas circunstâncias e pelas possibilidades locais, virá a se constituir, no Nordeste carente de água, no método ideal de aproveitamento racional de seus minguados recursos hídricos para a irrigação.

A água subterrânea e a dos açudes poderão ser transformadas, por esse método promissor, em abundante recurso para a irrigação das mais amplas e variadas espécies de cultivos.

O Brasil está dando seus primeiros passos no campo da irrigação por gotejamento. E estes passos têm sido significativos, a partir da indústria nacional de equipamentos para essa espécie de irrigação, que com ingente esforço vem atendendo à demanda interna de um mercado já agora em expansão.

A ABID sente-se orgulhosa de contar, entre seus associados, com destacadas figuras do empresariado nacional, que adotaram a fabricação de equipamentos para irrigação por gotejamento como sua linha principal de produção.

A esses empresários, cuja valiosa colaboração contribuiu para a realização deste Seminário, apresentamos nossos parabéns por seu pioneirismo e coragem, e lhes agradecemos a confiança, que nos transmitem, no futuro da irrigação por gotejamento no Brasil.

A todos os nossos associados, que nos prestigiaram com a sua colaboração; a todos os participantes e, em especial, aos técnicos que aqui vieram nos transmitir seus conhecimentos e experiências; a todas as autoridades que, de uma maneira ou de outra, facilitaram a realização deste evento, com destaque especial o Senhor Governador do Estado e o Senhor Ministro de Estado da Agricultura, que nos honram com sua prestigiosa presença, apresentamos nossos sinceros agradecimentos.

III SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE RIEGO POR GOTEIO

Documento A-6

DISCURSO DE SUA EXCELÊNCIA O SENHOR ANGELO AMAURY STABILE - MINISTRO DE ESTADO DOS NEGÓCIOS DA AGRICULTURA DO BRASIL NA CERIMÔNIA DE INSTALAÇÃO DO III SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Ao ensejo da instalação do III Seminário Latino-Americano de Irrigação por Gotejamento, damos as boas vindas às delegações dos Países Latino-Americanos aqui presentes, que vieram trazer a sua experiência e somar conhecimentos a respeito de uma área vital para o desenvolvimento da Agricultura, que é a irrigação.

Nossa responsabilidade perante os países em desenvolvimento cresce, pela constatação de que a produção per capita de alimentos cresceu apenas 5%, na América Latina, entre 1970 e 1976, enquanto caiu 1,4% na África e elevou-se, modestamente, em 1,4% no Oriente Médio.

O crescimento da população mundial atinge níveis de grande expressão, a exigir um esforço maior na produção e na oferta de alimentos.

Calcula-se que 200.000 pessoas são agregadas à população mundial, a cada dia que passa.

Em 1700, a população mundial atingia a modesta casa do primeiro bilhão de pessoas. 212 anos após, chegou-se ao segundo bilhão. Transcorridos 40 anos, passou-se a 3 bilhões e somente 25 anos depois, atingiu-se os 4 bilhões de habitantes.

A persistir a tendência de crescimento acelerado, em 1994 seremos 5 bilhões de pessoas, a serem alimentadas pela produção agrícola.

Dados da Organização Mundial das Nações Unidas indicam haver 450 milhões de pessoas subnutridas nos países em desenvolvimento, onde anualmente morrem 15 milhões de pessoas por doenças causadas ou agravadas pela má qualidade da alimentação e pela escassez efetiva de alimentos.

É dentro desse contexto que se situa a opção do governo brasileiro, dando prioridade ao desenvolvimento da agropecuária como instrumento de promoção social, de melhoria da qualidade de vida da população e resposta aos três grandes desafios que o nosso País enfrenta na atual conjuntura.

1 - O desafio de conter o aumento nos preços dos alimentos, para permitir a elevação da renda real do nosso trabalhador e contribuir para a contenção do atual processo inflacionário;

2 - O desafio de contribuir para o reequilíbrio da nossa balança de pagamentos, gerando excedentes exportáveis, com que esperamos emprestar alguma contribuição à elevação da oferta mundial de alimentos, num quadro de trágica escassez;

3 - O desafio de colaborar no desenvolvimento de fontes alternativas de energia, a fim de permitir a auto-suficiência do País em combustíveis.

Como esses desafios são, no todo ou em parte, comuns aos povos da América Latina, é imperativo que Encontros dessa natureza viabilizem uma troca efetiva de experiências, objetivando uma melhor utilização dos nossos recursos naturais.

Com terra, água e clima favoráveis, aliados a uma adequada tecnologia, projeta-se o País como um grande produtor de alimentos.

Efetivamente, a irrigação e a drenagem constituem-se em valiosos instrumentos para a expansão de novas áreas de produção e para a obtenção de altos índices de produtividade.

Levantamento nacional, realizado por técnicos do Ministério da Agricultura, identificou cerca de 28 milhões de hectares de várzeas irrigáveis, sem aproveitamento econômico.

Esse volume não inclui as áreas existentes no Pantanal do Mato Grosso e na Ilha do Bananal, a serem ainda mapeadas.

Nossas várzeas são constituídas de solos planos, ricos em matéria orgânica e irrigáveis quase sempre por gravidade.

Apresentam elas, basicamente, um problema que é o das enchentes anuais e conseqüente aumento dos índices de umidade, fato que será superado com assistência técnica e investimentos de infra-estrutura.

Atualmente, são utilizados apenas 26% do vasto território brasileiro, ou seja, menos de 200 milhões de hectares, sendo 50 milhões de hectares com a agricultura e 150 milhões de hectares com a pecuária.

E ainda assim, são baixos os índices de produtividade registrados.

Enquanto nos países industrializados a agricultura fornece 2,4 toneladas métricas por hectare, as nações em desenvolvimento colhem apenas 1,9 toneladas métricas por hectare.

O Brasil apresenta-se como uma nação privilegiada, no que concerne a recursos naturais.

Possui terra abundante - fator reconhecidamente limitante para o desenvolvimento agrícola de outros países e conta com a maior bacia hidrográfica do mundo.

Senhores:

O Governo Brasileiro, através do Ministério da Agricultura, em estreita colaboração com o Ministério do Interior, vai implantar um programa nacional de aproveitamento racional de várzeas irrigáveis - o PROVARZEAS Nacional.

Nos próximos 5 anos, 10 bilhões de cruzeiros deverão ser investidos nesse Programa, dos quais apenas 1 bilhão e quinhentos milhões a título de participação da União, no que tange à implantação da infra-estrutura básica dos projetos.

Em sua primeira fase, o PROVARZEAS vai operar em 10 Estados, a nível de propriedade, tendo como metas:

1 - Incorporar à área de cultura do País, até 1983, mais 120000 hectares de várzeas drenadas e mais 155000 hectares de várzeas irrigadas e sistematizadas;

2 - Incrementar o cultivo do arroz inundado na época das chuvas e obter, pela irrigação sistemática, um aproveitamento em torno de 90% no período da entressafra;

3 - Incrementar as culturas de feijão, milho, trigo e soja, além de variedades de forragem, todas em caráter rotativo, a fim de ampliar a oferta desses alimentos básicos, gerando excedentes exportáveis;

4 - Com a incorporação das áreas de várzeas, o programa a ser desenvolvido por este Ministério prevê os seguintes níveis de produção no ano de 1983:

1.050.000 t. de arroz
337.000 t. de milho
82.000 t. de feijão
778.000 t. de forrageiras

A produção global agrícola estimada, para apenas quatro produtos, proveniente da incorporação dessas áreas, será da ordem de 23 bilhões de cruzeiros, a preços mínimos vigentes nesta data, estando aí excluídos os resultados indiretos da pecuária, obtidos pela melhoria do sistema forrageiro, e a expressiva produção de hortigranjeiros, a ser obtida simultaneamente.

A execução do PROVARZEAS, a par dos resultados diretos e imediatos, de natureza econômica, permitirá, ainda, a maior fixação do homem no campo, o aprimoramento de nossa tecnologia agrícola, o saneamento básico da área de plantio, a melhoria e diversificação da oferta de hortigranjeiros e a melhor regulação da oferta de produtos agrícolas durante o ano.

Possibilitará, ainda, a regularização dos regimes climáticos, oferecendo maior segurança ao produtor, com utilização racional do solo e preservação dos recursos hídricos e do equilíbrio ecológico das regiões a se desenvolver.

Experiências feitas em propriedades rurais de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso, nos últimos 10 anos, abrangendo áreas de 50.000 hectares, mostraram uma produtividade mínima de 6.000 kg/hectare de arroz em casca, sendo possível até 3 colheitas/ano consorciadas (arroz, alho e feijão) graças à sistematização do solo.

O acompanhamento de 200 produtores rurais em Minas Gerais que aderiram ao PROVARZEAS, revelou um incremento de 95% na sua renda líquida, em virtude da utilização racional das suas áreas.

O manejo da água por instrumentos como o PROVARZEAS e outros, é condição necessária para que o Brasil venha a atender à crescente demanda de alimentos e matérias primas.

Áreas como os Cerrados, que poderão acrescentar cerca de 150 milhões de hectares à área atualmente cultivada, ilustram a importância do desenvolvimento de técnicas econômicas de irrigação. Com topografia muito favorável e um abundante e superficial lençol freático, 7 milhões de hectares de Cerrados mostram condições favoráveis de aproveitamento, a curto prazo, através de variadas técnicas de irrigação.

Aos especialistas em irrigação por gotejamento também cabe parcela importante de responsabilidade no desenvolvimento de sistemas cada vez mais eficientes, técnica e economicamente, para que os países da América Latina possam aumentar sua produtividade agropecuária e diminuir os riscos de onerosas frustrações de safras.

Enquanto o México irriga 25% de suas áreas cultivadas, menos de 3% da área agrícola brasileira são beneficiados por esta técnica.

Outros países da América Latina também registram baixos índices de irrigação. A superação desse problema constitui não só um grande desafio, para todos nós, mas principalmente representa oportunidade ímpar para se dar importante salto tecnológico na agricultura de nossos países.

Dentro desse contexto, este Congresso adquire uma expressão que transcende a análise de técnicas específicas de irrigação. É uma reunião cujos participantes têm, sob sua responsabilidade, o dever de levar de volta à sua comunidade um esforço redobrado para motivar todas as áreas envolvidas em produção agrícola, visando o aproveitamento racional de seus recursos hídricos.

Temos que extrair da terra todo o seu potencial de produção. E o uso da água é fundamental para atingir-se esse objetivo.

Todos nós contamos com os Srs. nesse esforço o mais nobre e necessário.

LISTA DE PARTICIPANTESI. Argentina

1. Ing. Agr. Mario Julio Cesar Oriolani
Técnico Investigador en Hidrología Agrícola
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA
Estación Experimental Región Agropecuaria de Mendoza
Casilla de Correos 3 - Lujan de Cuyo
Mendoza
2. Ing. Agr. Jorge Chambouleyrom
I.N.C.Y.T.H.
Avda. Acceso, 750 - 5519 San José
Mendoza
3. Ing. Agr. Juan José de Lillo
Especialista en Riego
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA
Casilla de Correos 88
9100 Trelew - Chubut
4. Ing. Agr. León Nijensohn
Prof. Titular de Edafología y
Director del Instituto de Suelos y Irrigación
Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional de Cuyo
Huarpes 2162
Mendoza
5. Dr. Tomás Jorge Oscar
Jefe del Departamento de Riego y Drenaje
Corfo Rio Colorado
La Plata - Calle 6 Nº 677 - 2º Piso
Provincia de Buenos Aires

II. Chile

6. Ing. Agr. Juan Tosso
Jefe del Departamento de Riego
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
Casilla 5427
Santiago

III. Colombia

7. Ing. Agr. José Antonio Forero
Director Nacional del Programa Recursos de Tierras y Aguas
Instituto Colombiano Agropecuario - ICA
Apartado Aéreo 1511 23
Bogotá

IV. Costa Rica

8. Ing. Agr. José Carlos Salas
Servicio Nacional de Electricidad
Apartado 936
San José

V. Espanha

9. Ing. Agr. José Manuel Hernandez Abreu
Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias
CRIDA 11 - Apartado 60
La Laguna - Tenerife
Canarias

VI. Honduras

10. Ing. Civil Hugo Henrique Elvir Castillo
Director de Recursos Hídricos
Ministerio de Recursos Hídricos
12 Avda. La Ronda, 611 - Boulevard Mira Flores
Tegucigalpa
11. Ing. Agr. Tomás H. Quiñonez
Jefe del Departamento de Riego y Drenaje
Ministerio de Recursos Naturales
B. Buenos Aires S. Ave. 13 Calle 336
Tegucigalpa
12. Abogado Orbeleany Andino López
Jefe del Departamento Administración de Aguas
Dirección de Recursos Hídricos
Boulevard Mira Flores
Tegucigalpa

VII. México

13. Ing. Agr. Efren Peña Peña
Director del Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego, CENAMAR
Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos
Apartado Postal 41 Cd. Lerdo Durango
Lerdo Durango
14. Doutor Jaime Leal Diaz
Director General
Agrox de México
Avda. Revolución 450 Col. Contry
Monterrey, N.L.
15. Ing. Agr. Manuel Antonio Escobar Avila
Jefe del Laboratorio de Hidráulica
Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego, CENAMAR
Priv. Rosa 112 Col. Amp. Margaritas
Torreon Coahuila

VII. Paraguay

16. Ing. Agr. Daniel Añazco C.
Kennedy C/4 T.A. - Fernando de La Mora, 48
Fernando de La Mora
17. Ing. Agr. Victoriano Cardozo
SECIP, M.A.G.
Cerro Corra 1834
Asunción

IX. Uruguay

18. Ing. Agr. Carlos Fraschini
Empresario
Azucarlito
Libertad y Meriggi - Paysandú
19. Ing. Agr. Roberto Benia
Azucarlito
Libertad y Meriggi - Paysandú

X. Venezuela

20. Ing. Agr. Carlos Montila Nava
Gerente de Infraestructura
Instituto Agrário Nacional
Miravila Apt. 41 B Calle 12 - La Urbina
Caracas 107
21. Ing. Agr. David E. Escalona D.
Coordinador de Proyectos de Riego
Dirección General de Ministerio de Agricultura y Cria
Edificio Boyaca Apt. 4-D
Barquisimetro - Lara
22. Ing. Agr. Delso Añez Reverol
Prof. de Riego
Facultad de Agronomía
Universidad del Zulia (Luz)
Adiat. Apt. 219 - Parque La Isla
Mérida
23. Ing. Mecanico Eduardo Sacco Ambrosoni
Director del Departamento de Hidraulica de Servicios Gerais la Victoria
SERGECA
Apartado Postal 51807
Caracas 105
24. Ing. Agr. Jesús R. Dugarte M.
Jefe del Proyecto Yacambú-Quibor
Dirección General de Irrigación
Ministerio de Agricultura y Cria
Carrera 4 Nº 127 - Urbanización de Hacienda
Cabudare - Lara
25. Ing. Agr. José Palacios Nieves
Jefe de la Cátedra de Riego y Drenaje
Instituto de Ingenieria Agrícola de la Facultad de Agronomia
Universidad Central de Venezuela
Maracay - Aragua
26. Ing. Agr. Jesús Paraqueima
Director del Proyecto MAC - Fundo Nacional Investigaciones Agropecuarias
Estación Experimental Guanipa
Apartado 212 - El Tigre
Estado Anzoategui

27. Ing. Agr. Rafael Rojas
 Director Nacional del CIDIAT
 Apartado 219
 Mérida
28. Ing. Agr. Carmen Bohorquez
 Coordinadora del Campo Experimental de Quibor
 Departamento de Estación Experimental El Cají
 Centro de Investigaciones Agropecuárias Región Central
 Occidental - CIARCO-FONIAP
 Apartado 592 - Barquisimetro
 Lara

XI. Brasil

29. Antonio Carlos Garcez Pereira Jr.
 Pós-Graduando em Irrigação
 ESALQ - Universidade de São Paulo
 Av. Piassanguaba, 2499
 São Paulo, SP
30. Sr. Antonio Carlos Gatti Pinto
 Gerente de Marketing
 IRTEC - Tecnologia de Irrigação Ltda.
 Rua André Fernandes, 166
 São Paulo, SP
31. Engº Agrº Antonio Carlos de Souza
 Secretaria de Agricultura
 Av. Brasil, 2340
 Campinas, SP
32. Estudante Antonio de Carvalho
 Escola Superior de Agricultura de Lavras, ESAL
 Rua Tiradentes, 88
 Lavras, MG
33. Engº Agrº Antonio Cesar Salibe
 PLANALSUCAR
 Rua Oswaldo Tavares, 171 - J. Flamboyant
 Campos, RJ
34. Engº Agrº Antonio Ermano Interaminense
 Chefe do Grupo de Irrigação
 Departamento de Agricultura e Abastecimento
 SUDENE
 Av. Prof. Morais Rego, s/n
 Recife, PE

35. Eng^o Agr^o Antonio Evaldo Klab
Professor Titular de Irrigação e Drenagem
Departamento de Engenharia Rural - F.C.A. UNESP
Botucatu, SP
36. Eng^o Agr^o Antonio Fernando L. Ollita
Assistente Departamento Engenharia Rural
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Caixa Postal 9
Piracicaba, SP
37. Eng^o Agr^o Antonio de Pádua Souza
Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu - UNESP
Botucatu, SP
38. Eng^o Agr^o Antonio Washington de Almeida Gondim
Universidade Federal da Paraíba
Rua Pedro Américo, 71
Areia, PB
39. Eng^o Agr^o Aderaldo de Souza Silva
Pesquisador em Manejo de Solo e Água
CPATSA/EMBRAPA
Av. Souza Filho, 1021
Petrolina, PE
40. Eng^o Agr^o Adolfo M. E. Oliva
Rua Cristalino Viana, 427 - Apto. 22
São Paulo, SP
41. Eng^o Metalurgico Alexandre Husemann da Silva
Fazenda São Pedro do Imbiruçu
Rua Armando de Miranda Gomes, 207
Campinas, SP
42. Eng^o Agr^o Alfredo Arruda Branco
Chefe da Divisão de Projetos Integrados
SUDENE
Av. Prof. Moraes Rego, s/n
Recife, PE

43. Eng^o Agr^o Aluizio Miguel Acra
Secretaria de Agricultura
Delegacia Agrícola de Bebedouro
Bebedouro, SP
44. Eng^o Agr^o Amauri Antonio Ramos
Grupo HANSEN
Av. Artur Segurado, 214 - J. Leonor
Campinas, SP
45. Eng^o Agr^o Amauri José Bezerra da Silva
CODEVASF
Rua Coliseu, 17
Petrolina, PE
46. Sr. André Chouene
Administrador Rural
Planta Ltda.
Rua Inácio Montanha, 109
Porto Alegre, RS
47. Estudante Antonio Carlos Bosqueiro
Rua Tenente Moreira, 11
Machado, MG
48. Sr. Augusto Seiji Uehara
Técnico Hidráulico
Departamento de Aguas e Energia Elétrica
Av. 17, 491
Guafra, SP
49. Eng. Agr^o Avelino Costalonga
Coordenador de Projetos
CODEVASF
SQS 208 - E Apto. 402
Brasília, DF
50. Estudante Avoni de Oliveira Moura
Rua Visconde do Rio Branco, 974
Juazeiro, BA

51. Eng^o Agr^o Aymberê Boock
CARBORUNDUM S.A. - Divisão "RAINBOW" Sistemas de Irrigação
Rua Cel. Quirino, 1949 Apto. 603
Campinas, SP
52. Estudante Benedito Augusto da Silva
Universidade Estadual de Campinas
Rua Buarque de Macedo, 1467 Apto. 114
Campinas, SP
53. Eng^o Agr^o Bernadete Faria
Instituto Agrônomico de Campinas
Rua Barão de Itapura, 1481
Campinas, SP
54. Estudante Bethy Monteiro Giudice
Solar da Encosta
Caixa Postal 421
Valinhos, SP
55. Eng^o Agr^o Carlos Alberto Barth Freitas
Dangotas Irrigação Ltda.
Rua Dardanelos, 393 - Alta da Lapa
São Paulo, SP
56. Eng^o Agr^o Carlos Alberto Capre de Lara
Projeto SERTANEJO - Convênio SUDENE/Gov. do Estado
Rua Duque de Caxias, 40
Cipó, BA
57. Eng^o Agr^o Carlos Alberto de Oliveira
Coordenador de Recursos de Águas e Solos
Ministério do Interior
SQS 113 - H 606
Brasília, DF
58. Eng^o Agr^o Carlos Alberto da Silva Oliveira
Pesquisador da EMBRAPA
UEPAE de Brasília, Km 09
Caixa Postal 1316
Brasília, DF

59. Estudante Carlos Eduardo Melloni de Faria
Faculdade de Agronomia e Zootecnia Manuel Carlos Gonçalves
Rua Oswaldo Fernandes, 99
Mogi-Guaçu, SP
60. Engº Agrº Carlos Vieira Pinheiro Neto
Técnico da IRTEC - Tecnologia de Irrigação Ltda.
Rua André Fernandes, 166
São Paulo, SP
61. Sr. Celso Gonçalves Zapola
Técnico Hidráulico
Departamento de Águas e Energia Elétrica
Av. 17, 762
Guaíra, SP
62. Estudante Celso Verdinasse
Escola Superior de Agricultura de Lavras
Caixa Postal 37
Lavras, MG
63. Engº Agrº Celso Zanchetta
Técnico da IRTEC - Tecnologia de Irrigação Ltda.
Rua André Fernandes, 166
São Paulo, SP
64. Engº Agrº Celson Costa de Souza
PLANECON - Planejamento e Cont. Ltda.
Rua 4 Nº 515 - Ed. Parthenon Center S/1218
Goiania, GO
65. Engº Mecânico César de Camargo Galli
Rua Armando de Miranda Gomes, 207
Campinas, SP
66. Estudante Cleber Brito de Souza
Universidade Federal da Paraíba
Rua Epitácio Pessoa, 162
Campina Grande, PB
67. Engº Agrº Crinauro de Oliveira Velloso
AGTEC Ind. e Com. Ltda.
Av. Prof. Moraes Rego, 220
Recife, PE

68. Sr. Custódio Ribeiro Ferreira Leite Neto
Administrador de Empresas
Sociedade de Inst. Hidráulicas Hidorvolt Ltda.
Av. Dr. Cardoso de Melo, 291
São Paulo, SP
69. Eng^o Agr^o Danilo Coelho Monteiro
Banco do Nordeste do Brasil S.A.
Av. dos Expedicionários, 5572
Fortaleza, CE
70. Dentista Darly Machado de Campos
Rua Maria Monteiro, 1221
Campinas, SP
71. Estudante David Hermeto Melgaço
Escola Superior de Agricultura de Lavras, ESAL
Rua Progresso, 115
Lavras, MG
72. Estudante Delfim Fernandez
Faculdade de Agronomia de Machado
Rua Floriano Peixoto, 176
Machado, MG
73. Eng^o Agr^o Devanir Correa Vallilo
Dangotas-Irrigação Ltda.
Rua Alenquer, 67
São Paulo, SP
74. Sr. Dimas Gonçalves Rodrigues
Técnico Hidráulico
Departamento de Águas e Energia Elétrica
Rua José Maria Witaker, 150
Espírito Santo do Pinhal, SP
75. Doutor Dirceu D'Alkmin Telles
Coordenador do Plano de Irrigação do Estado de São Paulo
Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE)
Av. Brigadeiro Luiz Antonio, 277 - 8^o andar
São Paulo, SP

76. Eng^o Agr^o Ebis Dias Santos
Gerente Estadual em Irrigação e Drenagem
EMATER-PE
Av. Santos Dumont, 657
Recife, PE
77. Doutor Edilson Alkmin Cunha
Secretário-Geral
Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, ABID
SAS Quadra A - Bloco A
Brasília, DF
78. Eng^o Agr^o Edilson Lopes Serra
CODEVASF
Rua Germano Gonçalves, 309
Montes Claros, MG
79. Estudante Edilson Ribeiro
Faculdade de Agronomia do Médio São Francisco, FAMESF
Rua Joaquim de Queiroz, 184
Juazeiro, BA
80. Eng^o Agr^o Edivaldo Sobral Goes
SUDENE
Av. Prof. Moraes Rego, s/n
Recife, PE
81. Eng^o Agr^o Eli Ferreira
Escola Superior de Agricultura de Lavras, ESAL
Praça Dr. José Esteves, 152
Lavras, MG
82. Estudante Eliecer Castro Castro
Caixa Postal 1387
Campinas, SP
83. Eng^o Agr^o Elio Lemos da Silva
Escola Superior de Agricultura de Lavras
Rua Lourenço Menicucci, 459
Lavras, MG

84. Estudante Eloel Castilho de Menezes
Faculdade de Agronomia de Machado
Rua Ten. Antonio Moreira, 11
Machado, MG
85. Eng^o Agr^o Emanuel Antonio de Albuquerque Fortes Britto
DANTAS Indústria e Comércio S.A.
Rua Tavares Bastos, 679 Apto. 45- D
São Paulo, SP
86. Eng^o Civil Emilio Pires Neto
Departamento de Águas e Energia Elétrica
Av. Brigadeiro Luiz Antonio, 277 - 8^o andar
São Paulo, SP
87. Eng^o Agr^o Emilio Sakai
Instituto Agronomico de Campinas
Estação Experimental de Pariquera - Açú
Pariquera-Açú, SP
88. Estudante Eneida Ferreira Lisboa
FAMESF
Rua Antonio Pedro, 510
Juazeiro, BA
89. Economista Ernani do Amaral Andrade
Departamento Nacional de Obras e Saneamento, DNOS
Rua Lopes Trovão, 180 Casa 8
Niterói, RJ
90. Ester Hamermesz
Arquiteto Paisagista
Rua Maestro Elias Lobo, 93 - Fazenda Jabão
São Paulo, SP
91. Eng^o Agr^o Evandro Ferraz Duarte
Chefe da Divisão de Engenharia Agrícola
HIDROESB Saturnino de Brito S.A.
Rua Ferreira Pontes, 637
Rio de Janeiro, RJ
92. Estudante Everaldo Antonio Chisté
Escola Superior de Agricultura de Lavras
Alojamento Universitário da ESAL
Lavras, MG

93. Eng^o Agr^o Fabio Roberto Pereira de Rezende
AGROCICA S.A.
Rua Suécia, 101
Jundiaí, SP
94. Estudante Fátima Conceição Rezende
Escola Superior de Agricultura de Lavras
Rua Dr. Knight, 290
Lavras, MG
95. Eng^o Agr^o Floriano Barbosa Isolan
Viveiro Agro Florestal Ltda
Rua Inácio Montanha, 109
Porto Alegre, RS
96. Eng^o Agr^o Francisco Adonias de Moraes Sobreira
EMATER-GO
Rua 227 - A N^o 10 - Setor Universitário
Goiania, GO
97. Eng^o Agr^o Francisco das Chagas Nogueira
Escola Superior de Agricultura de Mossoró - ESAM
Km 47 da BR 110 Bairro Costa e Silva
Mossoró, RN
98. Eng^o Agr^o Francisco Eugenio Nunes Gusso
Departamento de Água e Energia Elétrica, DAEE
Rua Brigadeiro Luiz Antonio, 277 - 8^o andar - Sala 86
São Paulo, SP
99. Eng^o Agr^o Francisco Franco de Abreu Pereira
Diretor
Direção de Irrigação
Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, DNOCS
Av. Duque de Caxias, 1700
Fortaleza, CE
100. Sr. Francisco Moreira Debeux Leão
Empresário IRTEC - Tecnologia de Irrigação Ltda.
Rua André Fernandes, 166
São Paulo, SP

101. Estudante Gelson Medeiros de Barros
Técnico do Grupo de Irrigação
SUDENE
Av. Prof^o. Moraes Rego, s/n^o
Recife, PE
102. Estudante Geraldo Ferreira de Andrade Junior
Escola Superior de Agricultura de Lavras
Rua Alvaro Botelho, 48
Lavras, MG
103. Eng^o Agr^o Gilberto Gomes Cordeiro
Pesquisador CPATSA/EMBRAPA
Rua Dr. Cunha Melo, 264
Juazeiro, BA
104. Estudante Gilberto Shoite Hiromoto
Av. Paraguaçu, 128
Paraguaçu Paulista, SP
105. Estudante Giorgio Vecco
Rua Presidente Prudente, 35
São Paulo, SP
106. Eng^o Hajime Tamura
TEO-SERETE Engenharia
Av. Paulista, 2312
São Paulo, SP
107. Prof^o Hamilton Medeiros de Azevedo
Universidade Federal da Paraíba
Rua Julião Martins, 145 - Bairro Universitário
Campina Grande, PB
108. Eng^o Agr^o Helio Catsumi Matsucuma
Assistente Técnico da Diretoria de Olanejamento e Controle
Departamento de Águas e Energia Elétrica-DAEE
Av. Brigadeiro Luiz Antonio, 277 - 8^o andar Sala 83
São Paulo, SP

109. Estudante HÉlio Hoffmann Junior
Faculdade Integrada de Ciências Biológicas
Rua Ten. Antonio Moreira, 11
Machado, MG
110. Sr. Heraldo Ribeiro Parada
Gerente-Geral
IRTEC - Tecnologia de Irrigação Ltda.
Rua André Fernandes, 166
São Paulo, SP
111. Industrial Hermenegildo Passarelli
Construtora Hidráulica e Comercial Pró-Água Ltda.
Rua Alexandre Salomão, 344
Andradina, SP
112. Estudante Hidenobo Uski
Rua Dr. Acosta Leite, 1414
Botucatu, SP
113. Engº Civil Hidráulico Hildebrando Galvez Romero
Industrial Malvina
Rua Rio Grande do Norte, 836
Belo Horizonte, MG
114. Estudante Ilson Yoshio Incue
Escola Superior de Agricultura de Lavras
Rua Barão do Rio Branco, 199
Lavras, MG
115. Sr. Iracy Coleti Jr.
Ederer Cia. Ltda.
Rua Marginal, 1200
São Paulo, SP
116. Estudante Ismenia Camargo
Faculdade de Agronomia de Machado
Rua Bartolomeu Camargo, 110
Machado, MG
117. Estudante Jacinto de Assunção Carvalho
Escola Superior de Agricultura de Lavras, ESAL
Alojamento Estudantil
Lavras, MG

118. Dr. Jader Fernandes de Carvalho
Diretor Executivo
Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, ABID
S.A.S. Quadra 1 - Bloco A - Edifício do MINTER - 11º andar - Sala 1106
Brasília, DF
119. Engº Agrº Jairo Augusto Campos de Araújo
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária - UNESP
Rod. Carlos Tonanni, Km 5
Caixa Postal 145
Jaboticabal, SP
120. Dr. Jairo Padilha
Chefe Escritório
Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, DNOCS
Av. Presidente Wilson, 164/1212
Rio de Janeiro, RJ
121. Engº Civil Janio Pinto Pinheiro
Ministério do Interior
QI 20 - E 301 Guarai
Brasília, DF
122. Sr. Jary Dutra Bizarro
Administrador Rural
Planta Ltda.
Rua Inácio Montanha, 115
Porto Alegre, RS
123. Engº Agrº João Batista Ioriatti Dematte
FCAVO-UNESP
Rod. Carlos Tonani, s/nº
Jaboticabal, SP
124. Engº Agrº João Santos de Campos
Secretaria de Agricultura de São Paulo
Av. Brasil, 2340
Campinas, SP
125. Engº Agrº Joaquim Antonio Martins Franco
Secretaria de Agricultura de São Paulo
Av. Brasil, 2340
Campinas, SP

126. Estudante Joaquim Luis de Amorim
Escola Superior de Agricultura de Lavras
Lavras, MG
127. Zootecnista Jorge Adalberto José Tobias
Fazenda São José Guaranésia
Caixa Postal 40
Guaranésia, MG
128. Eng^o Civil Jorge Emigdio Quintero Pinto
Chefe Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
Campinas, SP
129. Eng^o Agr^o Jorge Moura Posta Dias Tavares
Convenio Governo Estado da Bahia/SUDENE
Praça 2 de julho, 156 apto. 501
Salvador, BA
130. Eng^o Agr^o José Aduino Alves Valença
AGTEC - Indústria e Comércio Ltda.
Engenheiro Brandão Cavalcanti, 27 - Prado
Recife, PE
131. Sr. José Airton M. Miranda
Agropecuário
Av. Sampaio, 1071
Feira de Santana, BA
132. Estudante José Aparecido Silvério dos Santos
Rua Angelo Borolai, 711 - Borolai
Torrinha, SP
133. Estudante José Benedito Burgareli
Rua Turgano Machado, 227
Novo Horizonte, SP
134. Eng^o Agr^o José Cassimiro Oliveira Silverio
Coop. de Imigração e Colonização Holambra II
Rod. Raposo Tavares, Km 256
Avaré, SP

135. Eng^o Agr^o José Dagoberto de Negri
Secretaria de Agricultura de São Paulo
Av. Brasil, 2340
Campinas, SP
136. Eng^o Agr^o José Eduardo Borella
CODEVASF
SQN 410 C 307
Brasília, DF
137. Eng^o Agr^o José Ferreira da Costa Filho
Escola de Agronomia UFPB
Universidade Federal da Paraíba
Areia, PB
138. Eng^o Agr^o José Gualberto de Freitas Almeida
Persico Pizzamiglio do Nordeste S.A. - Agricultura e Pecuária
Rua Carlos Gomes, 153
Recife, PE
139. José Maria Cavalcante
Coordenador de Programa de Irrigação
DAA-SUDENE
Recife, PE
140. Dr. José Osvaldo Pontes
Diretor-Geral
Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, DNOCS
Av. Duque de Caxias, 1700
Fortaleza, CE
141. Estudante José Rafael Filho
Escola Superior de Agricultura de Lavras
Rua Azarias Ribeiro, 341
Lavras, MG
142. Estudante José Ribeiro da Cunha
Rua Domingos Soares de Barros, 196
Botucatu, SP
143. Estudante José Rogério Ferreira
Escola Superior de Agricultura de Lavras
Rua 08 de Dezembro, 57
Lavras, MG

144. Eng^o Civil José Themio Beserra Veras
DNOCS
Av. Antonio Sales, 8760
Fortaleza, CE
145. Eng^o Agr^o Juscelino Antonio de Azevedo
EMBRAPA/CPAC
SQS 307 A - 101
Brasília, DF
146. Eng^o Agr^o Klaussner Bertini
Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo
Av. Brasil, 2340
Campinas, SP
147. Sr. Koichi Yoskikawa
Av. Paulista, 1471 - 3^o andar
São Paulo, SP
148. Sr. Leo Pereira Lemos Nogueira
Agente Autônomo
Rua XV de Novembro, 244 - 2^o andar
Campinas, SP
149. Estudante Luiz Antonio R. Rocha
Curso Pós-graduação Escola Politécnica da USP
Av. Barão de Itapura, 2915
Campinas, SP
150. Estudante Luiz Carlos Azevedo Reis
Escola Superior de Agricultura de Lavras
Alojamento Estudantil - ESAL Apto. 7 - 3^o andar
Lavras, MG
151. Eng^o Agr^o Luiz Carlos Pavani
Faculdade de Ciências Agrárias - UNESP
Rod. Carlos Tonanni, Km 5 - Caixa Postal 145
Jaboticabal, SP
152. Estudante Luiz Carlos Sidney
Rua Prof. Roberto Coimbra, 34
Lavras, MG

153. Agrimensor Luiz Duarte de Souza
IRTEC - Tecnologia de Irrigação Ltda.
Rua André Fernandes, 166
São Paulo, SP
154. Estudante Luiz Henrique de Souza
Rua Hildo Berto Duarte, 40 BNH 2º Plano
Dourados, MT
155. Engº Agrº Luiz Penteado
Rua Prof. Murtinho, 34
São Paulo, SP
156. Estudante Luiz Roberto Takitane
Rua Prof. Alcino Almeida Maudonnet, 365
PLANAPEC
Campinas, SP
157. Engº Civil Luiz Sergio Rezende
BRASILIT
Av. Paulista, 2202 - 3º andar
São Paulo, SP
158. Estudante Maisa Costa Giudice
Al. Bananeiras, 94
Caixa Postal 421
Valinhos, SP
159. Engº Agrº Manuel Joaquim Martins Falcão
Av. Engº Armando Arruda Pereira, 1871 (Q-1 P-1 Apto. 12)
São Paulo, SP
160. Estudante Maria José Costa Nery
Escola Superior de Agricultura de Lavras
Rua Vaz Monteiro, 127
Lavras, MG
161. Engº Mario Liboni
Departamento de Águas e Energia Elétrica, DAEE
Av. Brigadeiro Luiz Antonio, 277 - 8º andar Sala 83
São Paulo, SP
162. Engº Mario Russo Junior
CESP
Rua Luiz Coelho, 223
São Paulo, SP

- 163 . Estudante Massamitsu Gondo
Rua Antonio Galvão de Oliveira Barros, 81
Campinas, SP
- 164 . Estudante Mathilde Aparecida Bertoldo
Escola Superior de Agricultura de Lavras
Rua Milton Campos, 98
Lavras, MG
- 165 . Dr. Mauricio Antonio Coelho
Diretor de Irrigação
4ª Diretoria Regional
DNCCS
Salvador, BA
- 166 . Engº Agrº Mauro Borges Teixeira
AGUAPLAN
Assembléia Legislativa
Goiania, GO
- 167 . Engº Agrº Miguel Dias Batista
CATI S/A
Av. Coronel Marcondes, 393
Presidente Prudente, SP
- 168 . Estudante Moacir de Souza Dias Junior
Escola Superior de Agricultura de Lavras
Rua Barão do Rio Branco, 199
Lavras, MG
- 169 . Estudante Myriane Stella Scalco
Faculdade Integrada Ciências Biológicas Machado
Prof. José Candido, 75
Machado, MG
- 170 . Engº Agrº Nelio Brito Sobral
SUDENE
Av. Prof. Moraes Rego, s/n
Recife, PE

171. Eng^o Agr^o Nélío José Dias Xavier
CATI
Av. Brasil, 2340
Campinas, SP
172. Doutor Nelio Macedo Rocha
Médico Veterinário
SNAP - Ministério da Agricultura
SQS 207 Bloco E Apto. 308
Brasília, DF
173. Eng^o Agr^o Nelson Luiz Neves Barbosa
PLATER Planejamento Técnico Rural Ltda.
Rua 10 de Setembro, 167 apto. 131
Campinas, SP
174. Estudante Nilson Salvador
Escola Superior de Agricultura de Lavras
Rua do Instituto, 248-B
Lavras, MG
175. Estudante Nivaldo Fernandes
Departamento de Águas e Energia Elétrica
Al. Afonso Schimit, 454
São Paulo, SP
176. Eng^o Agr^o Nivaldo Godoy
Secretaria de Agricultura
DIRA de Sorocaba
Sorocaba, SP
177. Eng^o Agr^o Norihiko Sudo
Fazenda da Bocaina
Nova Suíça Empreendimentos Agro-pastoris Ltda.
Bananal, SP
178. Eng^o Nilo Peçanha Araujo de Siqueira
SB Engenharia
Rua Nilo Peçanha, 125 apto. 902
Niterói, RJ
179. Eng^o Agr^o Odair Moraes
Pós-graduação da Esc. Superior Agricultura "Luiz de Queiroz"
Rua Paschoal Paes, 47
São Paulo, SP

180. Sr. Olavo Lacerda de Camargo Jr.
Agro-pecuarista
Rua Santa Catarina, 1116
Avaré, SP
181. Estudante Osmar Popi
Escola Superior de Agricultura de Lavras
Rua Antonio Barbosa Lima, 159
Franca, SP
182. Estudante Osvaldino Romão da Silva
Escola Superior de Agricultura de Lavras
Rua do Instituto, 248
Lavras, MG
183. Eng^o Civil Osvaldo Kazumi
Departamento de Águas e Energia Elétrica
Av. Brigadeiro Luiz Antonio, 277 - 8^o andar
São Paulo, SP
184. Eng^o Agr^o Octavio Pessoa Aragão
Pesquisador CPATSA/EMBRAPA
EMBRAPA
Petrolina, PE
185. Eng^o Agr^o Paulicio K. Kadekaru
Coop. Agrícola de Cotia (Central)
Av. Jaguaré, 1487
São Paulo, SP
186. Sr. Paulo da Rocha Casteço Pereira
Chefe Departamento de Vendas
CIPLA
Av. Getulio Vargas, 1619 - C. Postal 0474-166
Joinville, SC
187. Eng^o Agr^o Pedro Dantas Fernandes
Núcleo de Engenharia Agrícola - CCT-UFPb
Universidade Federal da Paraíba
Paraíba, PB
188. Eng^o Agr^o Raimundo Eudes Alves Camelo
CODEVASF
Rua Deolinda Martins, s/n
Guanambi, BA

189. Eng^o Agr^o Raimundo Monteiro da Silva
DNOCS
Rua Antenor Frota Wanderley, 543
Fortaleza, CE
190. Eng^o Civil Reginaldo Antonio Branquinho Coelho
Departamento de Águas e Energia Elétrica, DAEE
Av. Brigadeiro Luiz Antonio, 277 - 8^o andar Sala 83
São Paulo, SP
191. Eng^o Agr^o Reginaldo Lira Maciel
Diretor de Irrigação
3^a Diretoria Regional
DNOCS
Recife, PE
192. Estudante Ricardo Rizzardo Pareja
Estagiário CARVORUNDUM S.A.
Divisão "RAINBOW" Sistemas de Irrigação
Campinas, SP
193. Estudante Rita E'Werta Bandeira
FAMESF
Rua Cezário da Silva, 62
Juazeiro, BA
194. Eng^o Agr^o Rita Regina Fixina do Carmo
Av. Cardeal da Silva, 155 - Ed. Federação Apto. 104
Salvador, BA
195. Eng^o Roberto Rolfsen
Departamento de Água e Energia Elétrica
Rua Tabapuã, 114 - Apto. 101
São Paulo, SP
196. Estudante Rodrigo Eustaquio Botelho Alves
Faculdade de Agronomia de Machado
Av. Dr. Athaide, 415
Machado, MG
197. Sr. Rogério Teixeira de Faria
Pós-graduando ESALQ
Rua Frei Luis Santana, 493
Piracicaba, SP

198. Eng^o Roney Marcos Gazola
Rua La Sale, 758
Caxias do Sul, RS
199. Eng^o Agr^o Rubens Angelo Filho
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP
Rua Redenção, 255
São Paulo, SP
200. Eng^o Agr^o Rubens Dutra Guedes
Projeto SERTANEJO Crateus
SUDENE/SAAb
Av. Barão de Studart, 2490
Fortaleza, CE
201. Eng^o Civil Rubens Gonçalves Teixeira
BRASILIT S.A.
Av. Paulista, 2.202 - 3^a andar
São Paulo, SP
202. Eng^o Agr^o Rui Merciel de Oliveira
Estagiário no IICA
Rua Gois Monteiro, 8 Apto. 1601-A - Botafogo
Rio de Janeiro, RJ
203. Prof. Salassier Bernardo
Professor da Universidade Federal de Viçosa
Av. Peter Henry Rolfs, s/n
Viçosa, MG
204. Estudante Sebastião Pereira Lopes
Escola Superior de Agricultura de Lavras
Rua Barão do Rio Branco, 199
Lavras, MG
205. Eng^o Agr^o Sebastião Vainer
Rua Regos Freitas, 500
São Paulo, SP
206. Estudante Sérgio Luiz Prazias
Faculdade de Agronomia e Zootecnia "Manoel C. Gonçalves"
Rua D. Emerenciana Leite, 100
Espírito Santo do Pinhal, SP

207. Eng^o Agr^o Sizernando Luiz de Oliveira
CNPMP/EMBRAPA
Cruz das Almas, BA
208. Eng^o Agr^o Sócrates Bezerra de Menezes Filho
Fundação Rural Mineira - Colonização e Desenvolvimento
Agrário - RURALMINAS
Rua Tamoios, 606 - 1^o andar
Belo Horizonte, MG
209. Estudante Stevo Tuacek Filho
Rua Dr. Costa Leite, 1414
Botucatu, SP
210. Eng^o Civil Takeko Uehara
DAEE/IRRIGAÇÃO
Rua João Gomes, Jr. 173
São Paulo, SP
211. Eng^o Agr^o Tales Manussakis
Delegacia Agrícola de Mogi das Cruzes
Secretaria de Agricultura
Mogi das Cruzes, SP
212. Economista Tania Maria Zanette
Magna Engenharia Ltda.
Rua Portugal, 15 Apto. 201
Porto Alegre, RS
213. Eng^o Agr^o Tarciso José Caixeta
Pesquisador da EPAMIG
Caixa Postal 216
Viçosa, MG
214. Estudante Tarlei Aniel Botrel
Rua 15 de Novembro, 352
Lavras, MG
215. Economista Toshikazu Nakagawa
Departamento de Águas e Energia Elétrica, DAEE
Rua Dr. Neto de Araujo, 277
São Paulo, SP

216. Eng^o Agr^o Toshio Takahashi
Secretaria de Agricultura de São Paulo
Dira Araçamba
Araçamba, SP
217. Eng^o Agr^o Tulio Benner
OEA
SQS 105 Bloco J. Apto. 506
Brasília, DF
218. Eng^o Civil Theodoro Hildebrando Garcia
Figuereido Ferraz - Consultoria e Engenharia de Projetos Ltda.
Ed. Venancio 6^o Sala 314
Brasília, DF
219. Eng^o Agr^o Valdemar Antonio Demétrio
Prof. Assistente
Departamento de Engenharia Rural
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Rua Governador Pedro de Toledo, 543 apto. 92
Piracicaba, SP
220. Eng^o Agr^o Vanderlei José Ventura
CATI - Pindamonhangaba
Rua Eduardo José Pereira, 280
Taubaté, SP
221. Eng^o Agr^o Vidal Valentim Tuler
IAA-PLANALSUCAR
Rua Barão de Miracema, 464
Campos, RJ
222. Economista Victor Manuel Rodrigues Mendes
Chefe Seção Diretoria de Planejamento e Controle
Departamento de Águas e Energia Elétrica, DAEE
Av. Brigadeiro Luiz Antonio, 277 - 8^o andar sala 83
São Paulo, SP
223. Eng^o Agr^o Victor Paulo de Oliveira
Instituto Agronomico de Campinas
Av. Barão Itapura, 1481
Campinas, SP
224. Estudante Vital Fernandes Neto
Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL
Rua Otacilio Negrão, 122
Lavras, MG

225. Estudante Vitor Hugo Teixeira
Rua Francisco Sales, 784
Lavras, MG
226. Sra. Vanessa Aparecida das Chagas Moura
Academica de Agronomia
Rua Papa João XXIII, 127
Viçosa, MG
227. Eng^o. Agr^o Wagner Passarela
DIRA de São José do Rio Preto
Secretaria de Agricultura
São José do Rio Preto, SP
228. Eng^o Agr^o Waldemar Ribeiro Junqueira
Secretaria de Agricultura de São Paulo
Av. Brasil, 2340
Campinas, SP
229. Eng^o Agr^o Walny Souza da Silva
CEPLAC
Estação Experimental Filogonio Peixoto (CEPLAC)
Linhares, ES
230. Eng^o Agr^o Walter Atonio Becari
Rua Japuá, 852
Oswaldo Cruz, SP
231. Eng^o Agr^o Yoshinori Katsurawama
Cooperativa Agrícola de Cotia (Cooperativa Central)
Av. Jaguaré, 1487
São Paulo, SP
232. Eng^o Agr^o Leo Dark da Costa
SUDECO
Rua 19, 55 apto. 601
Goiania, GO

XII. IICA

233. Dr. Jose^o Emilio G. Araujo
Diretor Geral do IICA
Apartado 55 - Coronado
Provincia de San Jos^e, Costa Rica
234. Dr. Jos^e Irineu Cabral
Diretor do Escrit^orio do IICA no Brasil
Caixa Postal 16.074 ZC-01
Rio de Janeiro, RJ - Brasil
235. Eng^o Agr^o Agustⁱn Merea Canelo
Especialista em Conserva^o e Manejo de Terras e Aguas
Avenida Caseros 852
1152 Buenos Aires, Argentina
236. Eng^o Agr^o Jos^e Barrios Acuña
Especialista em Conserva^o e Manejo de Terras e Aguas
Caixa Postal 16.074 ZC-01
Rio de Janeiro, RJ - Brasil
237. Dr. Eduardo Indarte
Especialista em Desarrollo Rural
Avda. Caseros, 852
Buenos Aires, Argentina
238. Ing. Agr. Federico Novelo Hern^andez
Especialista en Irrigaci^on
Apartado Postal 5345
Caracas, Venezuela
239. Ing. Osvaldo Chaves Carbajal
P.O. Box. 1410
Tegucigalpa, Honduras
240. Eng^o Agr^o Agustⁱn A. Millar
Especialista em Tecnologia Agrⁱcola
CODEVASF
Edificio Central Brasⁱlia - Proje^o 14 - Bloco F
Setor Banc^ario Norte
Brasⁱlia, DF - Brasil

241. Eng^o Agr^o Enrique Matute
Especialista em Conservação e Manejo de Terras e Águas
SUDENE
Av. Prof^o Morais Rego, s/n
Recife, PE - Brasil
242. Eng^o Agr^o Julio Cesar Becerra de la Flor
Especialista em Produção Agrícola
COOPERPLAN
Av. 13 de Maio 150 - 2^o andar
Campos, RJ - Brasil

B. DOCUMENTOS TECNICOS

III SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE RIEGO POR GOTEJO

DOCUMENTO TECNICO 1

ESTUDO DA LÂMINA E FREQUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO
POR GOTEJO NA CULTURA DE FIGO

Por: Eng^o Agr^o Antonio Fernando L.Olitta(*)
Eng^o Vladimir R. Sampaio (**)
Eng^o Décio Brabin (***)

-
- (*) Professor Assistente Doutor do Dpt.^o de Engenharia Rural - ESALQ/USP.
(**) Professor Assistente Doutor do Dpt.^o de Agric. e Horticultura - ESALQ/USP.
(***) Professor Livre-Docente do Departamento de Matemática e Estatística - ESALQ/USP.

INTRODUÇÃO

A irrigação por gotejo tem merecido de nossos agricultores, principalmente os envolvidos no cultivo de frutíferas, uma atenção especial, mas é salientado a falta de respostas com relação ao comportamento das culturas frente a este método de aplicação de água em condições de irrigação suplementar. A literatura não nos forneceu nenhuma resposta específica para esta cultura, entretanto CHESNESS e COUVILLON (1978) salientam o aumento no tamanho de pêssegos e conseqüentemente da produção, com uso do método de gotejo, mesmo em condições de irrigação suplementar. Este mesmo ponto é salientado por MYERS e HARRISON (1978) trabalhando com citros nas condições da Florida, especialmente nos anos em que a precipitação é pouco abaixo da média normal.

Este experimento foi projetado para avaliar o efeito da aplicação de diferentes lâminas de irrigação, representada pelo fator "K" de consumo de água em relação a evaporação do tanque classe A (VALENZUELA et al 1978), bem como as variações na produção de frutos sob diferentes frequências de irrigação. O experimento foi completado através da comparação com dois tratamentos sem irrigação, com um deles apresentando a cobertura do solo com palha. O principal objetivo será então o estabelecimento de um manejo adequado ao sistema de irrigação por gotejo na cultura do figo.

MATERIAL E METODOS

O experimento foi instalado no Campo Experimental do Departamento de Agricultura e Horticultura da E.S.A.L.Q, em 23 de setembro de 1976, com o plantio de 504 mudas de figo variedade Roxo de Valinhos, num espaçamento de 2,0 x 3,0 metros. De um total de 21 plantas por parcela, compreendendo 3 linhas de 7 plantas cada uma, foram consideradas como área útil, somente as 5 plantas centrais. O delineamento experimentalístico de parcelas subdivididas no tempo em blocos casualizados, apresentando repetições e 8 tratamentos, que são os seguintes:

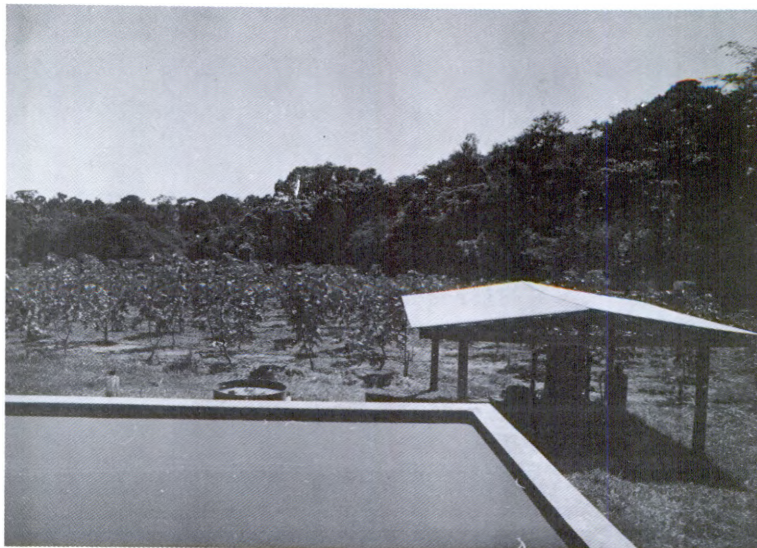


Figura 1 - Vista geral do experimento

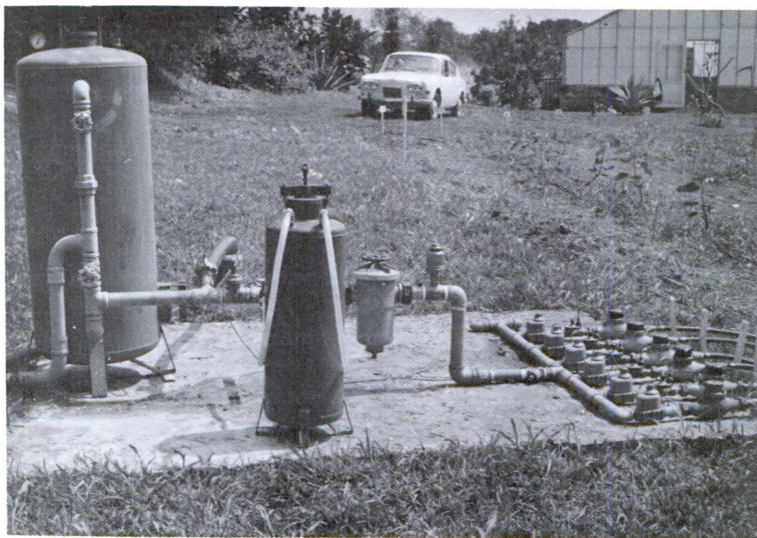


Figura 2 - Detalhe do cabeçal de controle



Figura 3 - Detalhe da parcela

Tratamento 1 = fator K = 0,4/frequência 3x/semana

Tratamento 2 = fator K = 0,8/frequência 3x/semana

Tratamento 3 = fator K = 1,2/frequência 3x/semana

Tratamento 4 = fator K = 0,4/frequência semanal

Tratamento 5 = fator K = 0,8/frequência semanal

Tratamento 6 = fator K = 1,2/frequência semanal

Tratamento 7 = sem irrigação/solo nú

Tratamento 8 = sem irrigação/cobertura com palha

O equipamento de irrigação por gotejo foi instalado em janeiro de 1977, procedendo-se inicialmente as irrigações para o estabelecimento das plantas, e dentro do esquema diferenciado para cada tratamento, a partir de agosto de 1977, logo após a primeira pode de formação das plantas. O sistema de irrigação foi projetado para um funcionamento semi-automático e dimensionado para o controle individual em cada tratamento. O gotejador é do tipo múltipla saída (em número de 4) apresentando uma pressão de trabalho de 10m e fornecendo uma vazão de 13 l/h. Adotou-se a condição de um gotejador por planta, sendo as quatro saídas (microtubos) dispostas ao redor da planta simetricamente.

Os cálculos de dotação de água obedeceram aos critérios estabelecidos por Howell e Hiler (1972), observando-se uma área de cobertura de 30 e 40% para os dois primeiros anos de produção, respectivamente, e tomando-se os valores médios da evaporação correspondente aos respectivos intervalos na irrigação, para a determinação da quantidade de água aplicada em cada irrigação. As Figuras 1, 2 e 3 mostram aspectos do local do experimento.

Os tratos culturais foram normais para este tipo de cultura, compreendendo desbrotas, tratamentos fito-sanitários, aplicações de herbicidas e podas anuais de formação, que proporcionaram um ramo por pé na primeira produção (1977/78) e três ramos por pé na segunda produção (1978/79). A adubação nitrogenada foi feita em cobertura para os tratamentos sem irrigação, e aplicada na água de irrigação para os irrigados, dentro de uma frequência 15 dias durante o período de irrigação. Os fertilizantes P e K foram incorporados anualmente ao solo.

As operações da colheita dos frutos maduros foram realizadas 3 vezes por semana, observando-se o peso e número de frutos em cada parcela. A primeira produção de frutos ocorreu de janeiro a abril de 1978 e a segunda produção de dezembro de 78 a abril de 1979.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados apresentados nos Quadros 1 e 2, referem-se a produção de frutos "in natura", cujos valores diários foram agrupados numa base semanal para facilitar a análise estatística, envolvendo também a variável tempo, representada pelas semanas. Observe que no segundo ano de produção, ocorreu uma aplicação e antecipação do período produtivo, forçada pela realização da poda e início das irrigações antecipadamente.

QUADRO 1 - Produção média em peso (gramas e número de frutos por parcela no ano agrícola 1977/78

SEMANAS	TRAT. 1		TRAT. 2		TRAT. 3		TRAT. 4		TRAT. 5		TRAT. 6		TRAT. 7		TRAT. 8	
	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº
1a.	258	4,3	321	5,0	55	0,7	100	1,7	278	3,7	100	1,7	111	2,0	33	0,7
2a.	171	2,0	123	2,0	96	1,3	245	3,0	186	2,3	133	1,7	131	2,0	48	0,7
3a.	701	11,0	493	6,3	363	5,0	410	5,3	420	5,3	261	4,0	260	4,7	11	0,3
4a.	848	16,0	960	18,7	768	16,7	646	15,3	883	15,7	720	15,0	792	18,0	325	7,3
5a.	386	7,3	477	10,3	540	12,7	690	15,3	418	8,0	390	7,0	381	8,0	371	10,3
6a.	413	5,6	441	5,7	330	6,0	295	7,7	385	6,3	283	4,7	310	4,7	225	4,3
7a.	350	1,6	461	8,0	335	6,0	465	8,0	411	7,7	211	3,3	356	6,0	300	5,0
8a.	258	4,6	145	2,6	133	2,7	110	2,0	338	5,0	205	3,7	253	4,0	218	4,3
9a.	105	1,6	253	4,7	108	1,7	160	2,7	195	3,0	120	2,3	228	4,0	268	5,0
10a.	45	0,7	343	4,7	216	4,0	216	3,3	66	1,0	236	4,0	105	1,7	118	2,3
11a.	315	6,3	320	5,6	348	6,3	248	4,3	401	3,0	296	6,0	316	6,0	268	4,0
12a.	1021	17,7	843	15,0	695	13,3	141	16,3	831	21,0	763	14,3	943	17,0	836	20,0
13a.	175	3,0	170	3,0	118	2,0	268	4,7	295	5,0	100	1,7	266	4,7	215	3,7
14a.	195	3,0	43	0,7	191	3,7	298	5,3	265	4,7	141	3,0	366	7,3	236	4,0
15a.	111	3,0	116	2,3	83	1,7	360	8,0	116	2,3	93	2,0	158	3,7	208	4,7
16a.	193	4,3	260	5,3	91	2,3	265	6,0	266	5,7	141	3,3	358	8,3	265	7,3
17a.	20	1,0	88	2,0	45	1,0	88	3,0	135	3,0	126	3,3	48	2,0	150	4,3

QUADRO 2 - Produção média em peso (Kg/ha) e número de frutos por ha no ano agrícola 1978/79.

SEMA NA	TRAT. 1		TRAT. 2		TRAT. 3		TRAT. 4		TRAT. 5		TRAT. 6		TRAT. 7		TRAT. 8	
	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº
1a.	50	788	6	109	46	796	11	217	75	1364	38	826	30	612	5	109
2a.	39	680	37	527	26	420	46	1031	62	1082	28	527	40	894	5	118
3a.	30	615	15	326	15	217	13	217	32	494	42	845	20	344	19	434
4a.	122	2217	58	830	107	1679	115	2030	62	1191	94	1626	72	1417	25	434
5a.	150	2414	135	2009	164	3425	140	2150	114	1450	68	1002	122	1826	86	1303
6a.	42	823	37	721	31	528	31	326	31	617	13	644	44	932	9	217
7a.	370	6915	304	5746	300	5229	333	5917	389	7817	320	5865	458	8666	184	3483
8a.	548	8828	423	1010	559	9214	638	10477	738	12728	489	8697	521	8989	348	5908
9a.	118	1806	299	4071	122	2045	190	2812	208	3329	173	2650	144	2014	168	1973
10a.	512	8405	583	9399	423	6977	499	8110	604	9960	469	7881	516	8445	221	3845
11a.	893	12377	1003	14354	1031	14809	1018	14885	840	12044	629	12529	830	12406	1147	18547
12a.	235	3532	197	2893	100	2096	221	3268	157	2287	119	2015	223	3331	232	3664
13a.	441	6541	494	1483	399	5906	481	7187	411	6075	443	1045	371	6257	388	8062
14a.	478	1413	543	1623	327	5023	460	7111	391	5841	302	4803	328	5074	497	8019
15a.	499	7136	376	5335	322	5117	561	7948	366	4998	450	7165	459	6583	434	6587
16a.	310	4480	270	3629	233	3123	250	4126	274	3888	267	4116	353	3961	183	2895
17a.	643	9055	623	8771	685	9562	716	11031	680	9419	541	7554	534	8526	371	6369
18a.	708	11385	640	10702	737	12413	740	12333	684	10973	503	8335	606	10971	458	8885
19a.	409	6541	467	8127	377	6376	430	1141	445	6851	387	6544	337	6295	480	9645
20a.	503	9436	587	11446	507	8913	552	11714	551	9983	486	9714	495	9898	785	12838

Para a análise estatística, os dados foram transformados em raiz quadrada mais 0,5, tanto para peso dos frutos/parcela como o número de frutos/parcela, cujos resultados são apresentados primeiramente para o ano agrícola 1977/78 e depois para 1978/79, e posteriormente analisados em conjunto.

QUADRO 3 - Análise estatística dos métodos de produção de figo para o ano agrícola 1977/78.

Causa de Variação	GL	Q M	
		peso dos frutos	número de frutos
Fatorial vs Testemunhas	1	94,538	0,069
Trat. 7 vs Trat. 1	1	115,691	0,920
Fator de consumo (K)	2	196,391*	2,348*
Frequência (F)	1	11,046	0,531
Interação (K x F)	2	13,912	0,511
Tratamentos (T)	7	91,697	1,034
Blocos	2		
Resíduo (a)	14	48,508	0,446
(Parcelas)	(23)		
Semanas (S)	16	785,553**	14,712**
Interação (TxS)	112	36,922**	0,483**
Resíduo (b)	256	25,968	0,302
TOTAL	407		

OBS. (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade.

(**) significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Dada a significância do teste F para a variável (K) do fator de consumo de água em relação a evaporação do tanque Classe A, aplicou-se o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, na comparação das médias, concluindo-se que os resultados obtidos com os fatores 0,4 e 0,8 diferem estatisticamente do fator 1,2 mas não diferem entre si, para ambos os dados, seja peso ou número de frutos.

Com a significância no teste F para semanas e sua interação com os tratamentos, os graus de liberdade desta interação foram desdobrados, visando uma avaliação do comportamento de cada tratamento ao longo do período produtivo. Os resultados para peso dos frutos/parcela são apresentados a seguir, omitindo-se os resultados para número de frutos que foram idênticos.

Em quase todos os tratamentos, observa-se que o teste F para desvios de regressão foi altamente significativo, indicando contribuições de regressão acima do 4º grau, perdendo o sentido prático. Entretanto, com exceção do tratamento 4, para todos os casos os testes F para regressões feitos usando desvios de regressão como denominador, não foram significativos, indicando que não há uma regressão polinomial, até 4º grau, que explique o fenômeno do ponto de vista prático.

Analisando os valores médios dos tratamentos referentes a cada semana de produção, observa-se uma predominância para o tratamento 4, se bem que a diferença não seja salientada estatisticamente (Figura 4).

QUADRO 4 - Resumo da análise da variância para produções semanais em peso no ano agrícola 1977/78.

Causas de Variação	G.L.	Q M							
		Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4	Trat. 5	Trat. 6	Trat. 7	Trat. 8
Regressão linear	1	505,088**	408,941**	175,995**	27,322	107,804*	70,646	5,498	350,435**
Regressão Quadrática	1	134,371*	245,092**	549,189**	112,414*	197,424**	167,161*	405,550**	484,249**
Regressão Cúbica	1	0,132	68,083	95,917	20,283	70,565	45,545	7,044	20,094
Regressão 4º grau	1	585,252**	65,422	352,337**	626,530**	390,923**	90,142	369,961**	18,481
Desvios de Regressão	12	139,945**	137,589**	97,030**	50,044*	84,506**	99,908**	109,432**	82,402**
Sem.de Trat.	(16)								
Resíduo (b)	256	25,968							

OBS. (*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

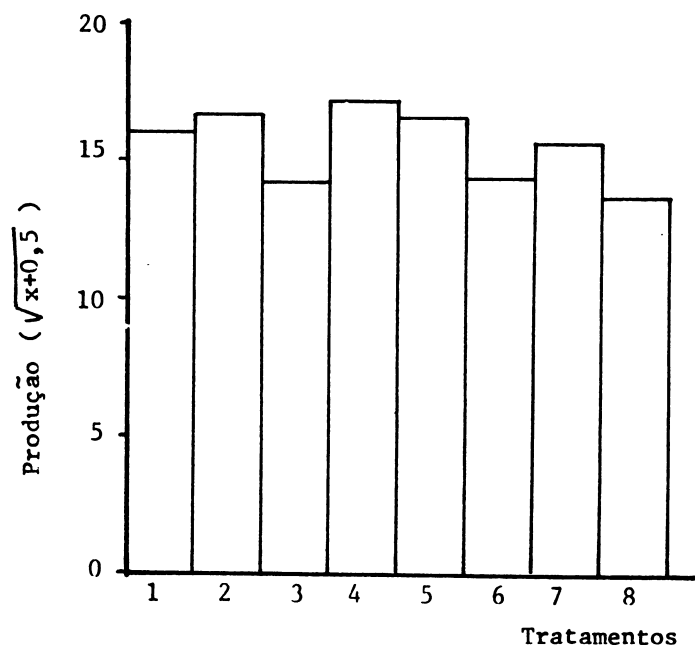


FIGURA 4 - Produção média em peso de frutos de cada tratamento durante o ano agrícola 1977/78.

Para melhor conhecimento do ocorrido com o tratamento 4, que apresentou como significativa a regressão de 4º grau em relação a desvios de regressão, apresentamos a equação de regressão cuja expressão é:

$$\hat{Y} = 0,0093 X^4 + 0,3414 X^3 - 4,2061 X^2 + 19,3838 X - 6,8003$$

onde \hat{Y} é a produção de frutos em $\sqrt{\text{gr}(\text{parcela})+0,5}$, e X representa semanas, variando no caso de $1 \leq x \leq 17$. Observa-se na Figura 5, a representação gráfica da produção semanal do tratamento 4, cuja equação identificou duas produções máximas ocorridas entre a 3a. e 4a. semana e entre a 14a. e 15a. semana, e a produção mínima entre a 9a. e a 10a. semana do período produtivo.

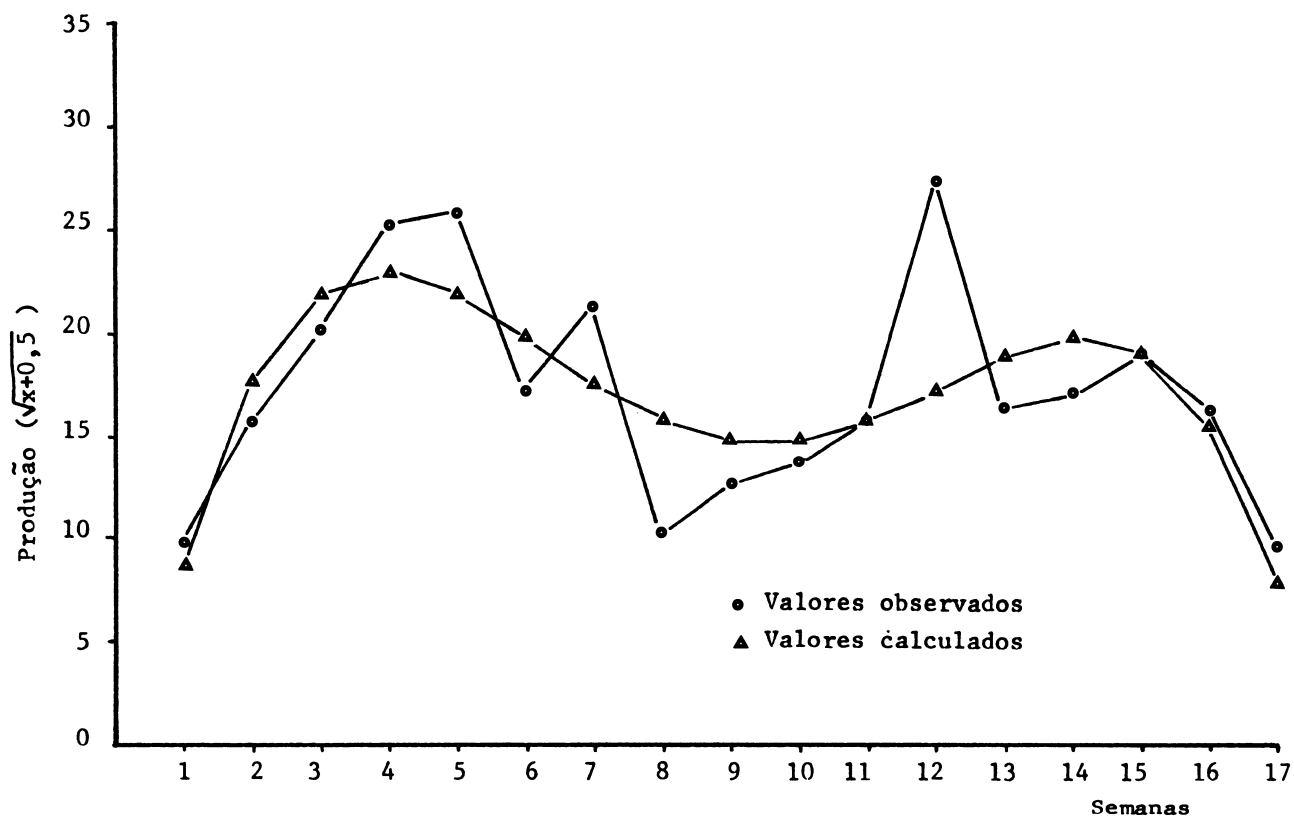


FIGURA 5 - Produção média semanal em peso de frutos no tratamento 4, durante o ano agrícola 1977/78.

A mesma análise foi efetuada com os dados da produção em peso e número de frutos por parcela ($\sqrt{X + 0,5}$) para o ano agrícola de 1978/79, cujos resultados são mostrados nos Quadros 5 e 6, e Figuras 6 e 7.

QUADRO 5 - Análise estatística dos resultados da produção de figos para o ano agrícola 1978/79.

Causas de Variação	GL	Q M	
		peso dos frutos	nº dos frutos
Fatorial vs Testemunhas	1	138,978	883,641
Trat. 7 vs Trat. 8	1	69,717	973,490
Fator de consumo (K)	2	89,116	917,646
Frequência (F)	1	0,309	85,846
Interação (K x F)	2	0,585	8,829
Tratamento (T)	7	160,869	542,121
Blocos	2	160,869	1.946,871
Resíduo (a)	14	62,515	764,173
(Parcelas)	23		
Semanas (S)	19	1.498,646**	24.289,024**
Interação (T x S)	133	11,099	187,422
Resíduo (b)	304	11,978	194,653
TOTAL	479		

QUADRO 6 - Resumo da análise de variância para produções semanais em peso no ano agrícola 1978/79.

Causas de variação	GL	Q M							
		Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4	Trat. 5	Trat. 6	Trat. 7	Trat. 8
Regressão Linear	1	1.811,430**	2.453,228**	2.073,766**	2.355,706**	1.871,234**	1.719,528**	1.715,926**	3.015,963**
Regressão Quadrática	1	286,869**	474,082**	194,300**	476,004**	252,085**	190,513**	366,239**	193,457**
Regressão Cúbica	1	1,611	9,553	1,384	2,179	3,904	0,069	10,701	0,815
Regressão 4º grau	1	37,975	159,959**	89,490**	59,731*	166,359**	75,727*	100,323**	333,943**
Desvios de Regressão	15	72,258**	63,682**	110,277**	88,555**	89,081**	64,215**	66,067**	75,622**
Sem. de tratamento	(19)								
Resíduo (b)	304								

Observa-se aqui também, que os desvios de regressão apresentaram o teste F significativo para todos os tratamentos, mas somente a regressão linear foi significativamente superior aos desvios, quando usado como denominador, indicando então que seu efeito é predominante sobre os demais.

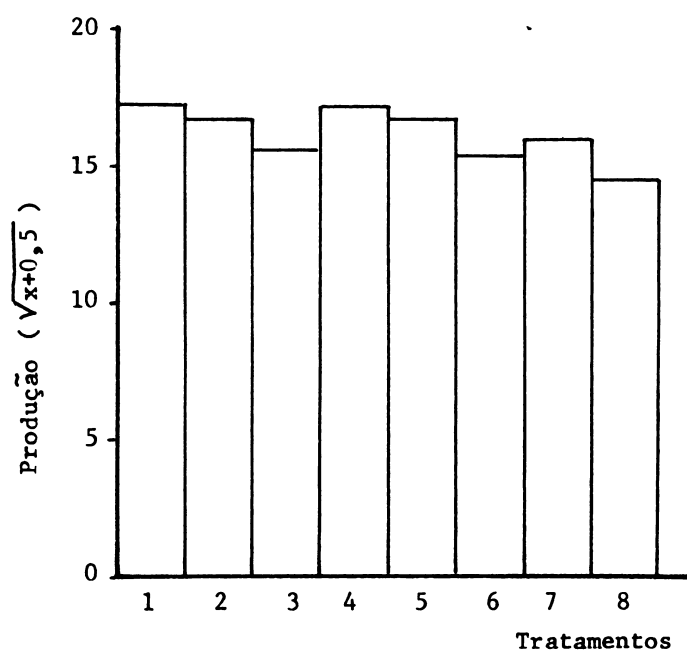


FIGURA 6 - Produção média dos tratamentos em peso no ano agrícola 1978/79.

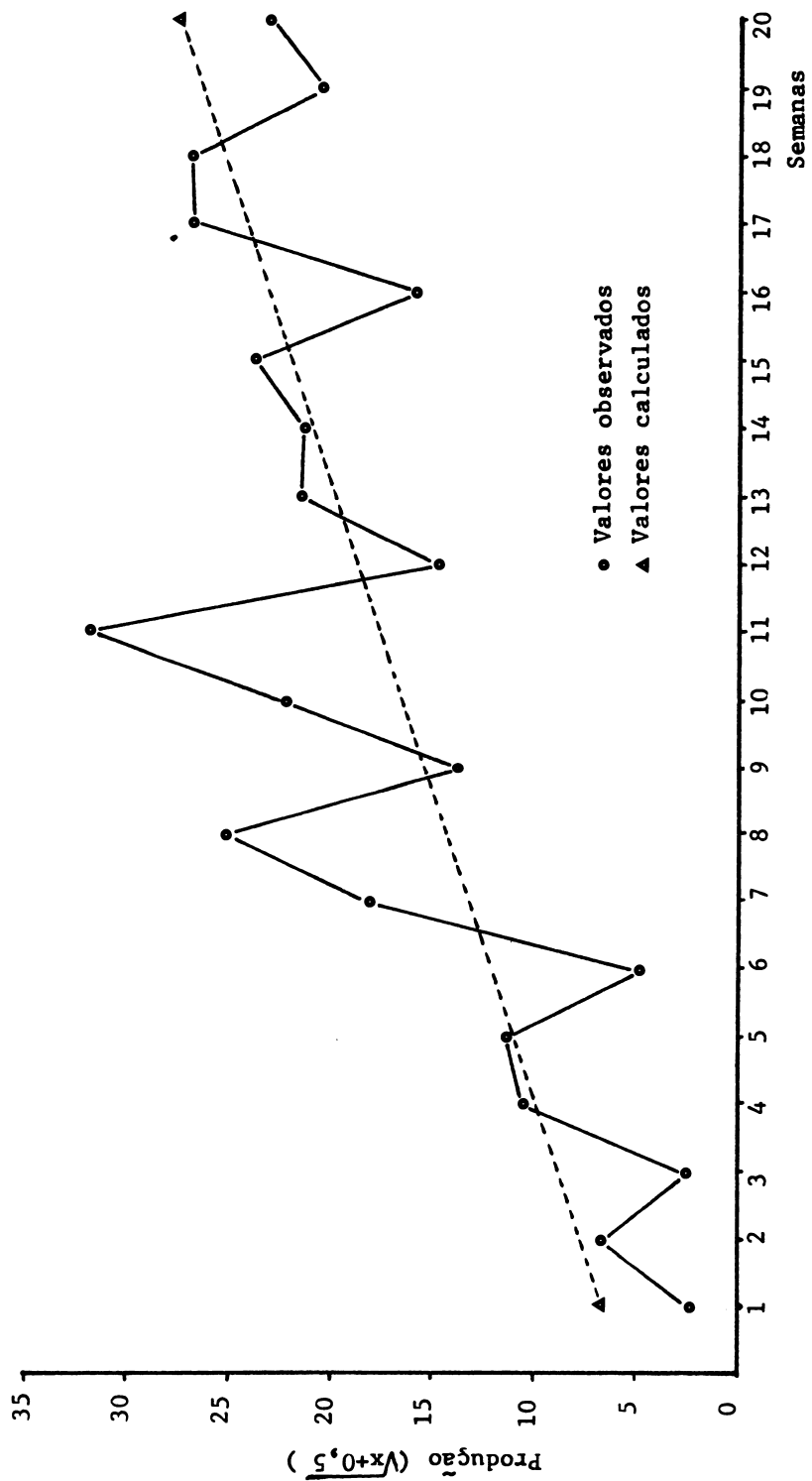


FIGURA 7 - Produção semanal de frutos em gramas no tratamento 4 durante o ano agrícola de 1978/79.

Finalmente, procuramos analisar a produção total dos dois anos, aplicando o mesmo esquema de análise da variância, cujos resultados para kg/ha e nº de frutos/ha encontram-se no Quadro 7.

QUADRO 7 - Análise estatística da produção total de figos (safra de 77/78 e 78/79).

Causa de Variação	GL	Q M	
		produção kg/ha	nº frutos/ha
Fatorial vs Testemunha	1	3.096.316,12	91.019.280,68
Trat. 7 vs Trat. 8	1	946.448,17	114.127.370,67
Fator de consumo (K)	2	4.026.174,00	718.653.860,39*
Regressão linear	1	6.333.627,00*	1.266.434.894,08*
Regressão quadrática	1	1.718.721,00	170.872.826,69
Frequências (F)	1	38.827,56	102.507.334,72
Interação (K x F)	2	406.801,56	140.661.796,72
Tratamentos	7		
Blocos	2	2.528.515,04	387.074.980,17
Resíduo	14	1.141.954,85	143.192.012,60
TOTAL	23		

Aplicando-se o teste de Tukey na comparação das médias referentes ao fator de consumo K, obteve-se as seguintes equações da regressão linear referente a produção de frutos em Kg/ha e em nº de frutos/ha, respectivamente:

$$\hat{Y} = 9.876,29 - 725,50 X$$

$$\hat{Y} = 161.725,20 - 10.273,08 X,$$

onde \hat{Y} apresenta a produção e X o fator de consumo de água K, variando de 0,4 a 1,2. Observou-se que 0,4 e 0,8 não diferem entre si e ambos diferem

de 1,2.

Nas condições de irrigação suplementar, como pode ser visto na Figura 8, os resultados não aparecem com a intensidade desejada, mostrando-se mascarados pelo efeito da precipitação relativamente melhor distribuída no ano agrícola 1978/79, apesar de uma menor quantidade, aliada a condição de um solo classificado como terra roxa estruturada (Alfisol), com boa capacidade de retenção, bem como ao desenvolvimento das plantas, que no seu 3º ano de crescimento, já apresentam um sistema radicular com razoável capacidade explanatória do volume de solo.

CONCLUSÕES

Ainda que sejam necessários mais anos de estudos para alcançar conclusões realmente definitivas, a análise e interpretação dos dados aqui apresentados, permitem-nos salientar os seguintes pontos:

a) Mesmo em condições de irrigação suplementar a irrigação por gotejo pode proporcionar em média um aumento de 10,6% na produção em peso e 3,2% no número de frutos por hectare na cultura do figo.

b) Observou-se que a relação entre produção e o fator K de evaporação segue uma regressão linear dentro da faixa estudada indicando que o estudo deveria ter sido realizado com uma amplitude maior de variação neste fator.

c) Entretanto, salienta-se no estudo, o tratamento utilizando um fator $K = 0,4$ em relação a evaporação do tanque Classe A, e dentro de uma frequência de irrigação equivalente a uma vez por semana. Este tratamento proporcionou em média um aumento de 19,4% na produção em peso dos frutos e de 14,6% no número de frutos por hectare, em comparação com os tratamentos sem irrigação.

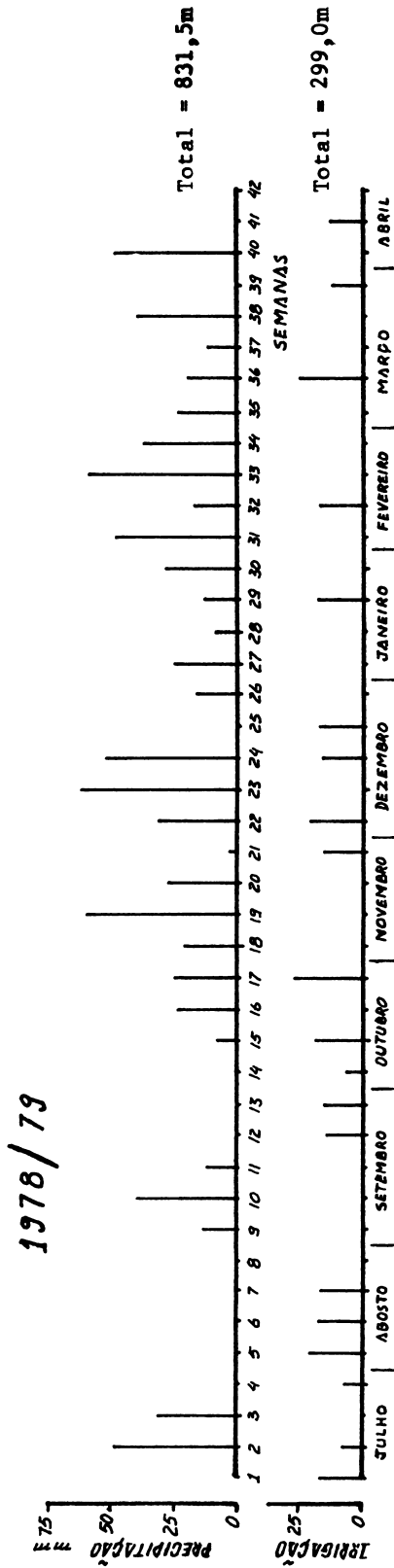
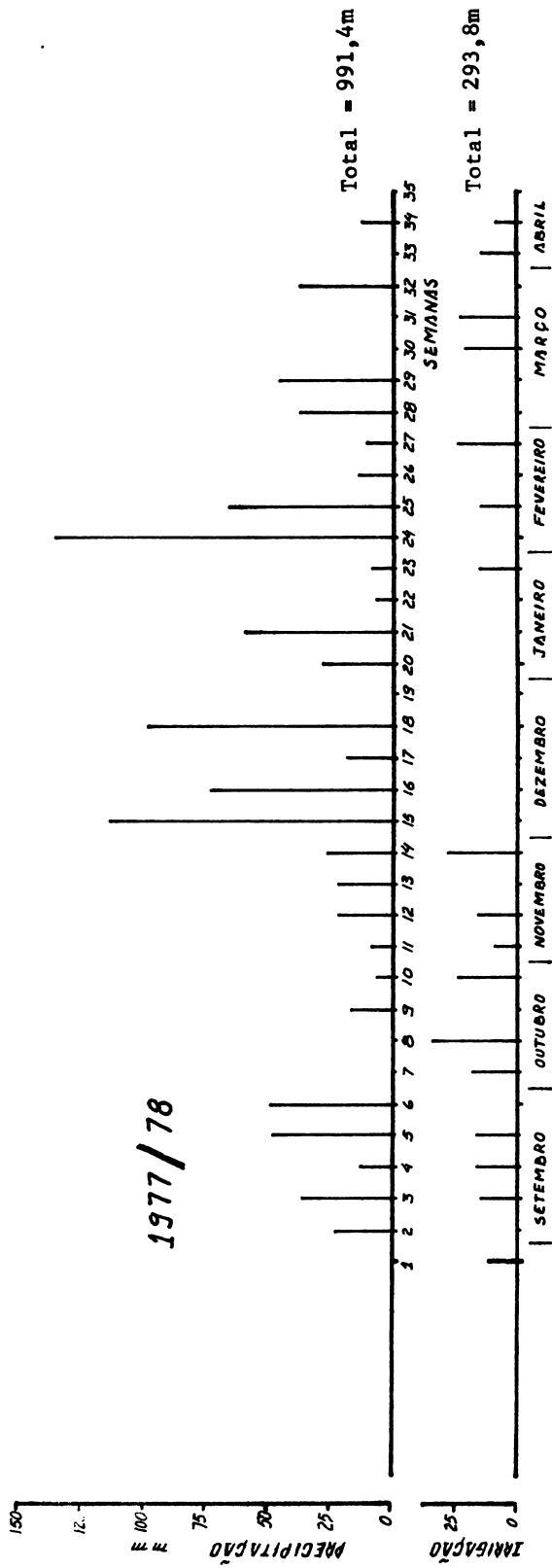


FIGURA 8 - Precipitações ocorridas e irrigações realizadas no tratamento 4, durante os ciclos produtivos de 77/78 e 78/79.

LITERATURA CITADA

- CHESNESS, J.L. and G.A. COURILLON. 1978. Peach tree response to drip application of water and nutrients. ASAE paper nº 78-2019. 19 pag.
- HOWELL, T.A. and F.A. HILER. 1972. Trickle Irrigation System Design. ASAE paper nº 72-221.
- MYERS, J.M. and D.S. HARRISON. 1978. Drip irrigation of orange trees in humid climate. ASAE technical paper nº 78-2018.
- VALENZUELA, T.A.J.V., I. de la PEÑA y M.C. A. LLEREMA. 1978. Determinacion del factor "K" de la evaporacion para estimar los requerimientos de agua del cultivo de maiz bajo riego por goteo, en el Valle del Rio Yaqui, Sonora. 2º Seminario Latinoamericano Sobre Riego por Goteo, Mexico. Anexo 6. 8pag.

III SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE RIEGO POR GOTEO

DOCUMENTO TECNICO 2

RESPUESTA DE LA VID (VITIS VINIFERA CV. CEREZA) REGADA POR
GOTEO A LA MINIFERTILIZACION POR EL METODO DE NIJENSOHN
ABSORCION RADICAL EXTRAEDAFICA (NAREX)

Por: Prof. León Nijensohn
Ing. Agr. Mario J. C. Oriolani
Ing. Agr. María E. Quiroga de Oriolani

RESPUESTA DE LA VID (VITIS VINIFERA CV. CEREZA) REGADA POR GOTEO A LA MINIFERTILIZACION POR EL METODO DE NIJENSOHN DE ABSORCION RADICAL EXTRAEDAFICA (NAREX).

LEON NIJENSOHN*, MARIO J.C. ORIOLANI**
Y MARIA E. QUIROGA DE ORIOLANI**

Palabras clave: fertilización, riego por goteo, absorción radical, vid.
Key words: fertilization, drip irrigation, root absorption, grapevine.

SUMMARY: RESPONSE OF DRIP IRRIGATED GRAPEVINE TO MINIFERTILIZATION APPLIED THROUGH THE NIJENSOHN'S METHOD OF EXTRAEDAPHIC ROOT ABSORPTION (NAREX)

As proposed in a previous paper (Nijensohn, L. 1977, in "Informe Final del 2º Seminario Latinoamericano de Riego por Goteo, México" Tomo II, Anexo 11, edit. IICA, Buenos Aires 1978) an experiment was carried out to combine the advantages of drip irrigation and NAREX for enhancing the action of fertilizers and increasing their efficiency. During the growing season 77/78 extraedaphic permanent cau line roots in expanded volcanic sand (NAREX method) were begun to be developed in drip irrigated grapevines trained in the "parral" system, 1600 plants per hectare. During the same season and the next one the following treatments were tried: (I) Unfertilized check; (II) PK and (III) NPK. The fertilizer materials (20 g/plant trebble calcium superphosphate; 10 g/plant ammonium sulphate and 5 g/plant potassium sulphate) were placed at the surface of the inert media, just under the emitters. In 1978, yields did not differ each from the other, but in 1979 a very significant increase (39% over the check) could be attributed to treatment (III). No significant differences were recorded in the amount of pruning wood neither in the acidity nor in the sugar content of the grape juice. Observations made after the second vintage disclosed abundant extraedaphic roots in the NAREX treated plants. It was concluded that through NAREX minimal doses of N and P may be effective in inducing important yield increases in drip irrigated grapevines without affecting adversely the quality of the fruit neither the vitality of the plant.

* Profesor Titular de Edafología y Director del Instituto de Suelos y Riego de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Chacras de Coria, Mendoza, Argentina.

** Ings. Agrs. Técnicos de la Estación Experimental Regional Agropecuaria Mendoza del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

INTRODUCCION

El objetivo final de la investigación agronómica es el de llegar a controlar y optimizar los distintos factores que determinan el nivel de rendimiento de los cultivos. Esto implica la aplicación de un conjunto de disciplinas científicas que desenvuelven su metodología especializada en función de metas que toman en consideración que la productividad de un cultivo en particular es, además de los efectos de sus enemigos y/o competidores biológicos, la resultante de tres grupos de causas: la constitución genética o potencialidad intrínseca de la variedad, las características atmosféricas que influyen en el desarrollo y funcionamiento de la parte aérea de la planta y, por último aunque no de menor importancia, la naturaleza del ambiente edáfico en el que están inmersas las raíces. En efecto, y ciñéndonos a este último aspecto del problema, es el ambiente edáfico con sus complejos rasgos el que determina el grado de eficiencia del aparato radical en su contribución a la productividad a través de sus condiciones de: anclaje, respiración, temperatura, alimentación hídrica, nutrición mineral y niveles de sustancias tóxicas.

El riego por goteo ha significado un notable avance en las posibilidades prácticas de manejo para influir favorablemente en varias de las antedichas condiciones edáficas (aereación, difusividad iónica, lavado de sales, etc.) pero básicamente responde, y en una de las formas más eficientes, a la finalidad de optimizar la alimentación hídrica. Ahora bien, para realizar el rendimiento virtual posibilitado por esa mejor alimentación hídrica se requiere, generalmente, elevar los niveles de nutrición mineral a través de la fertilización, la que puede encontrar en el agua de riego por goteo un vehículo y un método cómodos para su aplicación. Pero "comodidad" no es sinónimo total de "eficiencia". En el camino de maximización de esta última cualidad es necesario tener presente que el suelo actúa de una manera compleja sobre las sustancias que a él se agregan, ya sea por colocación directa o disueltas en el agua de goteo. En efecto, si bien algunos de los fenómenos que en él ocurren pueden ser positivos en la economía de la fertilización (retención lábil del potasio y del amonio, por ejemplo), la mayor parte de ellos tiene como consecuencia una disminución en la eficiencia de los fertilizantes, ya sea por transformaciones que provocan pérdidas absolutas (reducción a formas gaseosas por ejemplo) o relativas (insolubilización por formación de nuevos compuestos, fijación electrostática, etc.). De ahí que las dosis prácticas de fertilizantes que

las experiencias indican como efectivas superan comúnmente a las teóricas calculadas sobre la base de los niveles nutricionales preexistentes en el suelo y de las necesidades fisiológicas de los cultivos.

En este trabajo se informa sobre resultados de un ensayo de fertilización en vid regada por goteo en el que los nutrimentos adicionales se pusieron fuera de la acción interferente del suelo y directamente a disposición de raíces desarrolladas "ad hoc", de acuerdo al enfoque propuesto originalmente por Nijensohn ("Absorción Radical Extraedáfica: un nuevo enfoque de la fertilización y su aplicabilidad al riego por goteo", en Informe Final del 2º Seminario Latinoamericano de Riego por Goteo, México, Junio de 1977, Tomo II, Anexo 11, IICA, Buenos Aires, 1978). En él se comprueba que con dosis de N y P mucho menores que las usuales, o sea una verdadera "minifertilización", se pueden obtener elevadas y significativas respuestas de rendimiento sin desmedro de la calidad del producto cosechable ni del vigor de la planta.

ANTECEDENTES

Con la finalidad de evitar la influencia del suelo en la eficiencia de absorción por las raíces de sustancias de acción biótica (fertilizantes, plaguicidas sistémicos, reguladores de crecimiento, etc.) y sobre la base de experiencias preliminares que indicaban su viabilidad, Nijensohn, 1974, propuso un método de Absorción Radical Extraedáfica (NAREX) adaptable, en condiciones de campo, a cultivos permanentes con yemas caulinares adventicias. En ensayos de tipo orientativo (Nijensohn y De La Iglesia, inédito) se comprobó: 1)- Que en vid es fácil lograr, en condiciones de campo, el desarrollo de un abundante aparato radical complementario a partir de yemas caulinares; 2)- Que esas raíces, desarrolladas en un medio inerte, fuera del suelo, son fisiológicamente activas y capaces de absorber nutrimentos (pruebas positivas con fósforo radioactivo); 3)- Que las raíces caulinares extraedáficas sobreviven al descanso vegetativo invernal; y 4)- Que existe una tendencia de las vides fertilizadas con pequeñas dosis de nutrimentos, en el medio inerte donde crecen sus raíces extraedáficas, a responder favorablemente con aumento de producción de racimos.

OBJETIVO

En este trabajo se buscó comprobar la posible influencia de pequeñas dosis de N, P y K aplicadas según el método NAREX a vides regadas por goteo sobre las siguientes características: rendimiento de uva; concentración de azúcar y acidez del mosto; vigor vegetativo (producción de madera de poda) y composición del tejido foliar.

MATERIAL Y METODOS

El ensayo se realizó en el campo experimental del INTA en Luján, Mendoza, aprovechando cepas de bordura y la correspondiente instalación de riego por goteo pertenecientes a una experiencia comparativa de métodos de riego informada en el Seminario anterior (en op.cit.ut supra, Oriolani, M.J.C. et al., Anexo 12).

El suelo es de naturaleza aluvial, con subsuelo de cantos rodados entre 60 y 100 cm; es un Torrifluente típico, de textura franca, medianamente calcáreo y de mineralogía mixta en todas sus fracciones granulométricas. La salinidad de su extracto de saturación oscila entre 2,5 y 3 milimhos/cm a 25°C y es predominantemente sulfatada-bicarbonata cálcica. Su Capacidad de Campo es de ca. 21 g%, su Capacidad a 15 bares de 9 g% y su densidad aparente 1,4 g/cm³. De acuerdo a los criterios generales aplicados regionalmente (Cátedra de Edafología de la Universidad Nacional de Cuyo) está medianamente provisto de nitrógeno (N total ca. 650 ppm); es pobre en fósforo (P extraíble con agua carbonicada en relación 1:50 ca. 10 ppm) y de buen contenido de potasio (K intercambiable por amonio ca. 200 ppm).

La vid es de variedad Cereza, cepaje vigoroso y de alto rendimiento potencial; la conducción es de tipo parral mendocino, cepas distanciadas entre ellas a 2,50 m x 2,50 m, una por palo, de alrededor de 15 años de edad.

El sistema NAREX se instaló en la temporada 1977-79 de acuerdo a la técnica modificada descrita en un trabajo anterior (Nijensohn, 1977 op.cit.). Se utilizó lámina de polietileno negro de 125 um de espesor y un metro de ancho, y se cortaron fajas de 70 cm de longitud. Los cilindros armados alrededor de los troncos se apoyaron calzándolos sobre el suelo rebajado 10 cm, y se rellenaron con el material inerte hasta una altura de 30 cm por encima del fondo. El material de relleno utilizado para el desarrollo de las raíces extraedáficas consistió en granula-

do volcánico expandido ("Perlita") cuya composición granulométrica fue: 19% entre 50 y 200 μm ; 44,5% entre 200 y 500 μm y 35,5% entre 500 y 2000 μm .

Un control efectuado al final del ciclo 1978-79 puso en evidencia en las cepas tratadas la presencia de abundantes cabelieras de raíces caulinares (fotos 1 y 2).

Uno de los tres emisores del riego por goteo correspondientes a cada cepa, se lo colocó encima de la superficie del medio de enraizamiento, el que se cubrió con un papel de filtro para mejor distribución del agua en todo su volumen.

El riego se efectuó 5 días por semana, como norma, reponiéndose el agua consumida de acuerdo al control de agotamiento "in situ" del ensayo contiguo mantenido en un umbral del 40% de agua disponible. El volumen total entregado fue de 7644 m^3 /ha/ciclo, en la temporada 1978-79.

Los tratamientos ensayados fueron: (I) TESTIGO: sin fertilizar, regado también por goteo; (II) P-K: 20 g/planta de superfosfato triple de calcio, equivalente a 6,4 kg/ha de fósforo como P. Esta dosis fue colocada en dos parcialidades, una mitad en brotación y la otra después de cuaje. Además, 10 g/planta de sulfato de potasio, equivalente a 3,4 kg/ha de potasio como K, agregado a principios de maduración; (III) Todo igual que (II) y, además, 10 g/planta de sulfato de amonio, equivalente a 3,4 kg/ha de nitrógeno, como N, también agregado en dos parcialidades junto con el superfosfato.



Foto 1. Sistema NAREX instalado, con la bolsa apoyada en el suelo rodeando el tronco de la cepa. Se observa por encima, el emisor de goteo y, dentro de la bolsa, el granulado volcánico expandido que sirve de medio para el desarrollo de raíces.



Foto 2. Vista de uno de los típicos sistemas radicales extraídos desarrollados. Para su exposición se desarmó la bolsa de polietileno negro y se lavó con chorro de agua el material fisicoquímicamente inerte que contenía.

Los fertilizantes se agregaron finamente pulverizados y colocados sobre el papel de filtro en la superficie del medio inerte.

Los controles efectuados fueron: peso de racimos cosechados; acidez y concentración refractométrica del mosto; composición de las láminas foliares, opuestas a racimos, extraídas en cosecha (no se pudo hacerlo en las otras tres oportunidades previstas) y peso de la madera de poda.

Los resultados provenientes de cuatro repeticiones por tratamiento (salvo en la producción del Testigo donde se controlaron 9 repeticiones) se analizaron estadísticamente por comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1, se consignan los resultados medios de los controles realizados. Como consecuencia del limitado número de cepas disponibles que no permitió mayor número de repeticiones, el error experimental es alto por lo que pocas diferencias se confirmaron como significativas a los niveles del 99% y 95% de probabilidades. Estos resultados, que se discuten a continuación, corresponden al segundo

año de ensayo: en el primero no hubo diferencias significativas para ninguna de las variables, lo que se explicaría por el tiempo mínimo necesario que requiere la formación de la cabellera radical extraedáfica, el que puede haber superado el período de disponibilidad de los nutrimentos agregados, arrastrables por el agua de goteo. En cuanto a producción de racimos el efecto del tratamiento NPK difiere muy significativamente con el testigo, pero no con el tratamiento PK el que a su vez, y a pesar de superar en un 24% al no fertilizado, sólo alcanza un nivel de significatividad del 90% sobre él. Comparando el conjunto de las parcelas minifertilizadas a través del NAREX con las testigo, la diferencia promedio del 31,6% (11.480 kg/ha) resulta ser significativa al nivel del 95%. Es interesante destacar que el nivel del rendimiento del testigo es de por sí alto y se encuentra dentro de una curva de producción ascendente atribuible a la mayor eficiencia hídrica alcanzada en las parcelas bajo ensayo en comparación con las condiciones previas. Creemos que los efectos de las minidosas empleadas tuvieron, en los casos de P y N, un efecto estimulativo sobre la absorción a través del sistema radical normal de la planta de cantidades adicionales de éstos y, probablemente, otros nutrimentos.

Cuadro 1: RESPUESTA DE LA VID REGADA POR GOTEO A LA MINIFERTILIZACION A TRAVES DEL METODO NAREX. COSECHA 1979.

	TRATAMIENTOS		
	Testigo	PK	NPK
<u>Peso de Racimos:</u>			
kg/planta	22,7 ^a	28,2 ^{ab}	31,6 ^b
Kg/ha	36.320	45.090	50.560
% relativo	100	124	139
<u>Características del mosto:</u>			
Acidez (en tartárico) g%	3,93 ^a	4,15 ^a	4,20 ^a
Sólidos totales, g%	20,05 ^a	19,25 ^a	19,35 ^a
<u>Madera de Poda:</u>			
kg/planta	1,28 ^a	1,775 ^a	1,70 ^a
kg/ha	2.048	2.840	2.720
<u>Lámina foliar (en cosecha)</u>			
Nitrógeno, en N total, ppm	13.300 ^a	14.500 ^{ab}	15.900 ^b
Fósforo, en P de PO ₄ , ppm	482 ^a	536 ^a	464 ^a
Potasio, en K soluble, ppm	6.361 ^a	6.182 ^a	5.255 ^a

Los aumentos de producción obtenidos no tuvieron ningún efecto peyorativo sobre las características de acidez y riqueza sacarina del mosto; las pequeñas diferencias observadas no son significativas, aunque habría una tendencia al aumento de acidez, lo que es deseable, y disminución de azúcar sobre la que quizás podría haberse influido con una aplicación más temprana y en mayor proporción de K.

Si bien en estos primeros ensayos de orientación los nutrimentos solubles se emplearon en dosis lo suficientemente bajas como para evitar efectos salinos sobre las raíces extraedáficas, sería conveniente ensayar proporciones mayores, ya sea a través de agregados consecutivos o de productos de solubilidad gradual.

Los mayores rendimientos observados con las minifertilizaciones NAREX, no han afectado la expresión vegetativa de las plantas y más bien la tendencia ha sido a aumentarla, como puede apreciarse a través de la producción de madera de poda, donde puede apreciarse una neta superioridad para los tratamientos fertilizantes que en su conjunto, aunque no por separado, es significativa al nivel del 95%.

En cuanto a la composición del tejido foliar se mantuvo dentro del rango normal, no alcanzando en general las diferencias medias computadas el nivel adoptado de significatividad estadística; sin embargo, se observa una tendencia al aumento de contenido de nitrógeno para los tratamientos fertilizantes, que llega a ser significativo para el tratamiento NPK, y de disminución del contenido de potasio con el aumento de producción.

CONCLUSIONES

- 1º)- El método de Nijensohn de Absorción Radical Extraedáfica (NAREX), en asociación con el riego por goteo, permite lograr significativos aumentos de rendimiento en vid con cantidades de fertilizantes mucho menores a las corrientemente utilizadas (minifertilización).
- 2º)- Los mayores rendimientos logrados no modificaron significativamente la acidez y la concentración de sólidos totales del mosto y mostraron una tendencia de estar ligados a un incremento en el vigor de las plantas, juzgado a través del peso de la madera de poda.
- 3º)- El aumento de eficiencia de uso de los fertilizantes a través de la combinación NAREX-GOTEO puede mejorar notablemente la rentabilidad de cultivos arbóreos bajo riego.

4²)- Dadas las limitaciones del ensayo informado, por una parte, y las perspectivas e interrogantes que abre y plantea por otra, se sugiere intensificar y ampliar la experimentación cubriendo distintos complejos ecológicos, rangos de dosis y tipos de fertilizantes y estudiando los efectos también en otras especies adaptables al método NAREX.

III SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE RIEGO POR GOTEO

DOCUMENTO TECNICO 3

PERSPECTIVAS DE LA APLICACION DE LA TECNOLOGIA
DEL RIEGO POR GOTEO EN EL DESARROLLO AGRICOLA
DEL VALLE DE QUIBOR DE VENEZUELA

Por: Ing. Agr. Carmen Bohorquez (*)

(*) Coordinadora del Campo Experimental Quibor dependiente de la Estación Experimental "El Cují" CIARCO - FONAIAP.

C O N T E N I D O

	PAGINA
I.- Introducción	1
II .- Problemática Agrícola del Valle de Quíbor	6
III .- Potencialidad Agrícola del Riego por Goteo para Desarrollar el Valle.....	13
IV.- Implicaciones del Método de Riego por Chorrito.....	17
V .- Recomendaciones	22
VI .- Planificaciones de Trabajo a seguir en las próximas Investigaciones.....	23

PERSPECTIVAS DE APLICACION DE LA TECNOLOGIA DEL RIEGO POR GOTEO EN
EL DESARROLLO AGRICOLA DEL VALLE DE QUIBOR EN
VENEZUELA

Ing° Agr° CARMEN BOHORQUEZ

I.- INTRODUCCION:

El Valle de Quibor está ubicado en la Región Centro Occidental de Venezuela a unos 360 Kms., al Suroeste de Caracas, se caracteriza por ser semiárido con baja precipitación alrededor de los 500 mm/año, temperatura media de unos 26°C y una evaporación de 3.000 mm/año. Comprende 24.785 Has., económicamente regables, de las cuales aproximadamente 3.000 Has. se encuentran bajo riego, de ellas unas 1.200 Has., se dedican a hortalizas que es la principal actividad económica y 1.800 Has a la explotación de Caña de Azúcar, la cual actualmente está en proceso de reducción. La población del Valle de Quibor, es de unas 32.000 personas con una tasa de crecimiento medio anual de 4.3%. El 49,7% de las personas ocupadas realizan labores agrícolas.

Hasta 1.959 en el Valle de Quibor se regaban unas 450 Has., utilizando las aguas de la "Quebrada de Atarigua". En 1.959 a raíz de un estudio efectuado por el Dr. José Ochoa Pile para el Central Tocuyo, comienza la explotación de las aguas subterráneas. El número de pozos y el área regada se incrementaron rápidamente alcanzándose en 1.963 las cifras de alrededor de 100 pozos en producción, 3.000 Has regadas. Pronto comenzó a notarse una disminución rápida del nivel freático debido a que las extracciones para riego eran casi el doble que la recarga natural.

A partir de entonces fué haciéndose notoria la necesidad de arribar a una solución que permitiera ampliar al máximo posible la superficie bajo agricultura de regadío en el Valle. En este sentido, diversas instituciones pú

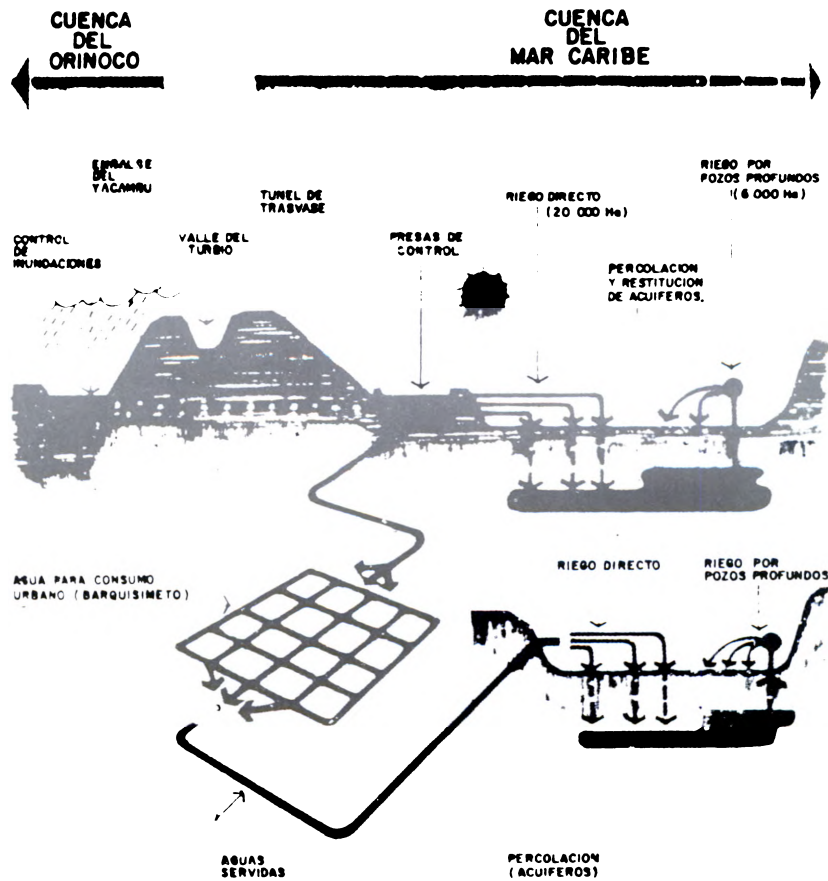
.../...



El clima del Valle es semiárido. Según la clasificación de zonas de vida de Holdrige corresponde a monte espinoso tropical.



Las peculiaridades de su clima le confieren al Valle una importancia de primer orden en lo relativo a su participación en el abastecimiento de ciertos productos agrícolas, como el caso de tomate y cebolla los cuales allí se pueden producir durante todo el año.



PROYECTO YACAMBU ESQUEMA

El Proyecto Yacambú consiste en el transvase de agua desde la Cuenca del Orinoco, donde existe excedente de aguas que provocan inundaciones, hacia la Cuenca del Rio Tocuyo (que descarga en el mar Caribe), donde hay escases de agua. Además contempla la realización de obras de infraestructura para distribuir el agua en el Valle y regar aproximadamente 18.500 hectáreas, así como dotar a Barquisimeto con 3.000 l/s a partir de 1985 - 1990.

blicas y privadas, durante los años que van hasta el 1.972 presentan sugerencias y estudios entre ellos estudios de suelo, erosión salinidad, hidráulica de los acuíferos, etc; dirigidos a promover la idea sobre la necesidad y conveniencia de formular y ejecutar un proyecto de obras hidráulicas que posibiliten alcanzar el objetivo señalado. En 1.972, FUDECO realizó un estudio que demostró la factibilidad técnica y económica de construir un embalse sobre el Río Yacambú y transvasar las aguas para regar el Valle de Quíbor y dotar de agua a Barquisimeto.

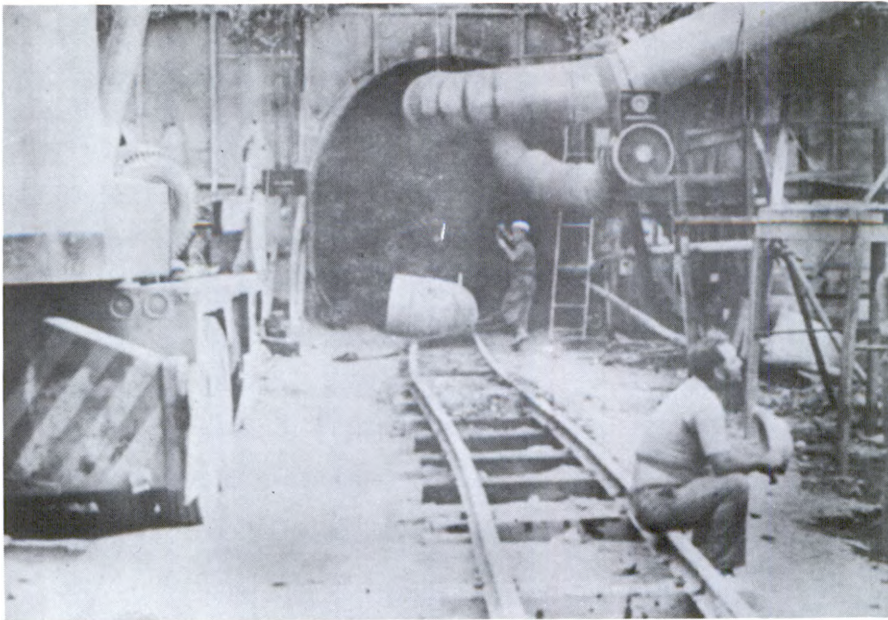
El Proyecto Yacambú consiste en el transvase desde el río del mismo nombre que forma parte de la Cuenca del Orinoco (al Sur de Venezuela), donde existen excedentes de agua que provocan inundaciones en los Llanos de Portuguesa, hacia el Valle de Quíbor en la Cuenca del Río Tocuyo (al Norte de Venezuela) que descarga en el Mar Caribe, en donde hay escasez de agua, tanto para abastecimiento de población como para riego.

La ejecución de este Proyecto, permitirá llevar al área bajo riego a unas 18.500 Ha. e igualmente contempla dotar a Barquisimeto de 3.000 l/s a partir de 1.985 - 90. Las inversiones necesarias para el desarrollo físico (obras de riego, embalse y obras de transvase y vialidad), son del orden de Bs. 800 millones, estando comprometidos hasta el presente unos 450 millones de los cuales se han invertido alrededor de 100 millones.

A mediados de 1.974 se terminó el estudio sobre la necesidad de desarrollar una primera fase del Sistema de Riego Yacambú - Quíbor, el sistema de riego de San José. Este sistema abarca 600 Has. brutas dentro del cual se encuentra el Campo Experimental de Quíbor; toda el área constituye un proyecto piloto en donde se analizan y experimentan los sistemas de organización de los productores y de la producción.

La primera fase del sistema comenzó a funcionar a mediados del año de 1.976 con muy buenos resultados, y con una organización de los productores en empresas campesinas, actualmente se encuentran ubicados allí tres empresas de este tipo.

.../...



Túnel de salida al embalse compensador (lleva 1.5 km de construido).



Mapa del ordenamiento físico-espacial del Valle de Quíbor. Los círculos representan los centros poblados, la zona oscura el área de pequeños y medianos productores. Las líneas que cruzan el Valle son las redes de canales para riego.

II.- PROBLEMATICA AGRICOLA DEL VALLE DE QUIBOR:

En conjunto con FUDECO, M.A.C., M.A.R.N.R., y FONAIAP se realizó un diagnóstico de la problemática actual del Valle de Quíbor, describiéndose a continuación los principales problemas detectados:

1º- Baja rata de infiltración: la rata de infiltración básica de la mayoría de los suelos es baja o muy baja, en el rango de 2-3 mm/h. esto conduce al hecho de que el agua libre puede permanecer en los surcos por 7 - 8 días después del riego. Las condiciones anaeróbicas resultantes pueden afectar desfavorablemente el sistema radical, además de la estructura del suelo y su flora microbiana.

2º- Peligros de salinización: la baja rata de infiltración combinada con frecuentes aplicaciones de fertilizantes puede conducir fácilmente a un aumento en la salinidad del suelo. Aunque el agua de Yacambú es de buena calidad (C.E= 0,4 mmhos/cm), el riego bajo las prácticas actuales conduce a la salinización (actualmente existen 15.610 Has con contenido de sales entre 2-16 mmhos/cm). Esto probablemente será muy serio, puesto que el agua de los pozos del Valle (EC está entre 0,7 - 1,9 mmhos/cm) será mezclada con el agua de Yacambú.

3º- Ineficiencia en el uso de la tierra: la práctica actual de riego en surcos cortos desperdicia aproximadamente un 40% del área total en tomate y un 20% en cebolla, la cual podría usarse para la producción.

4º- Los suelos del Valle de Quíbor presentan una baja estabilidad estructural como característica derivada de la evolución del mismo y como fenómeno regulador de varios de los problemas actuales asociados a baja infiltración y permeabilidad, relaciones aire-agua y costras de batido. La estructura varía en cuanto a su grado de desarrollo de acuerdo a la humedad del sistema; en suelos secos se aprecian grados de fuerte desarrollo mientras que la adición de agua conduce a condiciones muy débiles del mismo.

La aplicación de la técnica de agitación en agua (Yoder, 1.936) indicó una degradación completa del suelo al ser manejado bajo estas condiciones presentándose medias geométricas en el rango de 0,141-0, 443 mm. El promedio de ellas se estableció en 0,214 mm.

.../...



El 75% de los suelos del Valle tienen infiltración menor de 1 cm/h.
El agua permanece hasta 9 días sobre el surco.



Los suelos del Valle son muy susceptibles a la erosión. El proceso de erosión se ha frenado y estas carcavas han sido recuperadas.

Si se consideran condiciones degradativas los tamaños de los agregados menores de 0,5 mm y la susceptibilidad a la erosión máxima para tamaños en el rango 50-420 μ y se esperan (tal como se observa en la práctica) problemas agudos en el manejo de los suelos en cuanto a relaciones desfavorables aire-agua y alta potencialidad a la erosión. Se conceptúa que el problema reside en la interacción entre altas cantidades de limo y altos porcentajes de mica-ilita en la fracción arcillosa, agravado por muy bajo contenido en arena, bajo grado evolutivo del suelo y bajos contenidos en materiales orgánicos y óxidos libres de hierro.

5:- La eficiencia de riego de los cultivos oscila entre 30 y 40%, estando directamente relacionada con la profundidad radicular de los cultivos. De las determinaciones en campo de dichas profundidades se observó que la Caña de Azúcar de 8 años sembrada sus raíces apenas alcanzaron 60 cms de profundidad, el tomate profundizó hasta 30 cms y la cebolla tiene una profundidad de 20 cms. Los caudales utilizados por regador (módulos de riego) oscilaron entre 7-8 lps, para la hortaliza, y de 15-20 lps para la Caña de Azúcar. Debido a los métodos de riegos empleados, se pierde un gran área del terreno entre calle y acequias para riego, variando desde el 40% en el caso del tomate, hasta el 20% para el caso de la cebolla, además de que impide que se puedan mecanizar algunas de las labores culturales.

6:- En el Valle existen un uso muy intensivo de la mano de obra, presentándose serias limitaciones para la expansión de la áreas sembradas, en caso de que continúe la tendencia de desplazamiento de las zonas rurales que se ha acentuado en los últimos años en Venezuela. El uso tan intensivo de la mano de obra está relacionado con la forma de regar, la cual hace que el rendimiento del riego por hectárea sea muy bajo (0.5 Ha/día por regador, para las hortalizas y de 1.5 Ha/día por regador para la Caña de Azúcar) e impide la mecanización de las labores culturales. La práctica de transplantar las hortalizas y el hecho de que el tomate, para el consumo fresco debe ser empalado ayudan a incrementar notablemente el uso de la mano de obra.

7:- La situación fitosanitaria del Valle de Quíbor es muy crítica, debido a que ha sido primordialmente una región agrícola de explotación hortícola. El cultivo del tomate se ha caracterizado por presentar la mayor superficie de

.../...



Métodos de riego en serpentin para cebolla. Notese la imposibilidad de mecanizar las labores de cultivo.



Métodos de riego en cantero para tomate y pimentón. (Detalle de la forma de riego).

producción, lo cual en los últimos 20 años se ha incrementado y cuya explotación se caracteriza por:

a.- Uso de una sola variedad de tomate en forma de monocultivo a través de todo el año.

b.- El uso del control químico de plagas (insectos, enfermedades, etc)

c.- El uso indiscriminado e irracional de pesticidas, lo cual incluye la utilización de los más variados tipos de insecticidas, fungicidas etc; dosis exageradas, mezclas de pesticidas, frecuencia de aplicación muy altas (reducidos intervalos de tiempo de aplicación), destrucción de la fauna silvestre, problemas de salud humana y contaminación general del medio ambiente. Por otra parte el uso irracional de los pesticidas ha originado entre otras las siguientes situaciones:

a) Aparición de nuevas plagas a niveles económico de daños.

b) Aparecimiento de nuevos problemas fitosanitarios, nemátodos, enfermedades virosas, fungosas, ácaros etc.

c) Resurgencia de las plagas tradicionales a una intensidad mayor después de cada aplicación.

d) Incremento en los costos de producción debido al aumento en los costos de control de plagas.

8.- El acuífero no sólo ha sido sobreexplotado sino que su calidad ha disminuído considerablemente en algunos lugares en pocos años, haciéndose necesaria la mezcla del agua subterránea con la de Yacambú para poder utilizar el agua de algunos pozos que en la actualidad no se usan.

9.- El manejo post-cosecha ocasiona grandes pérdidas, se estima 30-40% de los productos hortícolas, debido principalmente a:

a) En los patrones de consumo existentes no está estipulada la calidad mínima del producto a consumir.

b) Deficientes sistemas de transporte, empaclado y almacenamiento.

c) Fluctuaciones de los precios del mercado son tan amplias e influyen en la calidad del producto recolectado (dándose casos de cosechas de cebollas verdes por lograr buenos precios).

.../...



Método de riego en surcos rectos en frutales. Debido a la baja infiltración estos frutales eran subirrigados.



La alta densidad de plantas en los semilleros producen plantas débiles y el porcentaje de pega en el trasplante es bajo.



Estudio de método más adecuado de irrigación (sistema de riego por goteo, detalle de instalación de un gotero).



Proyecto sobre mejoramiento de las propiedades fisico-químicas de los suelos del Valle.

10.- La densidad de siembra en los semilleros es muy alta, no se hace desinfección de los mismos con el riesgo consiguiente de propagación de Plagas y Enfermedades.

11.- La semilla de tomate utilizada en la zona, es producida por los mismos agricultores sin ningún criterio técnico. Esto ocasiona una deformidad muy marcada en lo referente a las características del producto final y a su vez es una fuente de propagación de enfermedades.

POTENCIALIDAD DE LA TECNOLOGIA DEL RIEGO POR GOTEO PARA DESARROLLAR EL VALLE.

Debido a la complejidad de la problemática existente se vió la necesidad de iniciar un proceso de investigación agrícola dentro del Proyecto Yacambú - Quíbor, con miras a la utilización eficiente de los recursos disponibles y es por ello que se comenzó a trabajar con el sistema de riego por goteo y su posible adaptación a los diferentes cultivos. El inicio de estas investigaciones es muy reciente, apenas año y medio, sin embargo, es posible hacer algunos comentarios:

En frutales se consiguió rápidamente respuesta traducida en que el porcentaje de plagas de las plantas es del 95% y su desarrollo es más precóz, en uva por ejemplo se riega con un caudal de 6 lts/día lo que equivale a un coeficiente de cultivo de 0,3 con rendimientos de 50.000 Kg/Ha. En aguacate, hubo necesidad de modificar el sitio en donde se coloca el gotero, haciéndolo un hueco de 30 cms de diámetro por 1 mts de profundidad y rellenarlo de granzón, Para conseguir una mejor distribución del agua. Desde el punto de vista de la experiencia los resultados son alentadores; esto se hizo debido a la baja infiltración de los suelos el agua no penetra sino que escurre sobre la superficie o aguachina la planta. Aún no se tienen datos de producción.

Ante la necesidad de conseguir un método de riego para las hortalizas, que siendo las más eficientes no permitiera reducir en un cierto porcentaje el uso tan intensivo de la mano de obra y que no saliera tan costoso para los agricultores, se dirigieron las investigaciones hacia el empleo de los surcos largos mediante el uso de tuberías con compuertas, pero debido a las grandes limitaciones que representa el suelo por su alta erodabilidad, baja infiltración y pendientes alrededor del 1% nos limita el uso de caudales a valores tan bajos que no se podían obtener con las tuberías con compuertas que existen actualmente en el mercado.

.../...

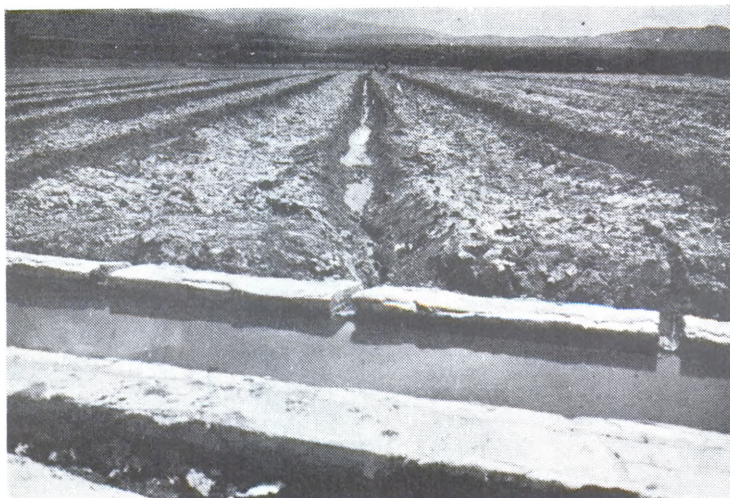


FOTO 5. Utilización del surco largo en pendiente para el riego de cebolla en el Valle de Quíbor

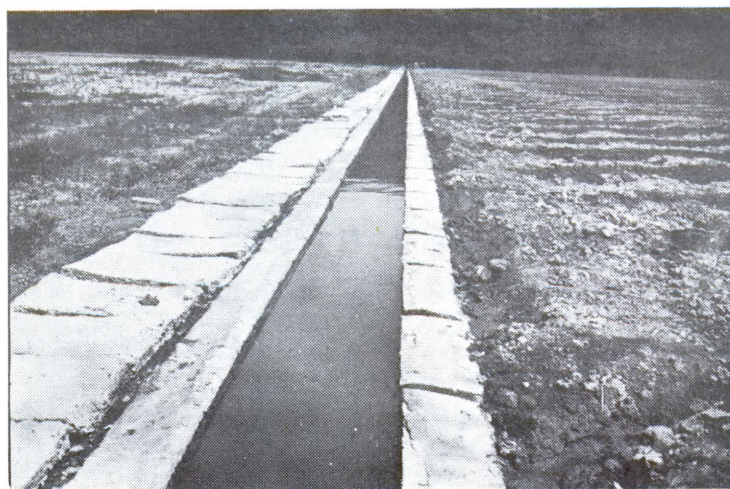


FOTO 6. Riego por gravedad casi automatizado en el Valle de Quíbor

Paralelamente se analizó una experiencia encontrada en el Valle de Quibor en la cual un agricultor, el Señor José Rodríguez, localizado en la zona de los Jebes, debido a los problemas de mano de obra se vió obligado a regar mediante el empleo de surcos largos trazados en el sentido de la máxima pendiente con caudales relativamente bajos alrededor de 0,5 l/s, la conducción del agua la realiza mediante el empleo de acequias de riego trazadas en la parte alta de los surcos y con pendientes del 0% con una serie de ranuras de tal forma que aplica dos salidas de agua a cada surco. Al final de la surquería construyó un surco de drenaje en donde recoge toda el agua que sobra de cada surco y la reutiliza en un sector con frutales, situados en la parte más baja del campo. Todo lo anterior llevó a mejorar el método empleado por dicho agricultor utilizando una mezcla del equipo utilizado en el riego por goteo y los surcos por gravedad surgiendo de este modo el riego por chorrillo, que se puede considerar como una aplicación de la tecnología del riego por goteo.

En el riego por chorrillo la conducción del agua desde la fuente del agua hasta la cabecera de los surcos se hace por medio de tuberías a presión, por lo cual las pérdidas son prácticamente nulas, en la cabecera de cada surco existe una salida de agua cuyos caudales son de litros por hora y se riega las 24 horas del día. A causa del diámetro tan pequeño del orificio de salida, el agua debe ser filtrada porque sino se tapa la salida.

El trazado de los surcos se hace siguiendo la pendiente máxima del área y es necesario que previamente haya sido pasado un land plane y las labores del surcado y siembra deben ser simultáneamente, ya que los surcos son muy pequeños, de forma semicirculares de 10 cms de ancho por 5 cms de profundidad y no deben ser deformados con el pase de maquinarias para la siembra, debido a los caudales tan bajos que se usan y en el cual influye mucho el microrelieve para el avance del agua por ejemplo para un surco de 150 mts de largo y 0.9% de pendiente y separación de 1 mts entre el curso, se usan caudales de 30 l/h lo cual equivale a una lámina de 5 mm/día.

Por lo pequeño y forma del surco, así como al hecho de que se debe sembrar simultáneamente, los surcadores existentes en el mercado no son adecuados para este fin. Por ello se ha diseñado un implemento que permite la realización de las siembras y el surcado simultáneamente.

.../...

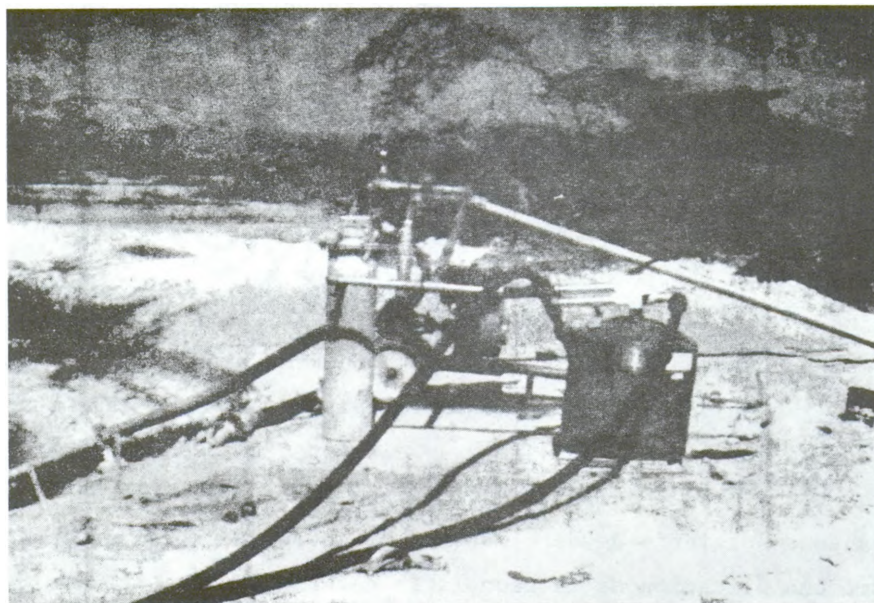


FOTO 7. El cabezal del riego por Chorrillo es el mismo del riego por goteo.



FOTO 8. Controles utilizados en riego por Chorrillo, para las presiones y volúmenes utilizados.

En las pruebas iniciales que se han realizado, el problema ha sido la alta densidad de siembra de las hortalizas tales como: Tomate, Pimentón y Cebolla. En el caso de la última, el problema está resuelto usando mezcla de materia inerte con semilla y hemos logrado utilizar 2000 grs/Ha de semilla.

En el caso de hortalizas menos densas como el tomate y pimentón, la mezcla no ha resultado porque la separación es muy grande, por lo cual se está trabajando en sembrar en tiras de papel absorbente, con muy buenos resultados en las pruebas preliminares. La colocación de las semillas en el cual se realizaría en galpones utilizando la mano de obra de las mujeres. El rendimiento obtenido es de una hora para sembrar 50 mts de tiras de papel; haciendo el desenrollado, la colocación de la goma y el enrollado nuevamente del papel mecánicamente el rendimiento aumenta considerablemente. También hemos trabajado con Sorgo Granero Híbrido Pioneer BR 815 sembrado en surcos de 150 mts en una área de 2.250 m² y no hemos conseguido diferencias significativas estadísticamente entre los rendimientos al principio, centro y final de los surcos; el rendimiento promedio por hectárea resultó de 6.758 Kg/Ha de granos con contenido de 12% de humedad y rendimientos en materia verde para forraje de aproximadamente 50 TM/Ha.

Actualmente, se está realizando un ensayo en tomate sembrado directamente y transplantado en surcos de 150 mts y haciéndose un estudio detallado sobre el movimiento del agua en este método, con muestreos a tres distancias en la horizontal (10 cms, 25 cms y 60 cms del borde del surco) y a tres profundidades diferentes a todo lo largo del surco. Este ensayo aún no se ha terminado, esperamos para finales de año tener listos los datos analizados y con conclusiones más detalladas.

IMPLICACIONES DEL METODO DEL RIEGO POR CHORRITO:

1º- Se reduce significativamente el uso de la mano de obra por el hecho de sembrar simultáneamente con el surcador y el no requerir regadores. En el recuadro siguiente se muestran los requerimientos de mano de obra en los métodos tradicional y por chorrillo, estos últimos producto de resultados preliminares.

.../...

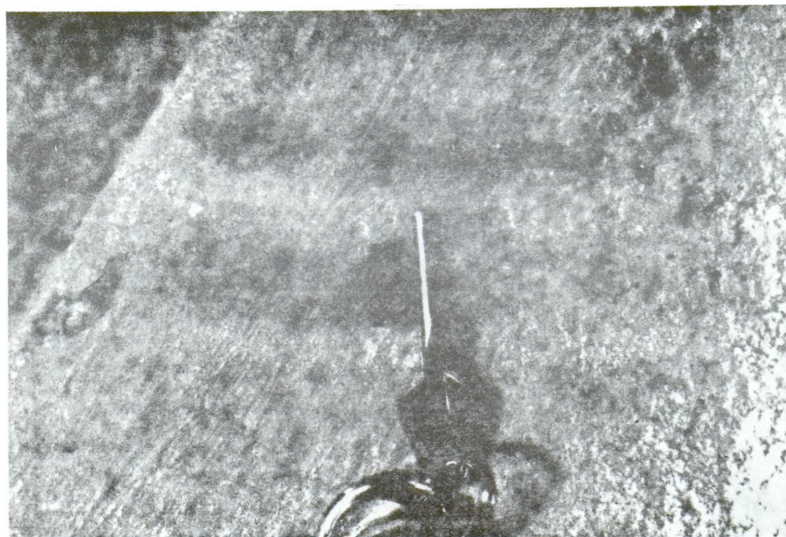


FOTO 9. Detalle de transfer utilizado para la salida de agua al frente de cada surco.

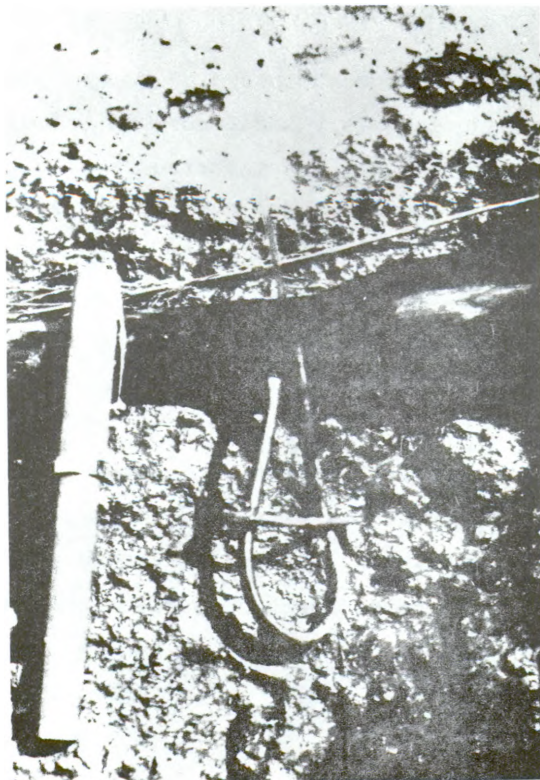


FOTO 10. Detalle de como queda la salida de agua al frente de cada surco (Transfer y espagueti)

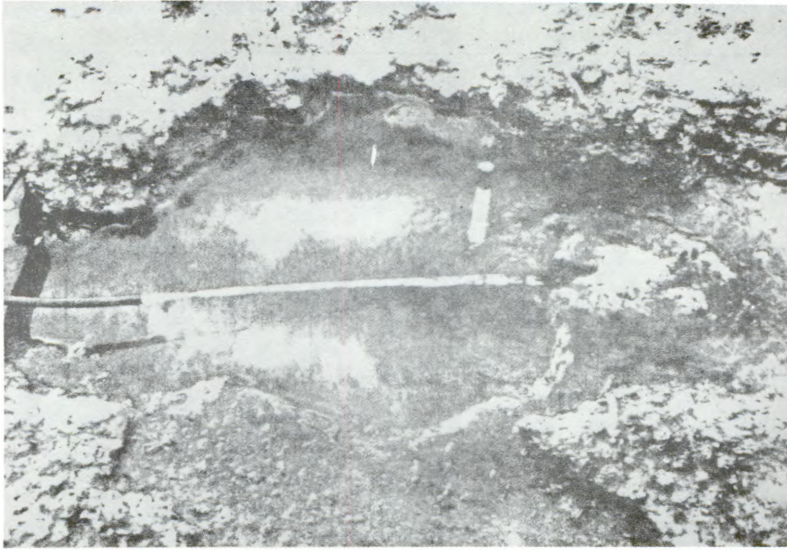


FOTO 11. Caudal inicial utilizado en riego por Chorrito (80 l/h)
durante dos días.

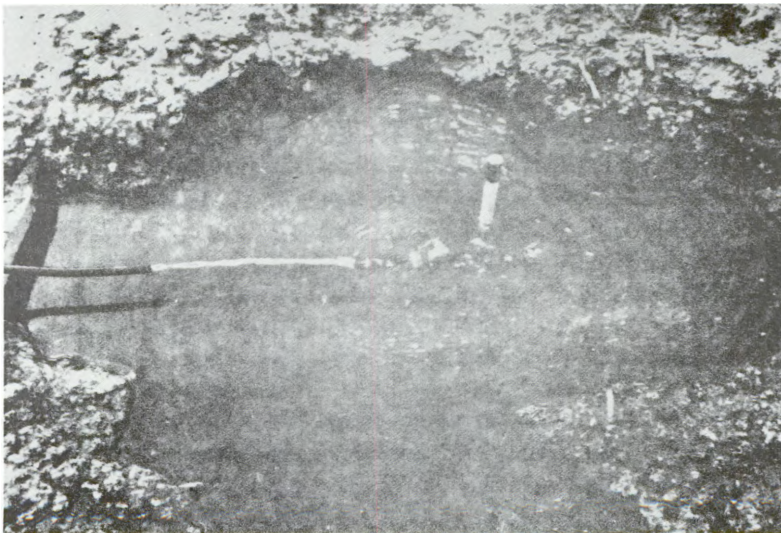


FOTO 12. Caudal final utilizado en riego por Chorrito (30 l/H)
Durante 70 días.

LABORES REALIZADAS	N° DE JORNALES REQUERIDOS POR HECTAREA					
	TOMATE		PIMENTON		CEBOLLA	
	Riego Cantero	Riego Chorruto	Riego Cantero	Riego Chorruto	Riego Cantero	Riego Chorruto
SEMILLERO	2,25	-	2,25	-	11,00	-
SIEMBRA	10,00	-	10,00	-	12,00	-
SURQUERIA	13,25	-	20,00	-	11,00	-
RIEGOS	13,25	-	13,25	-	18,00	-
APLIC. HERB.	11,25	1,25	1,25	1,25	2,00	2,00
APLIC. INSECT.	20,00	20,00	20,00	-	20,00	2,00
LIMPIAS	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	11,00
FERTILIZ.	3,00	3,00	3,00	3,00	-	-
APORQUE	48,00	-	48,00	-	-	-
PODA	73,50	73,50	-	-	-	-
EMPALADO	68,50	68,50	-	-	-	-
COSECHA	50,00	50,00	50,00	50,00	17,50	17,50
T O T A L	327,00	230,25	184,75	68,25	105,50	32,50

Como se puede observar en el cuadro anterior en tomate, pimentón y cebolla, se reduce en un 30%, 62 y 69% respectivamente, el uso de mano de obra, es decir aproximadamente se reduce en un 54% el número de jornales requeridos en las hortalizas en su conjunto.

2.- Se logra un uso más eficiente del área, esto porque en el riego por cantero utilizado en tomate y pimentón se pierde acerca del 40% del área en tre calle y acequias de riego por serpentín cerca del 20% del área mientras que en riego por chorruto se puede utilizar el 90% del área es decir, se pierde el sólo 10% por los espacios que se debe dejar para dar la vuelta del tractor.

.../...



FOTO 13. Avance del agua en los surcos largos.



FOTO 14. Panorámica del avance del agua en los surcos.

3°- Permite este método de riego la siembra directa de las hortalizas, ya que no se deja secar el suelo principal obstáculo para la siembra directa por las costras que se forman al someter el suelo al efecto del desecamiento; los cultivos no están sometidos a la poda de raíces por el trasplante y no tienen la competencia de plantas del semillero, estas se desarrollan más vigorosas y reducen significativamente su ciclo de producción.

en el cuadro siguiente se muestra la duración de los ciclos de producción de dos hortalizas:

CULTIVO	SISTEMA DE SIEMBRA	
	TRANSPLANTADO	SIEMBRA DIRECTA
PIMENTON	150 DIAS	94 DIAS
CEBOLLA	130 DIAS	90 DIAS

Nota: Este resultado son producto de una sola época de siembra. Período comprendido a Julio - Octubre. 1.978

4°- Los costos de instalación del riego dentro de la unidad de reproducción están alrededor de los 5.000 Bs. incluyendo filtro, bomba, tubería y emisores de agua y la vida útil de los mismos se estima alrededor de los 5 años, sin embargo este dato será ajustado con las investigaciones que se hagan por el Valle de Quíbor.

5°.- El método de riego por chorrito está limitado a suelos pesados de baja infiltración, porque de lo contrario las pérdidas de la percolación profunda serían muy altas; también para terrenos tan pendientes mayores del 0,5% para permitir un buen avance del agua, evitar encharcamientos y que la misma lleque el final del surco en un tiempo relativamente corto que no influya diferencias importantes de crecimiento de las plantas al principio y al final de los surcos.

RECOMENDACIONES:

1.- Es necesario seguir investigando en adaptar la tecnología del riego

.../...

por goteo a las condiciones del Valle de Qufbor, tanto con el goteo tradicional en frutales, como en modificaciones a éste para hortalizas y otros cultivos anuales.

2.- Se requerirá de mayores investigaciones para adaptar un método de riego apropiado y que resuote relativamente económico.

3.- Los objetivos de las investigaciones en riego a realizarse deben ser:

a) En el aspecto de relación suelo-agua, es decir aplicar láminas de agua a velocidades que no excedan la rata de infiltración para evitar problemas de erosión, agua almacenada durante mucho tiempo, condiciones anaeróbicas en el suelo que ocasionan problemas de enfermedades y plagas.

b) Estabilizar la estructura del suelo y mejorar la infiltración utilizando diferentes métodos de preparación de suelo, asociaciones de gramíneas y leguminosas e incorporación de material orgánico como cáscara de arroz, crotalarias, estiércol de chivo o gallina y usando acondicionadores químicos como emulsión de bitumen hidrofílico y poliacrilamida.

c) En el aspecto de salinidad, tratando de minimizar el peligro de concentración de iones al menos en el área del sistema radicular de la planta.

d) Determinar las propiedades en respuesta a las diferentes tecnologías de riego, es decir como es la distribución del agua, las sales, el volúmen de raíces, la infiltración, etc.

CB/mt.-

26-09-79

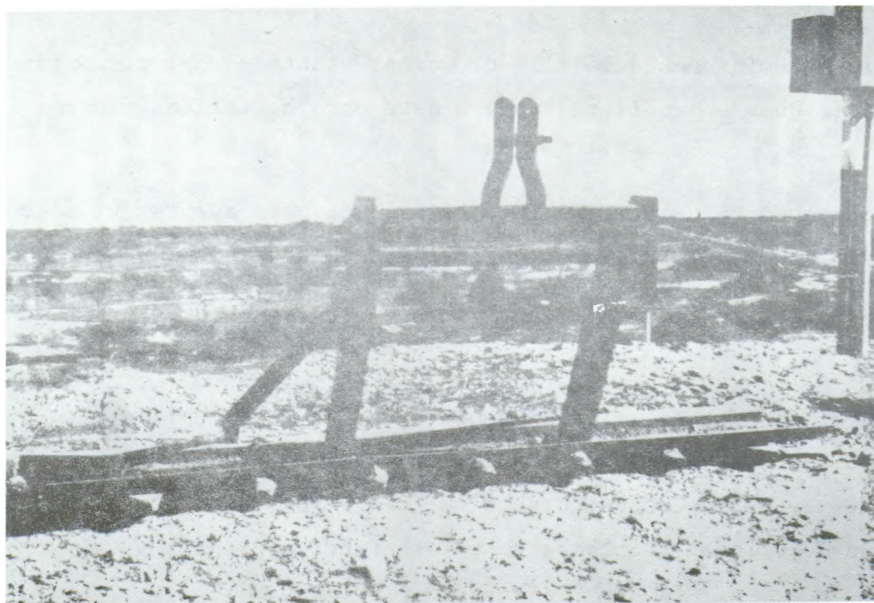


FOTO 15. Surcador especialmente para el riego por chorrito.

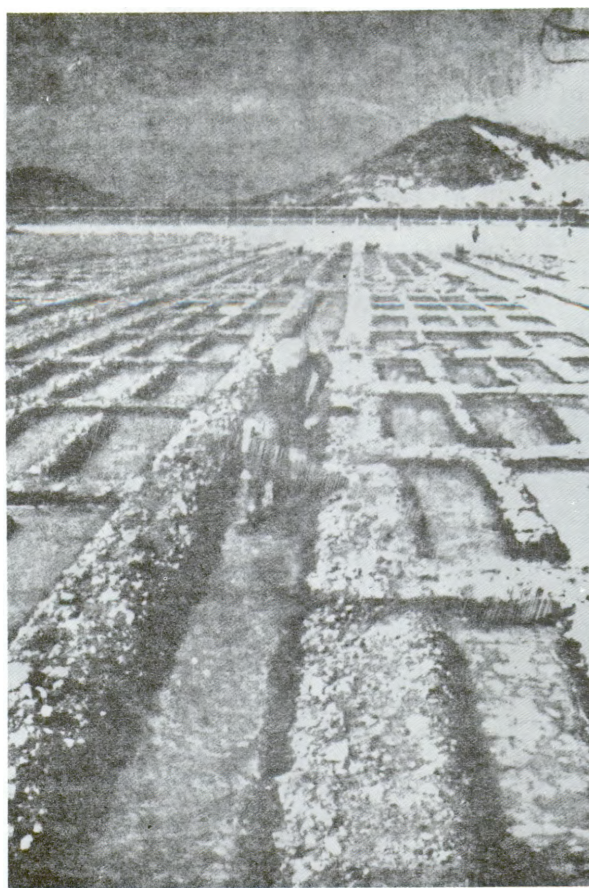


FOTO 16. Riego por serpiente, tradicional en el Valle.

VI.- Plan de Trabajo a seguir en las próximas Investigaciones:

La adaptación de la Tecnología del Riego por Goteo al Valle de Quíbor, implica un cambio total en el sistema de producción de la hortalizas no siendo tan radical en el caso de los frutales; razón por la cual nos hemos visto en la necesidad de ir estudiando como debe ser el control de maleza, la fertilización, el control de plagas etc, pero hasta la fecha lo hemos hecho cada variable por separado incluyendo el movimiento de agua en el suelo (bulbos de humedad) y las frecuencias de riego, lo cual ha sido muy poco efectivo para la obtención de resultados confiables. Es por ello que para el año próximo se orientarán las investigaciones tratando de combinar el mayor número de variables que se posible manejar en campo como sería: siembra directa, fertilización, cantidad de agua, control de malezas, etc.

Paralelo a ello estudiaremos la respuesta del suelo a diferentes materiales orgánicos e inorgánicos bajo el riego por goteo, con el fin de evaluar dichos materiales en su efecto como mejoradores de la infiltración bajo el método de riego por goteo, entre los materiales que hemos usado y que se presentan con mucha perspectiva se encuentran: la cáscara de arroz, la crotalaria, el bitumen hidrofólico de petróleo, etc. También estamos trabajando, y lo continuaremos con mayor profundidad el año próximo en modificaciones de la sembradora de cereales, en el sentido de adaptarle un surcado y hacer las dos labores simultáneamente; en este momento tenemos la primera prueba construida y en el transcurso del mes de noviembre esperamos poder probarla y estudiar sus resultados.

DOCUMENTO TECNICO 4

CAMPO DE DEMOSTRAÇÃO DOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO:
GOTEJAMENTO, ASPERSÃO E SULCOS

Por: Eng^o Dirceu D'Alkmin Telles (*)
Eng^o Agr^o Hélio C. Matsucuma (**)
Econ. Victor M. R. Mendes (***)

(*) Coordenador do Plano de Irrigação do Estado de São Paulo (DAEE) - Professor Assistente da FATEC (UNESP)

(**) Assistente Técnico da Diretoria de Planejamento e Controle (DAEE)

(***) Chefe da Seção na Diretoria de Planejamento e Controle (DAEE)

O Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) é o órgão responsável pela política de utilização dos recursos hídricos do Estado de São Paulo.

Nesse sentido tem desenvolvido estudos e projetos, visando suprir com água de um modo racional, regiões do Estado.

Em 1973 o DAEE elaborou o Diagnóstico Básico de Irrigação para o Estado de São Paulo, (1) o qual destacou a possibilidade de se fornecer água para uma área de 4,5 milhões de hectares (3). Terminada esta fase, preparou o Plano Diretor de Irrigação para a Bacia do Rio Pardo (2) e a seguir o Estudo de Viabilidade Técnica Econômica de um Projeto de Irrigação, pelo qual foi escolhida uma área no município de Guaíra, onde determinou a execução de um projeto executivo para 18.000 hectares.

Devido à inconsistência de dados disponíveis, o Departamento implantou o "Campo de Demonstração de Guaíra" visando a obtenção de elementos necessários ao detalhamento do Projeto Executivo de Irrigação.

Este Campo de Demonstração consiste numa pequena área agrícola de apoio, representativa em 80% da área do projeto em seus aspectos físicos e químicos de solo.

O Campo tem por objetivo: estudos básicos de distribuição de água, características, módulos de irrigação, comprimento de sulcos, quantidade de água a aplicar, turno de rega, taxa de infiltração, etc, e ao mesmo tempo, treinamento de irrigantes, assim como a demonstração dos diversos sistemas de irrigação aos agricultores locais.

Tanto o Plano Diretor do Rio Pardo como o Estudo de Viabilidade sugeriam que a área do Guaíra fosse irrigada principalmente por sulcos de infiltração e que para as áreas de topografia menos favoráveis se adotaria a aspersão, assim apenas estes dois sistemas foram inicialmente instalados no "Campo".

Como é do conhecimento geral, o sistema de irrigação por gotejamento sõ recentemente foi implantado no Brasil como um reflexo de seu amplo desenvolvimento e sucesso em diversas partes do mundo. Em 1972 foi fabricado o primeiro equipamento que foi instalado na região de Atibaia em culturas de ameixa e pêssego (4).

A maior concentração da área irrigada por gotejamento no Brasil situa-se atualmente em São Paulo, cujas perspectivas de um melhor aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis repousam neste método de irrigação (9).

Os primeiros resultados positivos que apareceram em café, ameixa, citros, nectarina, figo, uva, pera e maçã, aliados aos fatores supra citados, levaram os responsáveis pelo Campo de Demonstração de Irrigação a implantar, no mesmo, uma área sob gotejamento, apesar dos poucos recursos financeiros disponíveis.

O Campo de Demonstração (5) está situado a 209 30' de latitude Sul e 489 34' de longitude Oeste e a 552 metros acima do nível do mar, no km 03 da rodovia Guaíra-Miguelópolis, no Município de Guaíra, na chácara Santa Regina de propriedade da Prefeitura local com uma área de 7 hectares.

O clima da região apresenta o índice pluviométrico médio anual de 1290 mm, sendo sua distribuição caracterizada por dois períodos distintos: período úmido, de outubro a março (com 90% de precipitação) e um período seco de abril a setembro com precipitação quase nula.

As temperaturas médias mensais máximas são notadas em novembro (24,49 C) e as mínimas em julho (19,39C). Segundo a classificação de Köppen, a região se enquadra entre o grupo A dos climas tropicais quentes e úmidos e o grupo C dos climas mesotérmicos.

O "Campo" apresenta uma topografia plana, na parte mais alta, e declividade variando até 6% na direção do córrego. O tipo de solo predominante é de textura argilosa, caracterizando-se como terra roxa.

O manancial é o córrego do Mangue, com uma vazão aproximada de 1 m³/s na estiagem, de boa qualidade, sem problemas de salinidade e contaminação.

3- PARTICIPAÇÃO DE ENTIDADES PÚBLICAS, PRIVADAS E ESTABELECIMENTOS DE ENSINO NO CAMPO

O "Campo" foi criado, implantado e operado por força do Convênio DAEE-Prefeitura Municipal de Guaíra, em cooperação mútua.

O Contrato estabelece que:

A Prefeitura é responsável por:

- ceder a área
- fornecer toda a mão de obra rural
- ceder a maquinaria com operador
- fornecer os insumos

São obrigações do Departamento:

- elaboração, locação, orientação e direção das obras, bem como fornecimento de equipamentos de irrigação e responsabilizar-se pela operação e manutenção dos mesmos
- ceder os técnicos responsáveis
- promover a orientação e supervisão
- analisar os resultados
- fornecer o veículo utilitário, aparelhos e instrumentos de medidas hidrométricas.

Dentro desse Convênio se firmaram vários "Contratos de Ensaio" com empresas particulares, tais como: Agrocica, Bayer do Brasil, Hokko do Brasil e Union Carbida do Brasil.

Os ensaios referem-se à: utilização de insumos, orientação técnica de condução de cultura, produtividade, resposta à aplicação de defensivos e assessoria técnica.

Os equipamentos foram adquiridos em sua maioria com recursos fornecidos pelo DAEE, sendo parte deles doados pela Asbrasil e Irtec.

A Faculdade de Medicina-Veterinária-Agronomia e Zootécnia Antonio Ruelle (Jaboticabal) tem colaborado ativamente na área de Física e Química de Solos, Forrageiras, e algumas culturas anuais, desenvolvendo as seguintes atividades:

Cedendo equipamentos, Analisando Física e Quimicamente os solos efetuando-se análise das forrageiras (proteínas, fibras) bem como assessoria na área dos solos.

O Campo é ainda utilizado para aulas práticas de cadeira ligada a irrigação da Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

4- OBJETIVOS DO CAMPO

O Campo de Demonstração tem por objetivos:

- Demonstração dos sistemas de irrigação
- Custo de operação e manutenção dos sistemas de irrigação
- Treinamento de irrigantes
- Obtenção de dados
- Estudos básicos da distribuição da água
- Taxas de Infiltração
- Tempo de aplicação
- Valores diários de evaporação potencial
- Turno e frequência de rega
- Verificação da possibilidade do desenvolvimento de culturas da seca
- Testes de demonstração agronômicas
- Possibilitar visitas, estudos e pesquisas

5- DESCRIÇÃO SUMÁRIA DOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO INSTALADOS

No Campo de Demonstração existem três sistemas de irrigação instalados (figura 1):

5.1- Sulcos de Infiltração

O sistema projetado por técnicos do Departamento com uma assessoria técnica especializada (6), possui um setor em que o fornecimento de água aos sulcos é feito: por sifões plásticos e outro por tubos janelados.

O sistema é constituído de: tubulação de sucção, moto-bomba, tubulação de recalque, caixas de recepção e derivação, canais de condução, canais de distribuição, sifões ou tubos janelados e drenos.

O sucesso deste método baseia-se numa boa sistematização do terreno; locação dos sulcos e habilidade na irrigação.

Dificuldades encontradas neste sistema:

- perda de área cultivável
- grande utilização de mão de obra
- perda d'água de irrigação
- requer boa prática no manejo da irrigação

Os canais de condução foram construídos sem revestimento com declividade de 0,1%, já os canais de distribuição são no sentido de declive do terreno.

Foram projetados de 2 maneiras:

- sem revestimento e com degraus
- com revestimento e sem degraus

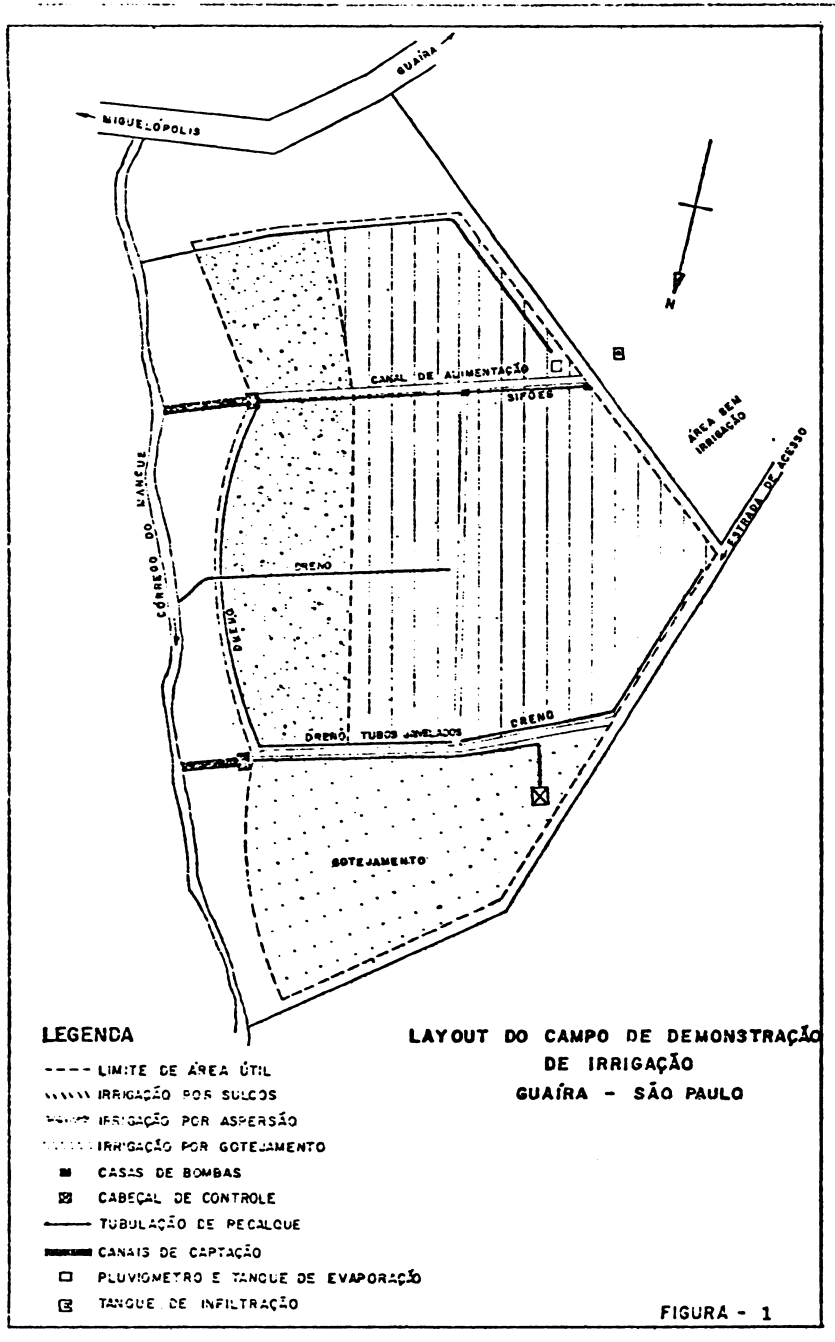
Para a alimentação dos sulcos são utilizados sifões de diversos diâmetros ou simplesmente os tubos janelados com abertura regulável.

5.2- Aspersão

O sistema de aspersão foi projetado por técnicos da empresa fabricante com participação do pessoal do DAEE.

Consiste de: tubulação de sucção, moto-bomba, tubulação principal, ramais e aspersores.

Este sistema adaptou-se bem ao tipo de terreno, declividade e culturas. Dentre os problemas que mais o tem afetado podemos citar:



- ação do vento
- lavagens dos defensivos agrícolas
- grande utilização de mão de obra nas mudanças de posição
- maior incidência de doenças

5.3- Gotejamento

O sistema foi também projetado por firma especializada com participação de elementos do Departamento.

É composto por: tubulação de sucção, moto-bomba, tubulação de recalque, cabeçal de controle, tubulação principal, ramais e gotejadores.

Normalmente um sistema de gotejamento é constituído de (8):

- Fonte de abastecimento de água
- Equipamento de bombeamento
- Cabeçal de controle, incluindo filtros
- Aplicador de fertilizantes
- Tubulação de condução e distribuição
- Tubulação de alimentação
- Gotejadores ou emissores
- Acessórios

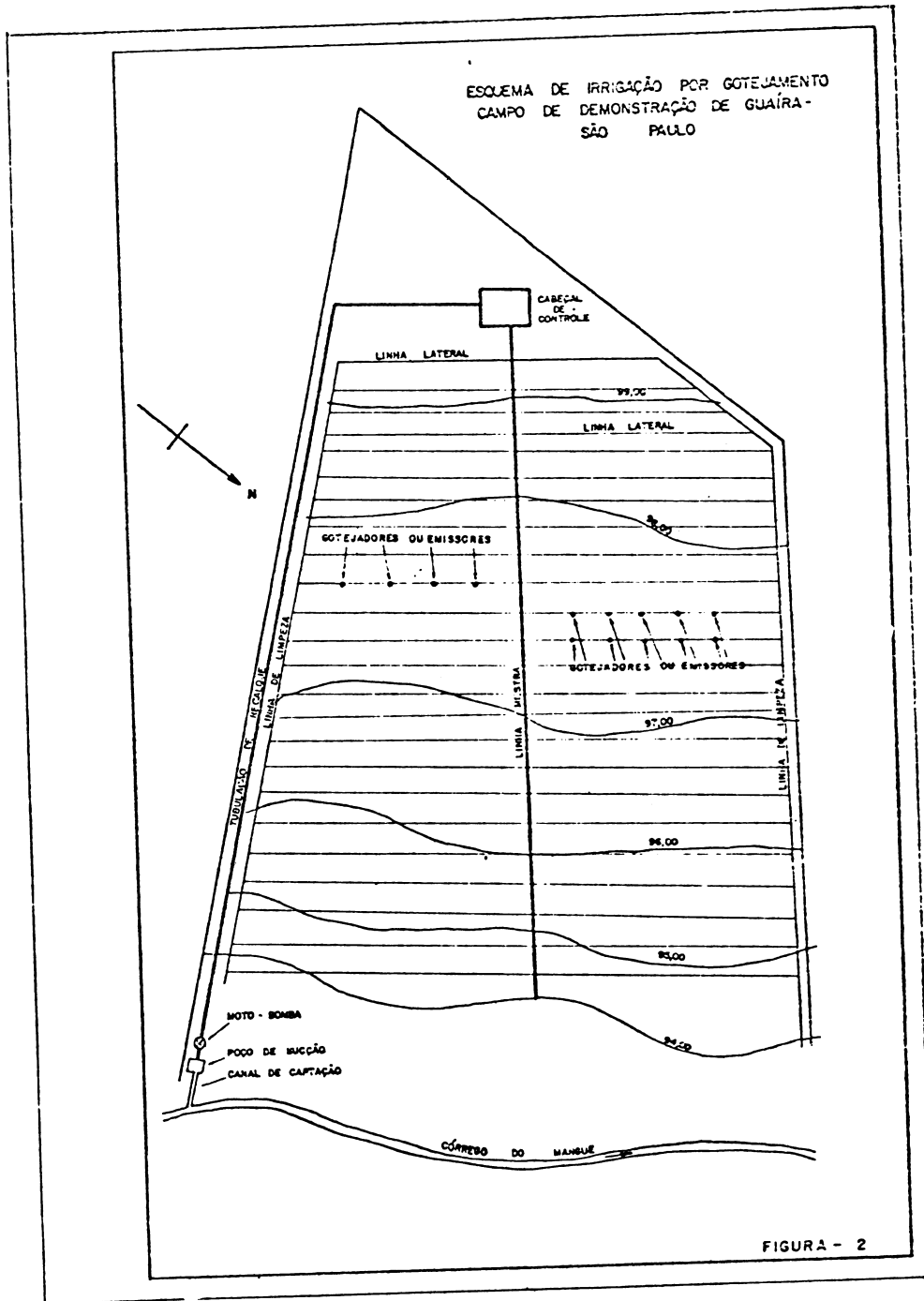
O "lay-out" do sistema de gotejamento instalado no "Campo" está apresentado na figura 2.

5.3.1- Fonte :

Córrego do Mangue, do qual é retirada a vazão de 1,2 l/s, desviada por um canal de captação de 29 m de comprimento e com uma seção retangular de 0,50 m por 1,00 m.

5.3.2- Bombeamento:

Constituído de motor diesel de 10 HP adaptado à bomba tipo KSB 40-33/2 que retira a água no poço de sucção e a recalca por tubulação de PVC-rígido com 2 polegadas de diâmetro numa extensão aproximada de 180 m.



5.3.3- Cabeçal de Controle

Está localizado na parte mais alta do terreno, e subdividido dos seguintes componentes:

- Filtro de areia: constituído de camadas de areia fina, areia média, carvão, predisco, e pedra britada. Sua capacidade é de $5\text{m}^3/\text{h}$ e a resistência é de $4,5\text{ kg/m}^2$.

- Filtro de Tela: É em tela metálica, tipo cesta, e a malha de 150 mesh (0,055mm).

- Válvula Métrica: É o que permite automatizar o funcionamento do sistema, possibilitando o controle da quantidade de água aplicada na área.

5.3.4- Aplicador de Fertilizantes

Constituído por recipiente de aço com capacidade aproximada de 20 litros, e uma válvula de gaveta, por onde são adicionados os fertilizantes líquidos. Pressão máxima de serviço $3,0\text{ kg/cm}^2$.

5.3.5- Linha Mestra

De tubo flexível de polietileno de 1 polegada de diâmetro, trabalhando enterrada a uma profundidade de 0,50 m, no sentido do declive do terreno.

5.3.6- Linhas Laterais

Também de polietileno flexível de $\frac{1}{2}$ polegada de diâmetro colocadas na superfície do solo, espaçadas de 3 em 3 m seguindo o contorno do terreno.

5.3.7- Gotejadores ou Emissores

Estão conectados nas linhas laterais, espaçadas de 3 em 3 m, operando com uma pressão média de serviço de 10 m.c.a., e uma vazão da ordem de $3,8\text{ l/h}$.

5.3.8- Acessórios

Os principais acessórios que formam parte do conjunto do sistema de Irrigação por Gotejamento:

- manômetros
- reguladores de pressão
- válvulas de lavagem

Obs: Está previsto para maio do próximo ano a instalação e operação de um sistema de irrigação por gotejamento com utilização de tubos perfurados por raio laser (T.C.S.) em uma área de cerca de 0,5 hectare.

Encontra-se instalado e em funcionamento no Campo de Demonstração em Guaíra, em sua primeira operação a irrigação por gotejamento, na cultura de mamão amazonense (incluindo ainda algumas covas de melancia, melão, café e citrus).

Sobre a cultura do mamão ainda não existem resultados (produtividade, qualidade do fruto etc...) nas condições brasileiras de irrigação por gotejamento, entretanto inúmeros são os dados de aumento de produtividade em diversas culturas (ameixa carmesin, morango, café, etc...).

O fato do excelente mercado atual do mamão amazonense e o fato de que a aplicação do sistema por gotejamento ser mais viável em culturas perenes e semi-perenes, optamos para o início do estudo especificamente na cultura do mamão.

O mamoeiro apresenta um período produtivo econômico nas condições sem irrigação de 3 a 4 anos, após o qual, apresenta um decréscimo em sua produtividade. É uma planta tipicamente tropical e exigente em umidade pois 85% da planta e frutas são constituídas de água.

5.3.9- DADOS GERAIS

- Cultura: mamão amazonense
- Área Irrigada: 10.400 m²
- Número de Plantas: 1.155 unidades
- Espaçamento: 3,00 X 3,00 m
- Evapotranspiração média máxima: 4.00 mm/dia
- Vazão Total: 4.400 l/h
- Vazão do Gotejador: 3,8 l/h
- Pressão de serviço do gotejador: 10 m.c.a.
- Espaçamento entre gotejadores: 3,00 m
- nº de laterais por linha de plantio: 1
- Profundidade efetiva do sistema radicular: 50 cm
- Porcentagem de umedecimento: 20%
- Lâmina líquida de irrigação: 4,19 mm
- Lâmina bruta: 5,17 mm
- Frequência de irrigação: 2 dias
- Tempo de irrigação: 12 horas

6- CONFRONTO ENTRE O GOTEJAMENTO, A IRRIGAÇÃO POR SULCOS E POR ASPERSÃO

Após uma série de dificuldades encontradas pelo DAEE (disponibilidade de verba) já se encontram implantados e em pleno funcionamento os 3 sistemas (aspersão, sulcos e gotejamento), sendo este último instalado em abril/79.

Nos 2 primeiros operados à mais tempo, foram iniciados trabalhos de determinação de produtividade, manejo de água, custos e outros em 1.978, onde já evidenciaram-se alguns parâmetros bastante significativos. Todavia, não consideramos ainda estes resultados, porque estão em fase de análises.

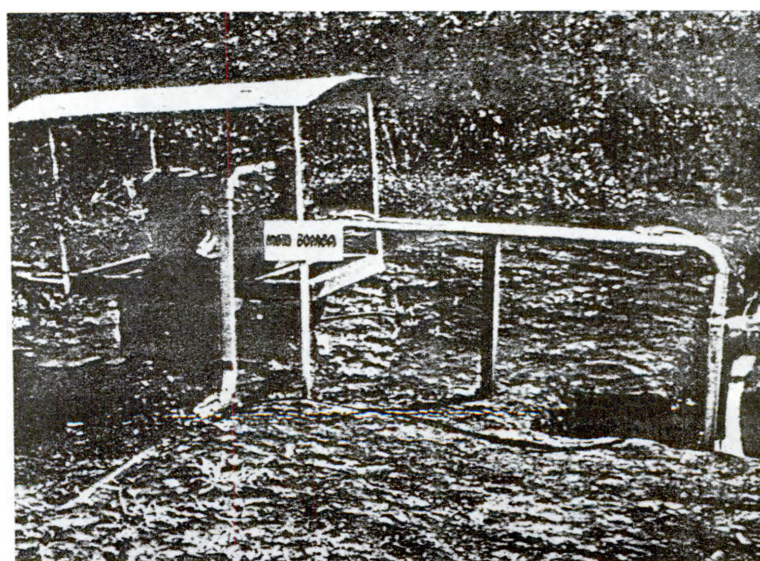
Não temos conhecimentos no Estado de São Paulo de nenhum órgão de pesquisa que mantenha uma mesma gleba de terra os três sistemas de irrigação em pleno funcionamento em diversas culturas anuais; assim sendo o DAEE tem colocado à disposição de órgãos e instituições de pesquisa e mesmo pesquisadores, este Campo de Demonstração de Irrigação de Guaíra, permitindo assim um confronto entre os três sistemas citados.

Equipes técnicas do DAEE estão analisando os dados referentes a confrontos entre o sistema de sulcos e o aspersão nas culturas de: tomates rasteiro industrial e trigo.

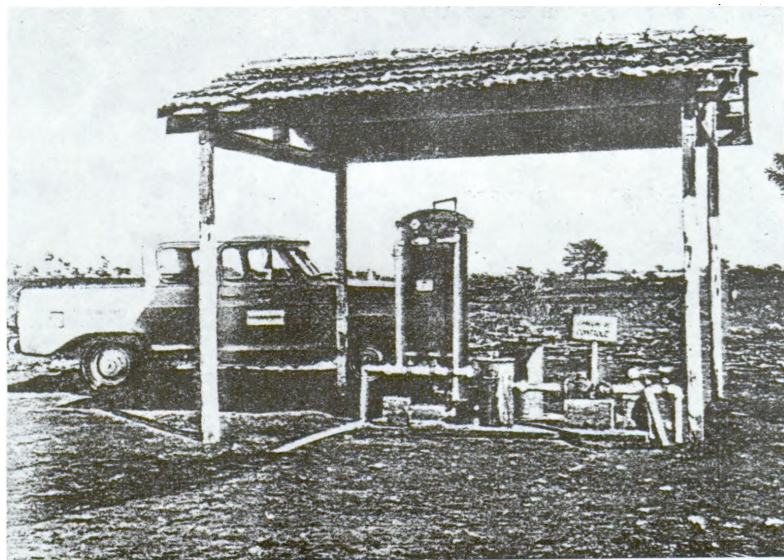
Para o período seco (abril - setembro) do ano de 1980 deverão ser confrontados os três sistemas para a cultura de tomate sob responsabilidade da equipe de operação do Campo.



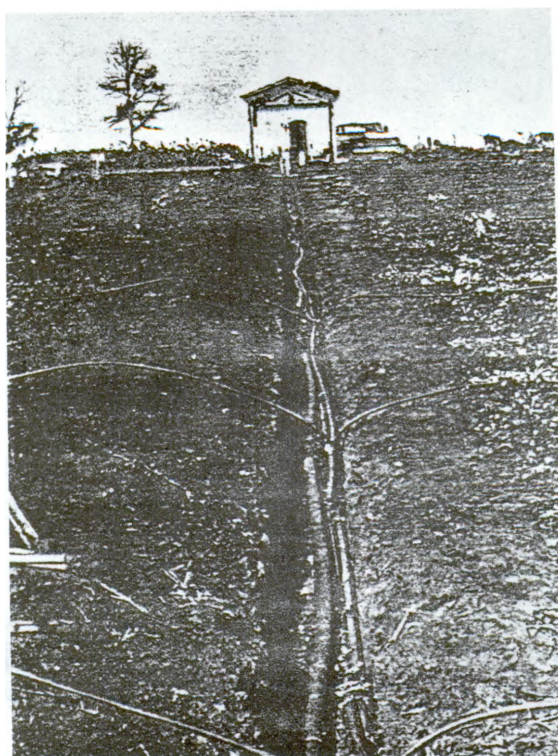
VISTA GERAL DA ÁREA



CONJUNTO MOTO-BOMBA, POÇO SUÇÃO E RECALQUE



VISTA GERAL DO CABEÇAL DE CONTROLE



LINHA MESTRA E LATERAIS

7- BIBLIOGRAFIA

1- DAAE, Diagnóstico Básico do Plano de Irrigação do Estado de São Paulo - 2 volumes- DAAE - S.Paulo-1974

2- DAAE, Plano Diretor de Irrigação para a Bacia do Rio Pardo 6 volumes- DAAE - S.Paulo - 1975

3- TELLES, Dirceu D'Alkmin - Irrigation Plain in São Paulo State - Anais do II Congresso Mundial de Recursos Hídricos - Nova Delhi-India - 1975

4- OLITTA, Antonio Fernando Lordelo, Os Métodos de Irrigação São Paulo-Brasil - 1977

5- ABID, SP- Relatório de Atividades 77-78, Anêxo, Campo de Demonstração de Irrigação de Guaíra - 1979

6- DAKER, Alberto - A água na Agricultura - 2 volumes- São Paulo - 1969

7- GOLDBERG, D- Gornat,B e Rimon,D - Drip Irrigation: Principles, design and Agricultural practices - D.I.S. - Publications, Israel - 1976

8- QUINTERO, Rafael Francisco - La Seleccion de um Sistema de Riego por Goteo - Informe Final-II Seminário Latinoamericano sobre Riego por Goteo - Mexico-1977

9- VIEIRA, Dirceu Brasil- Perspectivas do Sistema de Irrigação por Gotejamento em São Paulo - III Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem - Fortaleza,CE - 1975

DOCUMENTO TECNICO 5

AVANCES DE LA INVESTIGACION EN RIEGO POR GOTEO
EN LA REPUBLICA MEXICANA (1979)

Por: Ing. Efrén Peña Peña
Ing. S. Felipe Mendoza Moreno
Ing. Francisco Vega Sotelo
Ing. Arturo Rodriguez

AVANCES DE LA INVESTIGACION SOBRE RIEGO POR GOTEO
EN LA REPUBLICA MEXICANA (1979)

Efrén PEÑA PEÑA	1
S. Felipe MENDOZA MORENO	2
Francisco VEGA SOTELO	3
Arturo RODRIGUEZ CARRANZA	4

INTRODUCCION

México es un país que se encuentra ubicado entre los paralelos 14^o y 32^o latitud norte, donde se encuentran los grandes desiertos del mundo como: El Sahara, Libia y Arabia; y no escapa a la condición de aridez que se presenta en esas regiones.

El 63 por ciento del territorio es árido, donde el riego es necesario para la producción de los cultivos y el 6 por ciento es húmedo en donde el riego sin ser indispensable, es necesario para obtener producciones establi-
lizadas de altos rendimientos.

En México ya se han construido presas para el riego de grandes áreas en los sitios accesibles y solo quedan por aprovechar posibles vasos de almacenamiento de agua para riego, en lugares que las obras alcanzan costos muy altos. Por otra parte, en las regiones de: Aguascalientes, Baja California, Costa de Sonora y Comarca Lagunera se bombea el agua para riego desde niveles cada vez más profundos, incrementándose el costo de instalación y operación de los equipos.

-
- 1 M.C., Director del Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego (CENAMAR)
 - 2 Ing. Agr., Jefe de la Sección de Sistemas de Riego a Presión del Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego.
 - 3 Ing. Agr., Investigador de la Sección de Sistemas de Riego a Presión.
 - 4 Ing. Agr., Investigador de la Sección de Sistemas de Riego a Presión del Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego

La población en México en 1975 era de 63 millones de habitantes y se estima que para el año 2,000 será de 139 millones, lo cual significa la necesidad de duplicar la producción agrícola para mantener las condiciones actuales.

Por los motivos anteriores, en los últimos diez años se han incrementado las áreas bajo riego por aspersión y goteo. Este incremento de áreas con sistemas modernos de riego, ha sobrepasado el desarrollo de las investigaciones necesarias para obtener información que permita diseñar, operar, conservar y evaluar los sistemas de riego y ha traído como consecuencia que se considere que determinados equipos no sirven, cuando se instalan mal o no se operan correctamente y por otra parte se han introducido al mercado productos de baja calidad desde el punto de vista hidráulico que llevan al fracaso a los agricultores que los utilizan.

Con la finalidad de resolver los problemas anteriores, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos a través del Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego (CENAMAR) ha desarrollado investigación en las siguientes áreas:

- a. Relaciones Agua-suelo-planta-clima para conocer cuando, cuanto y como regar con el método de riego por goteo.
- b. Funcionamiento hidráulico de los componentes de los sistemas de riego por goteo, para tener fundamentos con el fin de instalar, operar y evaluar sistemas.
- c. Metodología de diseño de sistemas de riego por goteo para obtener diseños óptimos en relación a los aspectos hidráulicos y económicos.

INVESTIGACIONES SOBRE RELACIONES AGUA-SUELO-PLANTA-CLIMA

La mayoría de las investigaciones desarrolladas para la producción de cultivos en zonas áridas utilizando el riego por goteo, ha tenido como objetivos determinar cuanto y cuando regar. Primero se utilizaron fórmulas para estimar el consumo de agua por el cultivo y se aplicaron cantidades mayores y menores para estudiar un rango amplio, posteriormente en otro trabajo se utilizaron tensiómetros para regar a niveles de tensión de la humedad en el suelo. Después se utilizaron coeficientes aplicados a la evaporación diaria obtenida en tanque evaporómetro estandar tipo "A" y por último, se probaron coeficientes variables a través del desarrollo vegetativo de los cultivos.

Para conocer cuando regar, en los trabajos de experimentación, se consideraron intervalos de riego como tratamientos variando entre riego diario, cada dos días, cada cinco, siete y diez días.

Uno de los factores más interesantes que se han estudiado en el riego por goteo aplicado en hortalizas, ha sido la cantidad de plantas por hectárea, al considerarse que en el riego por goteo hay mayor disponibilidad de agua para las plantas y se han probado poblaciones diferentes tomando como límite inferior la densidad de población para los métodos tradicionales de riego y como límite máximo el doble del normal. Para desarrollar estas investigaciones se consideró constante la cantidad de fertilizante/planta, es decir, si un tratamiento tuvo 72,000 plantas por hectárea y otro 144,000, el segundo recibió el doble de fertilizante por hectárea.

Para el desarrollo de las investigaciones se utilizaron diseños experimentales para trabajar con mayor rigor científico al interpretar los resultados, con excepción de los frutales, donde solo se obtuvieron datos generales, sin tratamientos específicos.

Los experimentos se desarrollaron con emisores Res, SYSAG y microtubos fabricados en el país.

Con la finalidad de dar a conocer los avances de la investigación en México hasta 1979, en este trabajo se presentan los cuadros de resultados sintetizados en valores máximos y mínimos de producción obtenidos en cada investigación.

FRUTALES

En la Costa de Hermosillo se encuentra ubicado el Distrito de Riego No. 51 donde se cultivan anualmente un promedio de 118,000 hectáreas, siendo los cultivos principales: trigo, algodón, garbanzo y frutales. La fuente de abastecimiento para regar esa superficie es el acuífero subterráneo, aprovechado por 498 pozos profundos, cuyo gasto promedio es de 120 litros por segundo. El clima se clasifica como semidesértico y con lluvias deficientes en todas las estaciones del año. La precipitación anual promedio es de 184 milímetros y la evaporación medio anual en la región es de 2,440 milímetros.

El acuífero disminuye sus reservas anualmente debido a la sobre explotación del mismo, puesto que se extrae mayor volumen que la recarga natural.

Una de las alternativas de solución ha sido regar los frutales con riego por goteo y se han obtenido los resultados que se muestran en los cuadros 1, 2 y 3.

CUADRO 1. LAMINAS DE RIEGO Y RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN EL CULTIVO DE NOGAL.

AÑO	Lámina cm.		Rendimiento ton/ha	
	Goteo	Inundación	Goteo	Inundación
1973	23	103	0.18	0.18
1974	43	103	0.46	0.42
1975	60	124	0.76	0.73
1976	65	130	1.10	1.05
1977	70	130	0.95	0.95

En el cuadro No. 1 se observa que la producción es prácticamente igual para los dos métodos de riego, sin embargo, a contar del sexto año (1973) se nota que los ahorros de agua tienden a disminuir hasta llegar al décimo año, en el riego por goteo se utilizó el 54% del volumen de agua aplicado en riego por inundación, para lograr la misma producción.

CUADRO 2. LAMINAS DE RIEGO Y RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN EL CULTIVO DE NARANJO.

AÑO	Lámina cm.		Rendimiento ton/ha	
	Goteo	Inundación	Goteo	Inundación
1975	76	126	22	22
1976	80	130	24	22
1977	90	132	24	21

En el cuadro 2 se muestran los resultados de una plantación de 13 años de edad en donde se instaló riego por goteo en 1975 y se observa que la producción es ligeramente mayor en el riego por goteo en los dos últimos años y

también se nota que el mínimo ahorro de agua fue 32% respecto a la aplicada en riego por inundación.

CUADRO 3. LAMINAS DE RIEGO Y RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN EL CULTIVO DE VID.

AÑO	Lámina cm.		Rendimiento ton/ha	
	Goteo	Inundación	Goteo	Inundación
1975	62	95	12	12
1976	73	105	18	17
1977	80	110	20	18

En el cuadro 3 se muestran rendimientos ligeramente mayores en riego por goteo y un ahorro de agua de 30 cm. que representan el 27% respecto a la aplicada en el método de inundación.

En el cultivo de nogal los espaciamientos entre árboles es de 10 x 10 metros en marco real, en el naranjo 7 x 8 metros en marco real y en vid cuatro metros entre hileras y dos metros entre plantas y se observa que conforme se cierran los espaciamientos, el ahorro de agua disminuye.

Considerando estos resultados se concluye que puede ahorrarse de 45 a 25% del volumen que se aplica en el método de riego tradicional para las condiciones de clima y suelos de la Costa de Hermosillo, Sonora,

MAIZ

Se han realizado tres experimentos en el cultivo de maíz con riego por goteo, dos en el Distrito de Riego No. 41, Río Yaqui, Sonora y otro en el Distrito de Riego No. 17, Región Lagunera Coahuila y Durango.

Los experimentos se realizaron para obtener grano de maíz, debido a que es uno de los principales cultivos en México.

CUADRO 4. LAMINAS DE RIEGO Y RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN EL CULTIVO DE MAIZ PARA GRANO CON RIEGO POR GOTEO Y RIEGO SUPERFICIAL.

AÑO	Distrito	Lámina cm	Rendimiento	
			ton/ha	ton/mm ³
1972	41	42	7.40	1.76
		21	6.63	3.15
1974	17	60	9.76	1.62
		50	4.61	0.42
		78*	4.48*	0.57*
1977	41	43	8.17	1.90
		21	5.81	2.76

* Testigo con riego por surcos.

En el cuadro 4 se observa en el experimento de 1974 que en riego por goteo se puede ahorrar un 23% respecto a la aplicada en riego por surcos y además obtener prácticamente el doble de producción. También se observa consistencia en los datos obtenidos en el Distrito de Riego No. 41 en relación con el rango de rendimiento de los experimentos realizados.

CHILE

En el Distrito de Riego No. 41 durante 1972 se desarrolló un experimento con cultivo de chile caribe para conocer cuanto y cuando regar con el sistema de riego por goteo.

CUADRO 5. LAMINAS DE RIEGO Y RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN EL CULTIVO DE CHILE.

Distrito	Lámina cm	Rendimiento	
		ton/ha	ton/mm ³ *
41	108	26.15	2.42
	72	24.64	3.42
	36	18.27	5.07

* toneladas por millar de metros cúbicos.

Se observa en el cuadro 5 que la producción aumenta conforme se aplica mayor lámina de riego y los incrementos en la producción son pequeños en relación a los incrementos en lámina de riego. Por otra parte, se nota que a mayor lámina aplicada corresponde menor producción por millar de metros cúbicos utilizados.

TOMATE

Con cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum) se han desarrollado tres experimentos y dos pruebas en los distritos de riego para estudiar cuando y cuanto regar con riego por goteo. En el cuadro 6 se muestran los resultados.

CUADRO 6. LAMINAS DE RIEGO Y RENDIMIENTOS OBTENIDOS CON EL CULTIVO DE TOMATE UTILIZANDO RIEGO POR GOTEO.

AÑO	Distrito	Lámina cm	Rendimiento	
			ton/ha	ton/mm ³
1974	41	42	46,11	10,98
		68*	34,94*	5,14
1975	17	62	40,23	6,49
1977	41	88	63,00	7,16
		63	58,76	9,33
		38	42,31	11,13
		94	24,75*	2,63
1977	17	46	41,60	9,04
1978	17	81	109,90	13,57
		42	60,80	14,48

* Riego superficial

Se observa en el cuadro 6 que el riego por goteo superó desde 30% hasta 254% al riego superficial tomando como base el rendimiento obtenido en el riego superficial.

Las producciones obtenidas en el riego por goteo se pueden considerar buenas y sobresale el caso del experimento reportado en 1978 en el Distrito de Riego No. 17 y realizado en el CENAMAR en el cual la producción máxima

fue de 109.9 ton/ha y la mínima 60.8 ton/ha, en este experimento una de las variables en estudio fue la cantidad de plantas por hectárea, llegando a el doble de la recomendada normalmente y con cultivo en espaldera,

Al utilizar láminas de riego mayores se disminuye la productividad por millar de metros cúbicos de agua, ésto indica que de acuerdo al valor del agua, debe decidirse la producción esperada más favorable.

SANDIA

Durante 1975 se reportó un trabajo de investigación en cultivo de sandía realizado en el Distrito de Riego No. 41 y financiado y dirigido por técnicos del Banco de México, S.A. y en el mismo año se reportó el resultado de otro experimento realizado en el Distrito de Riego No. 17 por personal del CENAMAR, en el cuadro 7 se muestran los resultados.

CUADRO 7. LAMINAS DE RIEGO Y RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN EL CULTIVO DE SANDIA

AÑO	Distrito	Lamina cm	Rendimiento	
			ton/ha	ton/mm ³
1975	41	42	49.8	11.85
		72*	23.9	3.31
1975	17	88	79.0	8.97
		68	39.5	5.80
		128*	24.0	1.87

* Riego superficial

En el cuadro 7 se observa que los rendimientos de sandía fueron mayores que los del riego superficial variando desde el doble, hasta el triple. También se nota la mayor productividad del agua en el riego por goteo en comparación con el riego superficial.

FRESA

En el campo experimental de la Universidad de Sonora, ubicado en el Distrito de Riego No. 51 se realizó una investigación con cultivo de fresa, para comparar la producción con los métodos de riego por goteo y superficial, los resultados se muestran en el cuadro 8.

CUADRO 8. LAMINAS DE RIEGO Y RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN EL CULTIVO DE FRESA AL COMPARAR RIEGO POR GOTEO Y RIEGO POR SURCOS

Distrito	Lámina cm	Rendimiento	
		ton/ha	ton/mm ³
51	38	25	6.57
	88*	20*	2.27

* Riego por surcos

En el experimento en fresa se obtuvo un 25% de incremento en la producción al usar el riego por goteo, tomando como base la producción de riego superficial y por otra parte se ahorró el 57% de agua aplicada.

MELON

Se han realizado cinco experimentos en el cultivo de melón, dos en la Costa de Hermosillo y tres en la Región Lagunera. En dos de los experimentos se comparó el riego por goteo con el riego superficial incluyendo un testigo en el trabajo de investigación. En el Cuadro 9 se muestran los resultados.

CUADRO 9. LAMINAS DE RIEGO Y RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN EL CULTIVO DE MELON.

AÑO	Distrito	Lámina cm	Rendimiento	
			ton/ha	ton/mm ³
1975	17	88	128.00	14.5
		68	85.12	12.5
		128*	29.03*	2.2
1975	51	46	48.65	10.6
		35	25.82	7.4
1976	17	60	67.00	11.1
		34	52.00	15.2
		61*	47.00*	7.7
1978	51	39	36.17	9.2
		34	29.21	8.5
1978	17	61	52.40	8.5
		37	23.20	
		68*	39.00*	5.7

* Riego superficial

Como puede observarse en el Cuadro 9, los rendimientos obtenidos en riego por goteo fueron mayores que en el riego superficial, variando desde 1.3 hasta 4.4 veces la producción del riego superficial. La producción por millar de metros cúbicos no muestra tendencia clara en relación a láminas de riego aplicadas. La producción por millar de metros cúbicos en riego por goteo supera a la de riego superficial.

LECHUGA

Se han llevado a cabo tres trabajos de investigación en riego por goteo con cultivo de lechuga, en el primero, se tomó un testigo con riego superficial. En los otros dos, se obtuvo la función de producción del cultivo de lechuga en función de la cantidad de agua aplicada y número de plantas por hectárea. Los

experimentos se desarrollaron en el Distrito de Riego No. 17 por personal del CENAMAR.

CUADRO 10. LAMINAS DE RIEGO Y RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN INVESTIGACIONES DESARROLLADAS EN EL CULTIVO DE LECHUGA CON RIEGO POR GOTEO.

Distrito	Lámina cm	Rendimiento	
		ton/ha	ton/mm ³
17	53	89.6	16.9
	49	73.1	14.9
	53*	36.4*	6.8*
17	62	54.7	8.8
	39	27.7	7.1
	81	86.6	10.6
	37	41.6	11.2

* Riego superficial

El rendimiento máximo en el riego por goteo fue superior 2.46 veces que el de riego superficial en el primer experimento y muestra consistencia en el tercer experimento, aunque con una lámina de riego de 28 cm. más que en el primer trabajo.

Una de las causas fundamentales del incremento de la producción, es el número de plantas por hectárea probado, ya que se plantaron hasta 144,000 plantas por hectárea, es decir, el doble de lo normal en el Distrito de Riego No. 17.

Se observa una ligera tendencia ilógica en relación a que a mayor lámina de riego aplicada fue mayor la productividad del agua por millar de metros cúbicos utilizados.

REPOLLO (COL)

Durante el año de 1974 se desarrolló simultáneamente al experimento de lechuga, un experimento de repollo en el Distrito de Riego No. 17, por personal del CENAMAR. Los resultados se muestran en el cuadro siguiente.

CUADRO 11. LAMINAS DE RIEGO Y RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN CULTIVO DE REPOLLO CON RIEGO POR GOTEO.

Distrito	Lámina cm	Rendimiento	
		ton/ha	ton/mm ³
17	53	38,7	7.3
	42	22.7	5.4
	53*	16,0:	3,0*

* Riego superficial

Los resultados obtenidos en riego por goteo fueron mayores desde 1,4 hasta 2.4 veces el rendimiento con riego superficial. Se observa al igual que la lechuga que la productividad por millar de metros cúbicos aumentó al aumentar la lámina de riego. Se puede considerar que no hubo ahorro de agua, sin embargo, sí hubo mayor producción.

HORTALIZAS PRODUCIDAS EN INVERNADEROS CON RIEGO POR GOTEO EN EL CENAMAR

Después de investigar la producción de hortalizas en diferentes medios de cultivo y con los métodos de riego de sub-irrigación, miniaspersión y goteo, se realizó un trabajo para estudiar la producción de hortalizas en invernaderos familiares (3.25 x 6.00 metros) con cubierta de polietileno, utilizando riego por goteo en arena.

Debido a que la arena se comporta prácticamente como medio inerte, se regó con solución nutrimental y con agua.

Para aplicar el riego, se siguió el criterio de obtener la evaporación

en un bote de cinco litros de capacidad y obtener el volumen correspondiente por metro cuadrado, de tal forma que las aplicaciones variaron de dos a siete litros de solución nutrimental por metro cuadrado. Este volumen se aplicó en tres riegos por día.

CUADRO 12. LAMINAS DE RIEGO Y RENDIMIENTOS DE HORTALIZAS OBTENIDOS EN INVERNADEROS CON RIEGO POR GOTEO.

Cultivo	Lámina cm	Rendimiento ton/ha/año
Tomate	203	640
Chile	203	266
Calabaza	203	230
Acelga	203	600
Zanahoria	203	260
Pepino	203	380
Rabano	203	360

En el Cuadro 12 se observa que los rendimientos son muy altos, sin embargo debe considerarse que la producción de hortalizas fue escalonada y continúa, es decir, todo el tiempo se estuvo produciendo durante un año. Por ésto, la lámina de riego fue de 203 centímetros debido a doce meses de regar los cultivos. Sumando los efectos de invernadero y las magníficas condiciones del riego por goteo con solución nutrimental, es explicable llegar a los rendimientos obtenidos en el trabajo realizado.

En otro trabajo de invernadero realizado en el CENAMAR se utilizaron diferentes medios de cultivo para la producción de jitomate con riego por goteo y los resultados obtenidos en un solo cultivo fueron los presentados en el siguiente cuadro.

CUADRO 13. LAMINAS DE RIEGO Y RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN EL CULTIVO DE JITOMATE EN CONDICIONES DE INVERNADERO Y CON RIEGO POR GOTEEO.

Cultivo	Lámina cm	Rendimiento ton/ha
Tomate	78	294
	83	190

Los resultados del Cuadro 13 muestran el rango de producciones obtenidas en los tratamientos máximo y mínimo, que correspondieron a los medios de cultivo de arena y suelo de azolve con materia orgánica respectivamente. En la arena se utilizaron cinco centímetros menos de lámina que en el suelo y se obtuvo una producción 54% mayor.

Con la finalidad de tener información comparativa, se revisaron las memorias de los trabajos presentados en el Congreso Internacional sobre riego por goteo celebrado en San Diego, California, U.S.A. en 1974. Se obtuvo información sobre los cultivos de naranjo y vid, la cual se encuentra en el Cuadro 14, y sobre maíz para grano en el cuadro 15, y por último datos de hortalizas, sobre éstas los datos corresponden a: tomate, sandía, melón y repollo y se encuentran en el cuadro 16.

CUADRO 14. LAMINAS DE RIEGO Y RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA (USA) EN LOS CULTIVOS DE NARANJO Y VID UTILIZANDO EL RIEGO POR GOTEEO.

Cultivo	Método de riego.	Lámina cm	Rendimiento ton/ha
Vid	Goteo	57.1	22.2
	Goteo	43.2	20.5
	Surco	55.6	18.7
	Surco	41.6	19.2
Naranjo	Goteo		53.3
	Aspersión		54.3
	Goteo		62.9
	Aspersión		58.5

Al comparar los rendimientos obtenidos en el estudio sobre naranjo realizado en la Costa de Hermosillo Sonora (cuadro 2), con los reportados en el cuadro 14, se observa que la producción del estudio de Hermosillo es ligeramente menor que la mitad de la producción reportada en el cuadro 14.

Al analizar los datos de vid se observa que los rendimientos son similares, sin embargo, las láminas de riego reportadas en el cuadro 14 son pequeñas e iguales para los métodos de riego superficial y goteo, lo cual implica una considerable aportación de agua de otra fuente.

CUADRO 15. LAMINAS DE RIEGO Y RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA EN EL CULTIVO DE MAIZ CON RIEGO POR GOTEO, ASPERSION Y SURCOS.

Método de Riego	Lámina cm	Rendimiento ton/ha
Goteo	38.6	7.1
Goteo	28.4	6.9
Aspersión	48.0	8.4
Aspersión	37.5	8.8
Surco	57.9	7.0

Se nota en el cuadro 15 que la producción de grano de maíz es superior en riego por aspersión y prácticamente igual en goteo y surcos. Sin embargo, las láminas de riego son notoriamente menores en el riego por goteo. Los resultados obtenidos en los trabajos realizados en la Costa de Hermosillo, y la Región Lagunera en México reportan resultados similares.

CUADRO 16. LAMINAS DE RIEGO Y RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN HORTALIZAS CON LOS METODOS DE RIEGO DE GOTEO Y SURCOS.

País	Cultivo	Método de Riego	Lámina cm	Rendimiento ton/ha
U.S.A.	Tomate	Goteo	29.0	83.2
		Surco	118.6	65.4
U.S.A.	Tomate	Goteo	48.2	70.0
		Surco	121.9	67.2
Israel	Sandía	Goteo	38.0	79.9
		Goteo	25.4	77.9
Israel	Melón	Goteo	25.4	44.7
		Goteo	44.1	39.3
U.S.A.	Repollo	Goteo	49.5	76.8
		Surco	49.5	81.2

En el cultivo de tomate se reportan rendimientos un poco mayores en goteo que en surcos, pero en relación a las láminas de riego aplicadas el ahorro de agua es desde 33 hasta 60%, ésto último coincide con los resultados obtenidos en México.

En el cultivo de sandía en los trabajos de Israel se aplican láminas de riego menores que en los trabajos de México y con altos rendimientos.

En el cultivo de melón en México se han obtenido producciones mayores, sin embargo se han utilizado volúmenes mayores de agua.

En los Estados Unidos de Norteamérica se reportan resultados en cultivo de repollo del orden del doble de la producción obtenida en los trabajos desarrollados en México.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LAS CONCLUSIONES DE TRABAJOS DE INVESTIGACION DESARROLLADOS CON RIEGO POR GOTEO

CUANDO Y CUANTO REGAR

Para la siembra o trasplante se forma una franja (bulbo) húmeda que

garantice la germinación o la aportación de humedad a las plantas trasplantadas.

Los resultados de las investigaciones indican que debe regarse diariamente para obtener las mejores condiciones de potencial de humedad en el suelo.

Después de haber formado la franja húmeda debe reponerse la humedad consumida por el cultivo y para eso debe aplicarse láminas de riego que varíen de 70 al 80% de la lámina de agua evaporada en tanque estandar tipo "A".

CANTIDAD DE PLANTAS POR HECTAREA

En los trabajos de experimentación con hortalizas se han probado densidades de población, desde las recomendadas para riego superficial hasta el doble de éstas; concluyéndose que las altas densidades de población permiten obtener incrementos considerables en los rendimientos.

FILTRADO

Para evitar problemas de taponamiento de goteros provocados por restos orgánicos, algas, limo y arcillas, se requiere la instalación de filtros de mallas.

Cuando el problema de arcillas y limos es fuerte, usense filtros de arenas o de mallas muy finas.

En el caso de que el agua contenga arenas, es necesario utilizar un dispositivo decantador que puede ser un hidrocidon o decantador por efecto de la fuerza centrífuga.

FERTILIZACION

La fertilización se efectúa a través del sistema de riego. Como fuente de nitrógeno se utiliza urea, para lo cual, se prepara en el dosificador una solución diluida con agua con concentración del 50% en peso.

Como fuente de fósforo se utiliza el superfosfato de calcio triple, el cual se hace soluble mediante un pretratamiento que consiste en agregar a un kilogramo de fertilizante 3.5 litros de agua y 250 mililitros de ácido sulfúrico (con cuidado) concentrado (97% de pureza, ácido sulfúrico industrial); se deja sedimentar durante 24 horas y la solución separada de los sedimentos se aplica con el dosificador.

El criterio para determinar cuanto fertilizar en hortalizas ha sido aplicar los gramos de fertilizante por planta recomendados para el riego superficial, es decir, si se usa el doble de densidad de población, será el doble de fertilizante.

La aplicación deberá realizarse en el mayor número de aplicaciones posible, que lo permita la práctica. Se requiere un mínimo de diez durante el desarrollo del ciclo vegetativo.

MANTENIMIENTO

Para prevenir taponamientos en el sistema originados por carbonatos de calcio, sedimentos y algas, se ha aplicado solución de ácido sulfúrico al 3%, realizando la aplicación durante los últimos diez minutos del tiempo de riego. Se ha desarrollado un especial cuidado en la limpieza de los filtros, verificando el estado de los equipos de filtración y decantación.

EVALUACIONES HIDRAULICAS

Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y también para aplicar la cantidad de agua necesaria, se realizan evaluaciones hidráulicas, las cuales consisten en aforos de goteros y verificación de presiones de operación.

ESTUDIOS ECONOMICOS

Al emplear el método de riego por goteo, es necesario llevar un control de costos de adquisición, instalación, operación, mantenimiento y evaluación del sistema de riego. También los costos de cultivo y costos indirectos, para que exista información y estar en condiciones de hacer una evaluación económica.

RESULTADOS SOBRE FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO

Se han desarrollado estudios para conocer el funcionamiento hidráulico de los goteros en los cuales se han obtenido accesorios para la predicción del gasto de dichos goteros en función de la presión de operación y la temperatura del agua que fluye a través del gotero, también se han obtenido coeficientes de variación de gasto para una misma carga hidráulica y una misma temperatura con la finalidad de determinar la calidad industrial en el funcionamiento hidráulico de los goteros.

Se ha observado que los goteros de flujo turbulento no presentan efectos de variación de gasto originados por los cambios de temperatura en el agua.

Se han desarrollado estudios sobre líneas regantes en las cuales se han instalado goteros sobre la línea e insertados en la línea con la finalidad de determinar las pérdidas de energía a lo largo de las líneas regantes y se ha obtenido que los goteros insertados sobre la línea producen menos pérdidas de energía que los insertados en la línea.

Se han estudiado las pérdidas de energía en los distribuidores con la finalidad de determinar el número de líneas regantes que pueden abastecer.

Se han desarrollado estudios sobre accesorios como son: conectores entre abastecedores y líneas regantes, válvulas, coples, codos, etc. Uno de los resultados más sobresalientes es que los conectores que sirven para unir un distribuidor con una línea regante finalmente pierde el doble de energía de la que se pierde a lo largo de una línea regante, lo que trae como consecuencia incrementar los costos de la bomba y operación del sistema.

Se han estudiado también, filtros de malla y decantadores tipo hidrociclón con la finalidad de determinar las pérdidas de energía que se presentan en estos dispositivos al operar el sistema.

Estudios sobre dosificadores de soluciones se han desarrollado para conocer la cantidad de fertilizante que puede aplicarse durante el tiempo de riego a través del sistema y también las pérdidas de energía que generan al operar.

Los estudios de funcionamiento hidráulico de cada una de las partes del sistema permite hacer consideraciones reales para el diseño y evaluación de los sistemas de riego por goteo que se tienen instalados en el campo mexicano.

DISEÑO HIDRAULICO Y ECONOMICO DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO

El diseño hidráulico y económico de sistemas de riego por goteo, de acuerdo a los estudios realizados en diversos países y en México, ha permitido integrar una metodología de diseño que puede resumirse en las siguientes partes:

Diseño de la Unidad de Riego. El diseño de la unidad de riego implica considerar variantes entre las longitudes de las líneas regantes y lon-

gitudes de los distribuidores que abastecen a las líneas regantes para una pérdida de energía permisible en la unidad de riego. En este método se hace la comparación de costos para obtener el tamaño de unidad de riego con el mínimo costo de inversión.

Diseño de la Conducción. En el diseño de la conducción se aplica un método que permite establecer la conexión de tuberías de tal manera que dividan gastos en la operación del mismo, permitiendo utilizar diámetros menores en las tuberías.

Para el desarrollo de estos estudios se han realizado trabajos de investigación para probar fórmulas y obtener los coeficientes que deben aplicarse en las condiciones y para los materiales que se utilizan en los sistemas de riego por goteo.

LITERATURA CITADA

1. Barraza Cázares R. 1978. Resultados de pruebas de riego, poda, conducción y variedades en el cultivo de tomate bajo riego por goteo en la Región Lagunera, Coahuila y Durango, México. Publicado en el informe final del 2o. Seminario Latinoamericano sobre riego por goteo. Buenos Aires. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Organización de Estados Americanos. p. 10-11 del anexo No. 17. (Serie informes de conferencias, cursos y reuniones No. 164)
2. Burquez Cano V.M. 1975. Efecto de diferentes intensidades e intervalos de riego en el cultivo de melón, regado por goteo, en la Costa de Hermosillo, Sonora. Publicado en las memorias del Seminario Nacional sobre riego por goteo. Hermosillo, Son., México. Secretaría de Recursos Hidráulicos. p. 164 (tomo II).
3. Díaz Avila G. 1979. Comparación de medios de cultivo con plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum*) con uso del método de riego por goteo. Publicado en el riego por goteo en la producción de cultivos hidropónicos en invernadero y a la intemperie. Gómez Palacio, Dgo., México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego. p. 52, 53. (Boletín No. 2).
4. Moreno Díaz L. 1974. Resultados en riego por goteo en el cultivo de repollo. Gómez Palacio, Dgo. México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego. (Expedientes de la Sección de Riego a Presión).
5. _____ 1974. Resultados en riego por goteo en el cultivo de sandía. Gómez Palacio, Dgo., México. Secretaría de Agricultura y Recursos

Hidráulicos, Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego. (Expedientes de la Sección de Riego a Presión).

6. _____ 1974. Resultados en riego por goteo en el cultivo de maíz. Gómez Palacio, Dgo., México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego. (Expedientes de la Sección de Riego a Presión).
7. _____ 1978. Evolución de la investigación en lechuga (Lactuca sativa L) utilizando el método de riego por goteo en la Región Lagunera. Publicado en el informe final del 2o. Seminario Latinoamericano sobre riego por goteo. Buenos Aires. Instituto Latinoamericano de Ciencias Agrícolas, Organización de Estados Americanos. p. 5-6, 9-10, 12-13 del anexo No. 16. (Serie informes de conferencias, cursos y reuniones No. 164).
8. _____ 1978. Estudio de poblaciones, frecuencias y láminas de riego en el cultivo de melón utilizando riego por goteo. Publicado en el informe final del 2o. Seminario Latinoamericano sobre riego por goteo. Buenos Aires. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Organización de Estados Americanos. Anexo No. 18. (Serie informes de conferencias, cursos y reuniones No. 164).
9. _____ 1979. Respuesta del tomate (Lycopersicum esculentum L.) a densidades de población, láminas y frecuencias de riego por goteo. Publicado en avances de investigación en la producción de cultivos hortícolas con el método de riego por goteo, Gómez Palacio, Dgo. México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego. p. 55, 58. (Boletín No. 3).

10. Ochoa Atondo J. 1978. Comparación de láminas de riego en melón (Cucumis melo L.C.V.- Perlita) aplicadas por goteo partiendo de la evaporación. Ponencia del II Seminario Nacional de Riego por Goteo. Gómez Palacio, Dgo., México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego.
11. Oriolani M.J.C. et al. Ensayo comparativo de métodos de riego en vid variedad cereza. Publicado en el informe final del 2o. Seminario Latinoamericano sobre riego por goteo. Buenos Aires. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Organización de Estados Americanos. p. 8 del anexo No. 12. (Serie informes de conferencias, cursos y reuniones No. 164).
12. Obregón Villanueva A. y Moreno Díaz L. 1979. Avances de investigación en el cultivo de melón con riego por goteo. Publicado en avances de investigación en la producción de cultivos hortícolas con el método de riego por goteo. Gómez Palacio, Dgo., México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego. p. 20, 29. (Boletín No. 3).
13. Romero Fierro E. 1979. Aplicación del riego por goteo en invernaderos familiares. Publicado en el riego por goteo en la producción de cultivos hidropónicos en invernadero y a la intemperie. Gómez Palacio, Dgo. México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego. p. 52, 53. (Boletín No. 2).
14. Rosales Jaime J.R. 1972. El riego por goteo del maíz en el Delta

del Río Yaqui, Sonora. México D.F., Secretaría de Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Operación, Dirección General de Distritos de Riego (Memorandum técnico No. 308).

15. _____ 1973. Riego por goteo del chile caribe en el Distrito de Riego del Río Yaqui, Sonora. México D.F., Secretaría de Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Operación, Dirección General de Distritos de Riego (Memorandum Técnico No. 320).
16. Santos Valadez S. de los. 1975. El cultivo de tomate a nivel comercial en la Comarca Lagunera con riego por goteo. Publicado en las memorias del Seminario Nacional sobre riego por goteo. Hermosillo, Son. México. Secretaría de Recursos Hidráulicos. p. 64. (Tomo II).
17. Solano Parra P. 1978. Desarrollo del riego por goteo en la Costa de Hermosillo, Sonora. Ponencia del II Seminario Nacional de riego por goteo. Gómez Palacio, Dgo. México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego.
18. Terán Rivera M.A. 1975. Evaluación de los sistemas de riego por goteo y convencional en fresa. Publicado en las memorias del Seminario Nacional sobre riego por goteo. Hermosillo, Son. México. Secretaría de Recursos Hidráulicos. p. 106. (Tomo II).
19. Torres Noyola F. 1974. Estudio sobre diferentes procedimientos de aplicación del riego por goteo en el cultivo de tomate; evaluación económica y de producción en el Valle del Yaqui, Sonora. México D.F. Secretaría de Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Operación, Dirección General de Distritos de Riego. (Memorandum técnico No. 336).

20. Vizcaino Valenzuela J. Peña I. de la y Llerena F.A. 1978. Determinación del factor "K" de la evaporación para estimar los requerimientos de agua del cultivo de jitomate bajo riego por goteo, en el Valle del Río Yaqui, Sonora. Publicado en el informe final del 2o. Seminario Latinoamericano sobre riego por goteo. Buenos Aires. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Organización de Estados Americanos. p. 5 del Anexo No. 13. (Serie informes de conferencias cursos y reuniones No. 164).
21. _____ 1978. Determinación del factor "K" de la evaporación para estimar los requerimientos de agua del cultivo de maíz bajo riego por goteo, en el Valle del Río Yaqui, Sonora. Publicado en el informe final del 2o. Seminario Latinoamericano sobre riego por goteo. Buenos Aires. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Organización de Estados Americanos. p. 5 del Anexo No. 6. (serie informes de conferencias, cursos y reuniones No. 164).

DOCUMENTO TECNICO 6

METODO DE CONTROL DE LOS PRINCIPALES EFECTOS DEL
INTERPERISMO EN LAS TUBERIAS DE RIEGO POR GOTEO

Por: Ing. Eduardo Sacco Ambrosoni (*)

(*) Director del Departamento de Hidráulica de "Servicios Generales la Victoria, C.A."

TUBERIA DE CONDUCCION DE AGUA Y AGROQUIMICOS SOLUBLES EN LOS SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO.

Debido a que la inversión inicial en los Sistemas de Riego por Goteo, es ligeramente superior a los Sistemas de Riego por Aspersión Móviles (manuales), debido a que se inyecta en el agua los Agroquímicos solubles que se necesitan debido a que parte de las tuberías (principales y secundarias) van enterradas y parte (laterales) van sobre el suelo, es que las tuberías que se utilicen deben ser de una calidad superior a cualquier otro tubo corriente.

Los motivos anteriormente expuestos son los principales dentro de la gran gama de necesidades y prioridades, y se pueden puntualizar como sigue:

a) INVERSION ACTIVO FIJO.-

Es necesario que la vida útil de las tuberías sea lo más larga posible, cercana a los 25 - 50 años, a fin de compensar la diferencia de costo entre los sistemas de riego tradicionales (surco/aspersión móvil manual), y superarlos con creces en longevidad .

b) RESISTENCIA DE LOS AGENTES ORGANICOS Y QUIMICOS DE LAS AGUAS.-

El pasaje dentro de las tuberías de agentes orgánicos y químicos, afecta a las paredes de las mismas cuando estas son de hierro y/o hierro galvanizado y en mucho menor grado a las manufacturadas en aluminio.

En los Sistemas de Riego por Goteo es necesario mantener el agua dentro de las tuberías libres de impurezas solidas y esto es imposible si ocurren oxidaciones. Además la formación de partículas de herrumbre van reduciendo el diámetro interno de las tuberías, afectando completamente el flujo hidráulico calculado primariamente y el cual es la base primordial para cualquier sistema de riego.

c) RESISTENCIA A LOS AGENTES ORGANICOS Y QUIMICOS DE LOS SUBSUELOS.-

Las tuberías de hierro deberían estar recubiertas de costosos antioxidos para resistir las acciones de los agentes orgánicos y químicos. Las tuberías de aluminio no se pueden enterrar puesto que se oxidan.

d) RESISTENCIA A LOS EFECTOS DE LA LUZ SOLAR Y DEMAS ELEMENTOS DE LA NATURALEZA.-

Las tuberías principales, secundarias y laterales están expuestas en

mayor ó menor grado a los efectos de la luz solar, uno de los cuales es la RADIACION ULTRAVIOLETA. La luz ultravioleta y principalmente la banda espectral de la longitud de onda comprendida entre 200 y 300 nm, es conocida por sus efectos nefastos, tanto en los seres humanos como en los productos plásticos.

Para contrarrestar sus efectos y/ó minimizarlos, la naturaleza ha rodeado al planeta tierra del gas ozono. Basta un espesor de ozono de algunos milímetros para absorber la casi totalidad de la radiación de esas longitudes de onda y así proteger los seres vivos de sus efectos nocivos, pero no son suficientes para conservar en sus condiciones originales la mayoría de los plásticos. Estos en cuestion de días y/ó meses cambian sus propiedades físicas, poniendose de manifiesto las siguientes variaciones notables:

- a) Se ponen más rígidos que cuando fueron manufacturados. Pierden flexibilidad.
- b) Se decoloran.
- c) Se agrietan. Se producen fisuras.

A estas acciones sobre los plásticos debemos agregar que las concentraciones de gas ozono (variedad alotrópica del elemento oxígeno O₃) es muy variable en el tiempo y en el espacio. Ella crece en la altitud a partir del sol, pasa por un máximo en la base estratosférica y desciende enseguida. La altitud de una máxima varía en la latitud, ella es más elevada en las regiones ecuatoriales(alrededor de los 25 Kms) que cerca de los polos (15 a 16 Kms).

La base estratosférica es alguna veces llamada "Capa de Ozono" u Ozonósfera, porque la más grande capa de ozono atmosférico se encuentra allí concentrado.

Ahora bien, si consideramos una columna vertical que se extendiera del sol a los confines de la atmósfera y si comprimieramos todo el ozono contenido en ella, a una presión de 1.013,25 mbs. y la mantuvieramos a 0°C, esta cantidad obtenida la llamaríamos "espesor reducido". Este "espesor reducido" de ozono varía a menudo sujeto a las condiciones meteorológicas locales. La media de cada punto del globo varía de acuerdo al clima y a la altitud, decreciendo a su mínimo en las zonas ecuatoriales (ver diagrama A y B)

DIAGRAMA "A"
 VARIACION DE LA CONCENTRACION DE OZONO CON LA ALTITUD

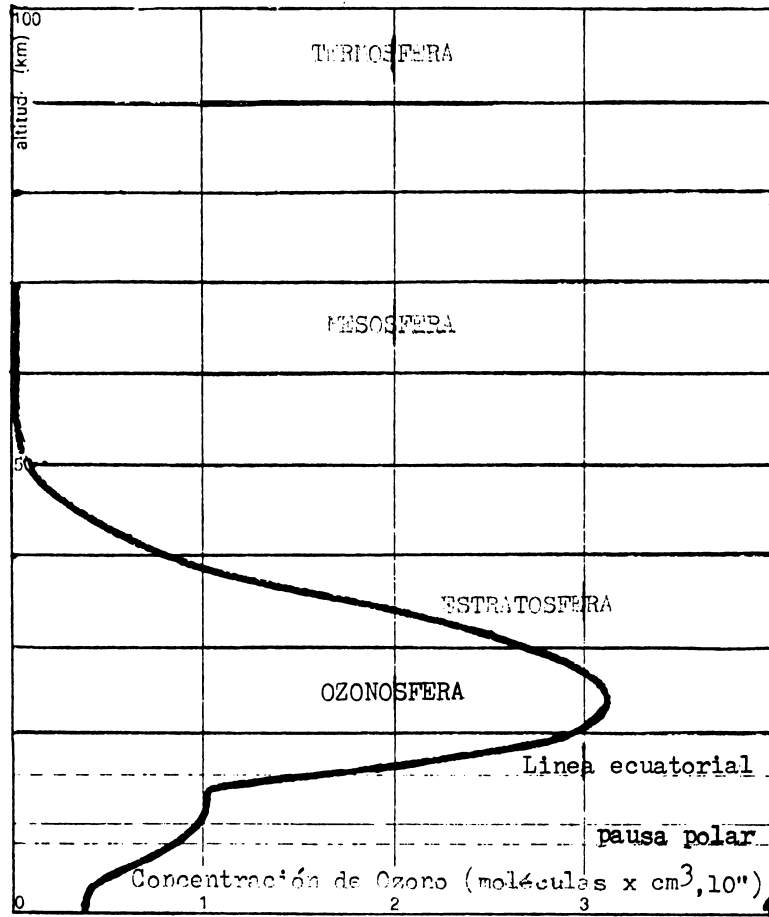
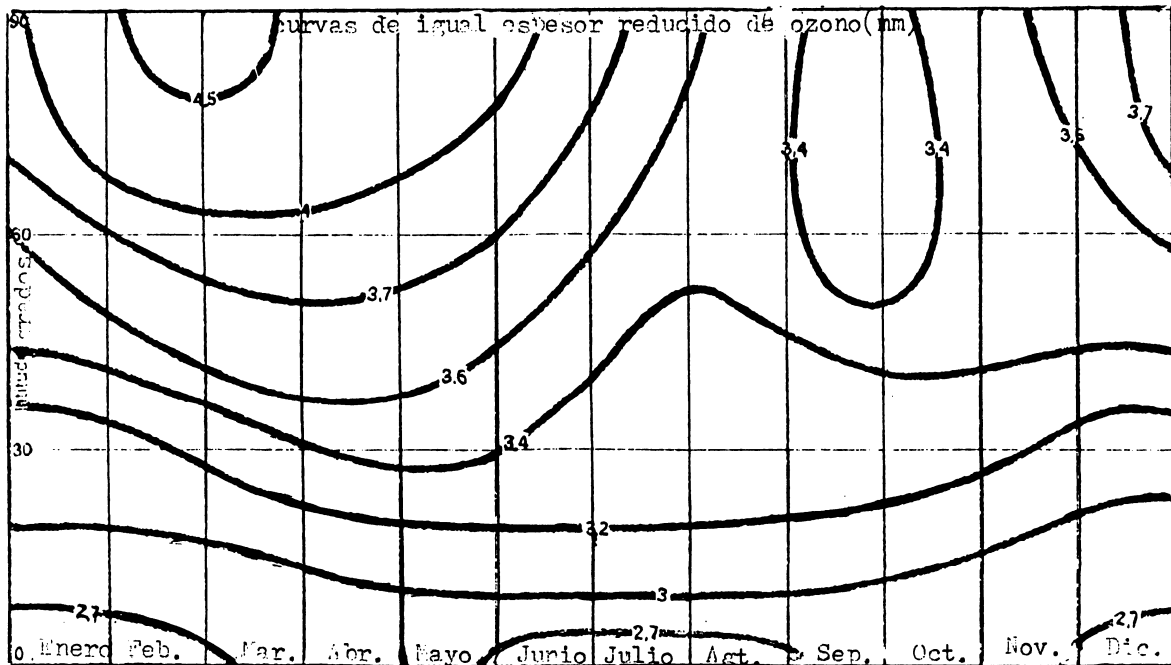


DIAGRAMA "B"
 VARIACION DE LA CONCENTRACION DE OZONO SEGUN LOS MESES Y LA ALTITUD



Ante lo expuesto acerca de las cualidades que deberían tener las tuberías y todos los obstáculos que deben vencer, se ha desarrollado un material que prácticamente vence todos los enemigos de las tuberías, resumiéndoles en: Longevidad, agentes orgánicos, agentes químicos, agentes climatológicos, rayos ultravioletas.

Este material es el POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD, cuya abreviatura común es PEHD, (Poly Etylene High Density). De las varias calidades de polietileno de alta densidad, solo unas pocas cumplen con los requisitos exigidos anteriormente. Debido a lo expuesto es sumamente importante la buena elección que haga el fabricante de las tuberías de polietileno de sus materias primas.

Por tanto el trabajo siguiente, dirigido prioritariamente a los fabricantes de tuberías de polietileno, es llamado de advertencia y de apoyo a los usuarios de los Sistemas de Riego por Goteo.

Los juicios emitidos en el presente trabajo, se basan en investigaciones experimentales, cuyos resultados están influenciados por las materias primas utilizadas en cada ensayo y por los métodos analíticos. Asimismo estos juicios corresponden al estado actual de los conocimientos de SERGECA, apoyados por los técnicos, científico y los laboratorios de la firma HOECHST de Alemania.

LA ESTABILIZACION DE LOS PLASTICOS CONTRA EL CALOR, OXIGENO Y LA LUZ.-

El material que se encuentra a disposición de la realización de ideas constructivas ha caracterizado desde hace milenios épocas históricas. Durante las edades de piedra, de bronce y de los metales, las posibilidades de aplicación de los materiales disponibles limitaban en gran medida la creatividad del hombre.

La industria actual ha fabricado con los plásticos, modernos materiales en serie, cuyos múltiples usos han posibilitado una influencia, única en su forma, en todos ámbitos de la vida:

como material de construcción para la vivienda, textil para la protección y la vestimenta del cuerpo, material de construcción para la técnica, material de empaque o soporte de presión, utensilio para las necesidades de la vida cotidiana e incluso como remplazo de órganos del cuerpo.

Las nuevas materias primas que la química de los polímeros ha hecho accesible son productos preponderadamente menos estables y, desde el punto de vista de la termodinámica, son más adecuados como combustibles.

Su amplia aplicación solo fué posible después de lograr estabilizarlos contra las influencias del calor, oxígeno y la luz mediante la adición de los auxiliares adecuados.

La escasa estabilidad contra las influencias del medio ambiente, es en algunos plásticos verdaderamente difícil de comprender. Por ejemplo, el polietileno se compone, de acuerdo a su idealizada fórmula estructural, de grupos CH_2 enlazados entre sí y tiene por ende, la estructura de una parafina. Debería ser por ello, un cuerpo químico extraordinariamente estable. En el hecho un polietileno idealmente puro, que no contenga elementos perturbadores en su molécula, es extraordinariamente estable.

Según su estructura, plásticos tales como poliolefinas ó PVC, deberían ser también extremadamente estables a la luz, debido a que están exentos de grupos absorbentes de ultra - violeta (UV).

Forma parte del destino del desarrollador del plástico, que la química técnicamente aplicada no corresponda a éstas concepciones ideales. Las poliolefinas, poliestireno, PVC y también los otros plásticos, contienen zonas perturbadoras, tales como enlaces dobles, grupos con contenido de oxígeno, ramificaciones de cadena, etc. Las impurezas, técnicamente inevitables, por ejemplo de restos de catalizadores o sus productos de desintegración, auxiliares de suspensión o disolventes que se emplean en su fabricación, son los agentes causantes de la semilla de la desintegración del plástico. Especialmente los reactivos se constituyen en efectivos catalizadores de una degradación posterior, una vez que a comenzado la desintegración del plástico.

LA INFLUENCIA DEL CALOR.-

Los mecanismos de desintegración solo se representarán de una forma simplificada e ideal. Lo más orientativo es la desintegración del PVC, la cual se realiza predominantemente de acuerdo a un mecanismo iónico y que puede ejemplificarse en forma de una dehidroclorización. (Cuadro 1.) Las poliseuencias resultantes conllevan a una coloración del material tendiendo el rojizo-marrón que finalmente tomará un color negruzco. La activación del enlace CL por el doble enlace alílico constante $\text{C}=\text{C}$, produce un avance del desprendimiento del HCL, de acuerdo al sistema de cierre automático (de cremallera).

El ácido clorhídrico desprendido cataliza la dehidroclorización en la próxima macromolécula. Esta reacción se provoca por la influencia del calor y la luz, donde se produce una superposición de mecanismos radiales.

En el marco de este trabajo no trataremos más detalladamente las múltiples posibilidades de estabilización del PVC.

El mecanismo de la estabilización, se basa en lo fundamental en la factibilidad de intervención: Captación del ácido clorhídrico (efecto aceptor del ácido), sustitución de los átomos inestables de cloro por restos orgánicos (por ejemplo, restos de ácidos tioglicólico), desactivación del metal (para eliminar catalizadores), y protección antióxido (para contrarrestar los mecanismos radicales).

La degradación de las poliolefinas al contrario de la del PVC, generalmente no se indica por una coloración intensa. Muy amenudo la poliolefina deficientemente estabilizada presenta, ya después de corto tiempo de uso, un menoscabo de su eficacia. Este hecho se debe a fragilidad, consecuencia de la desintegración de la cadena.

La causa del fenómeno es un mecanismo radical el cual se desencadena por medio del calor y la luz, (Cuadro 2). Los hidroperóxidos que se presentan muy temprano en la autooxidación juegan un papel relevante en este mecanismo. Su gran potencial de formación radical contribuye en forma decisiva a la ramificación de la cadena.

ESTABILIZADORES CONTRA AUTOXIDACION.-

La estabilización de la poliolefina debe realizarse con sustancias que interfieran en éste mecanismo . Los siguientes grupos de productos son especialmente adecuados:

1) ANTIOXIDANTE FENOLICOS.-

Se trata, generalmente, de fenoles terciarios, mono o polinucleares, butilsustituidos, (Cuadro 3) Actúan como captadores radicales que contrarrestan la reacción de la cadena. El mecanismo se presenta en el caso más sencillo como una transportación de hidrógeno, (Cuadro 4) El radical de aróxilo que se forma a partir del fenol sustituido, se va transformando con otros peroxi-radicales o con oxígeno, hacia la etapa final quinona.

Mediante un proceso similar actúan las aminas que como autooxidantes se encuentran usualmente presentes en los tipos de caucho. Debido a que en general no son estables contra la decoloración, no es posible utilizarlas en las poliolefinas.

2) SINERGETICOS A BASE DE AZUFRE Y FOSFORO.-

Tal como resulta del mecanismo de descomposición, el alejamiento de los hidroperóxidos, causantes de la ramificación de la reacción de los polímeros, es una vía efectiva para contrarrestar la desintegración oxidativa. Como disgregadores de peróxido se utilizan combinaciones tio-iónicas y fosfitos orgánicos, (Cuadro 5) Ambos reducen los hidroperóxidos a anodinos grupos de hidróxilos. Los productos de la oxidación que se han formado de las moléculas de estabilizadores, pueden tal como se ha demostrado con el ejemplo del ácido sulfínico, desintegrar el peróxido. El tio-éter o los fosfitos también pueden intervenir en parte en la reacción de la cadena radical y contribuir a la rotura de la cadena.

Bajo condiciones de reacción determinadas, como por ejemplo, en una atmósfera anaerobia, es decir en presencia de falta de concentraciones de peróxido, su potencial de formación de radicales puede influir negativamente en la estabilidad. Este hecho se puede atribuir por ejemplo, a los tio-éteres utilizados en la dosificación como coestabilizadores.

3) DESACTIVADORES DE METAL.-

Determinados iones metálicos pesados catalizan de modo muy eficiente el mecanismo de desintegración radical. Especialmente los iones de cobre, manganeso y cobalto. Tanto en la fabricación de poliolefinas reforzadas con ingredientes de relleno cuanto en aquellos casos de aplicación en los que las poliolefinas entran en contacto con cobre, latón u otros metales similares, deben velarse por que los iones metálicos sean ligados en complejos inofensivos. Grupos de sustancias efectivos son oxanilidas, hidracidas y determinados fosfitos.

4) LA INFLUENCIA DE LA LUZ.-

La desintegración de la poliolefina, inducida por la luz, no se efectúa espontáneamente como una bifurcación de la cadena como resultado de una fotólisis.

En polímeros libres de hetero-átomos, el daño se produce a través del mecanismo radical, ya descrito en la oxidación. Se originan los mismos productos de oxidación que los de la autooxidación desencadenada por el calor: es decir hidroperóxidos y combinaciones de carbonilos y carboxilos. Debido a que la penetración de la luz produce muy rápidamente un alto

rendimiento radical, no es posible controlar afectivamente el mecanismo de desintegración posterior, solo con antioxidantes. Por ello se utilizan en la practica combinaciones de antioxidante y protectores con la luz de tipo especial. Es de vital importancia para la aplicación practica un adecuado enlace de los mecanismos de efectividad de los antioxidantes y los protectores contra la luz.

Son conocidos los aumentos de efectividad, en el sentido de un sinergismo, así como también los efectos de cambio perturbadores entre determinados autoxidantes y protectores contra la luz.

Es por este hecho, que para la fabricación de una poliolefina estable a la luz, es indispensable realizar una excelente estabilización antioxidante, la que debe evitar el comienzo del daño en el material, desde el proceso de trabajo en los polímeros, tal vez incluso, en la etapa de la granulación en la producción del plástico. Esta circunstancia es un ejemplo del enorme significado que tiene la relación entre la estabilidad durante la elaboración de la poliolefina y la estabilidad durante el uso de la misma.

PROTECTORES CONTRA LA LUZ.-

Los protectores tradicionales contra la luz para la poliolefina se dividen segun su mecanismo de acción, en el grupo de los "Adsorbedores" y en el de los "Quencher" (Inactivadores).

1.- Los absorbedores de ultra-violeta (UV) pueden ser utilizados como lentes de sol para el plástico. Ellos protegen al plástico, y a los antioxidantes contenidos en él, físicamente contra el acercamiento de los cuantos de luz, transformando a éstos últimos en energía calórica menos dañina. (Cuadro 6.)

Los grupos de productos más conocidos son la benzofenonas y los benzotriazoles

2.- La energía lumínica tomada de cuerpos moleculares absorbentes conlleva en principio a estados estimulantes, en donde, además del triplet carbonílico, el oxígeno singlet que posee un alto poder reactivo y una vida útil mucho más prolongada, juega un papel vital. Por ejemplo, forma facilmente hiperoxido con las partes defectuosas no saturadas de las moléculas de poliolefinas. (Cuadro 7.)

Los "Quencher" inactivan las moléculas estimuladas por la influencia de la luz y contrarrestan el mecanismo de desintegración, ya antes de la

formación de radicales. Generalmente actúan también simultáneamente como captadores de radicales ó desintegradores de peróxido.

Los protectores contra la luz del tipo "Quencher" más conocidos son los Quelatos de Níquel, así como también las aminas estéricamente retardadas. (Cuadro 8.) Los quelatos de Níquel están limitados en su uso por su color característico.

Las aminas estericamente retardadas (se trata en éste caso de derivados de piperidina), poseen entre los productos contra la luz actualmente conocidos, la más alta eficiencia y recién con la aparición de éste tipo de productos fué posible, por ejemplo, el uso prolongado del polipropileno a la intemperie.

Fundamentalmente para el efecto prolongado alcanzable con ellas, parece ser el hecho de que éstas combinaciones sufren una regeneración continua en el plástico.

En el Cuadro 9., se puede observar la regeneración del radical transmisorio de cadena, que es típico durante la desactivación del mecanismo de oxidación radical.

CONSECUENCIA DEL DAÑO EN EL MATERIAL.-

Ya se trataron las consecuencias del daño en el material de termoplásticos, producidos por el calor y la luz.

La estabilidad insuficiente del material se refleja a veces aun mucho antes y se produce por los fenómenos más diversos.

Durante la elaboración del polimero, ciertas reacciones radicales en etapa de comienzo pueden originar muy temprano, especialmente en material de PE, una elevación local del peso molecular, producido por un desajuste en la estructura.

Estas particulas son visibles más tarde en el plástico, presentándose en forma de puntitos ó como deshomogeneidades mayores del material. Pueden favorecer la formación de capas en los extruder de granulado o también en las máquinas de procesamiento.

La autoxidación en aumento produce, por ejemplo en el polipropileno (PP), desdoblamiento de la cadena, reduciendo el peso molecular. La masa de fusión adquiere una baja viscosidad la cual irá en detrimento de las propiedades del producto determinado.

La inestabilidad del material puede llegar a un punto tal, que durante la

elaboración del mismo aparezcan signos de combustión.

Estos signos pueden reconocerse muy claramente en el PVC en forma de franjas de quemado, debido a la decoloración que se produce durante la desintegración.

Estas franjas de quemado ó combustión se presentan como un cizallamiento en aquellos casos en que se produce en alto calor por fricción en la máquina, debido al rapido fluir de la masa de fusión.

Otro sintoma muy conocido y no por ello deseado de estabilización insuficiente es la decoloración del polímero durante su elaboración . Bajo requerimientos normales, un decoloramiento amarillento indica que se han utilizado aditivos inadecuados.

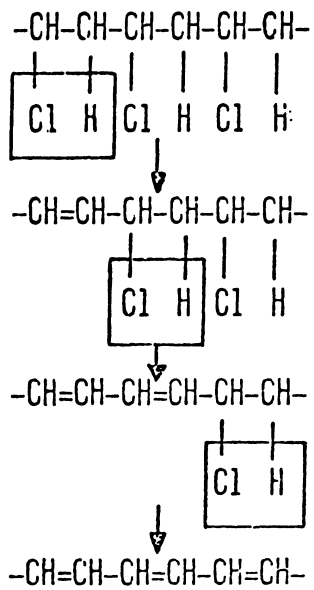
Con el avance de las poliolefinas en el campo del empaque de productos alimenticios, se presta cada día mayor atención a las propiedades organolépticas del plástico.

A mayores concentraciones de aditivos, tal como suelen utilizarse en la fabricación de tipos de plásticos térmicos altamente estables, el olor y el sabor de los aditivos son determinantes para las propiedades correspondientes del producto final.

En el sector del empaque para uso fugaz ó desechable, se trabaja por razón de costos, con una estabilización lo más mínima posible.

Aquí desaparecen las propiedades organolépticas de los aditivos bajo la influencia de los productos de desintegración que se producen durante la elaboración del plástico. La efectividad de la estabilización se torna determinante para la calidad organoléptica del producto industrial.


*** *** ***



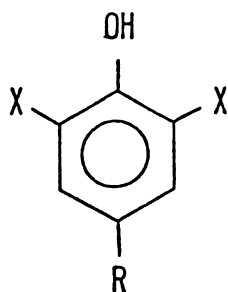
DEHYDROCHLORIERUNG VON PVC
Dehidroclorización de PVC

(Cuadro 1.)

ATA W
6/78

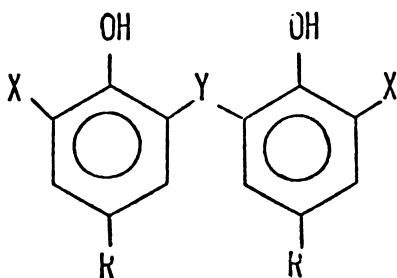
ATA W 6/78	MECHANISMUS DER AUTOXIDATION Mecanismo de la autoxidación	(Cuadro 2.)	Hoechst 	
<p>Start: (INICIO)</p> <p>Kette: (CADENA)</p> <p>Verzweigung: (RAMIFICACION)</p> <p>Abbruch: (RUPTURA)</p>	<p>RH + Initiator</p> <p>$R^{\cdot} + O_2$</p> <p>$R_2O-O^{\cdot} + RH$</p> <p>ROOH</p> <p>$RO^{\cdot} + RH$</p> <p>$HO^{\cdot} + RH$</p> <p>$R^{\cdot} + R-O-O$</p> <p>$2 R^{\cdot}$</p> <p>$2 R-O-O^{\cdot}$</p>	<p>→</p> <p>→</p> <p>→</p> <p>→</p> <p>→</p> <p>→</p> <p>→</p> <p>→</p> <p>→</p> <p>→</p> <p>→</p> <p>→</p> <p>→</p> <p>→</p>	<p>$R^{\cdot} + Initiator -H$</p> <p>$R-O-O^{\cdot}$</p> <p>$R-O-O-H + R^{\cdot}$</p> <p>$KO^{\cdot} + HO^{\cdot}$</p> <p>$KOH + R^{\cdot}$</p> <p>$H_2O + R^{\cdot}$</p> <p>$K-O-O-K$ (COMBINACIONES)</p> <p>$R-R$ u.a. Verbindungen</p> <p>$R-O-O-R + O_2$</p>	<p>(1)</p> <p>(2)</p> <p>(3)</p> <p>(4)</p> <p>(5)</p> <p>(6)</p> <p>(7)</p> <p>(8)</p> <p>(9)</p>

einkernig
mononuclear

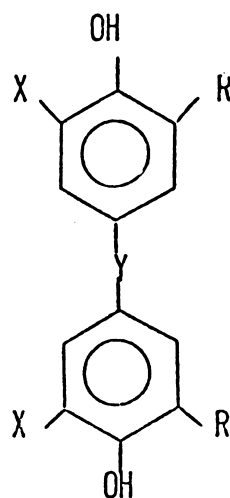


X = t-Bu
R = Alkyl, Alkoxy, H

zweikernig
binuclear



o-verknüpft
o - enlace



p-verknüpft
p - enlace

X = t-Bu
Y = -CH₂-, S, org. kest resto orgánico
R = Alkyl, H



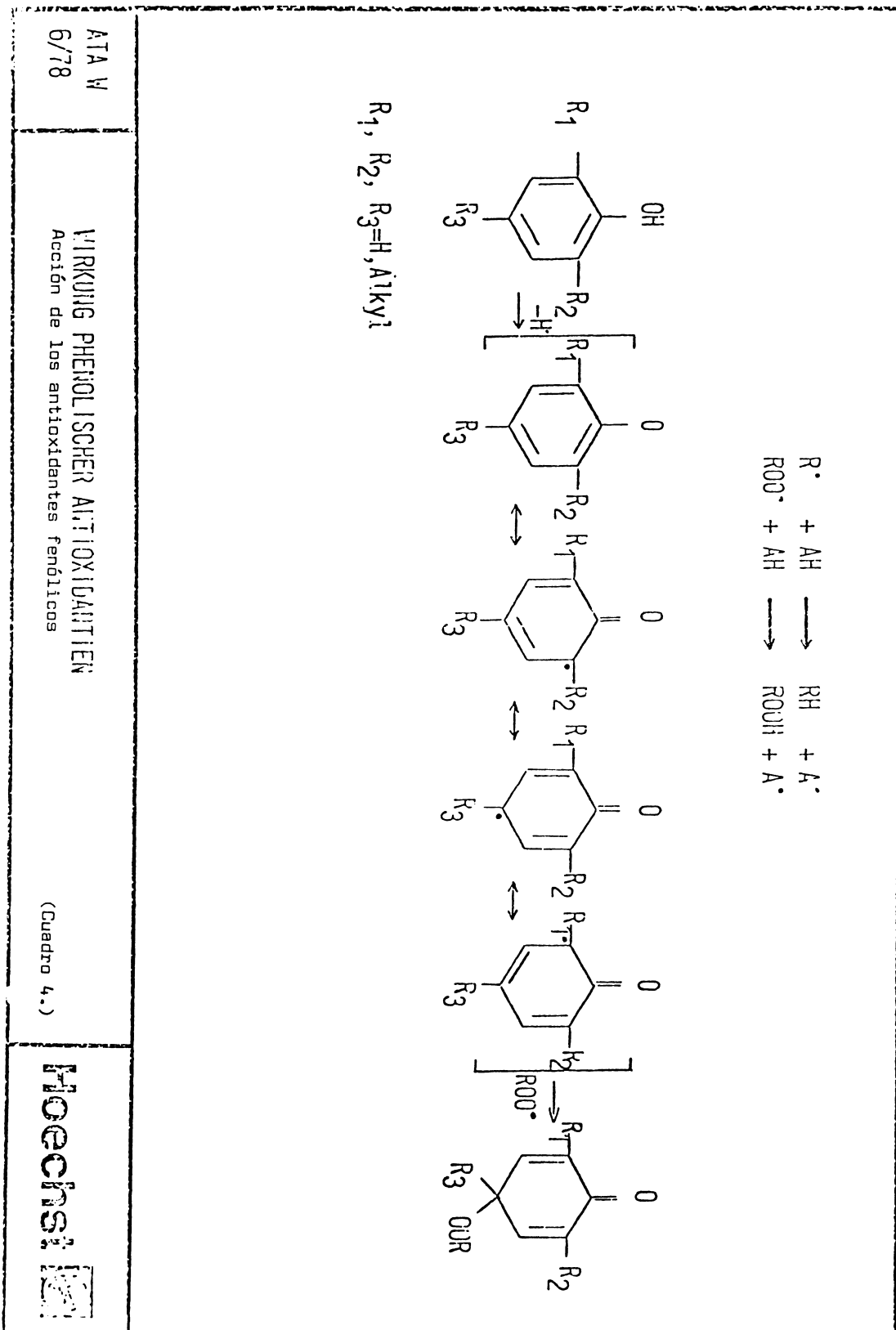
PHENOLISCHE ANTIKSIDANTEN

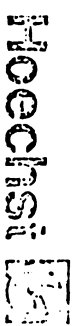
Antioxidantes fenólicos

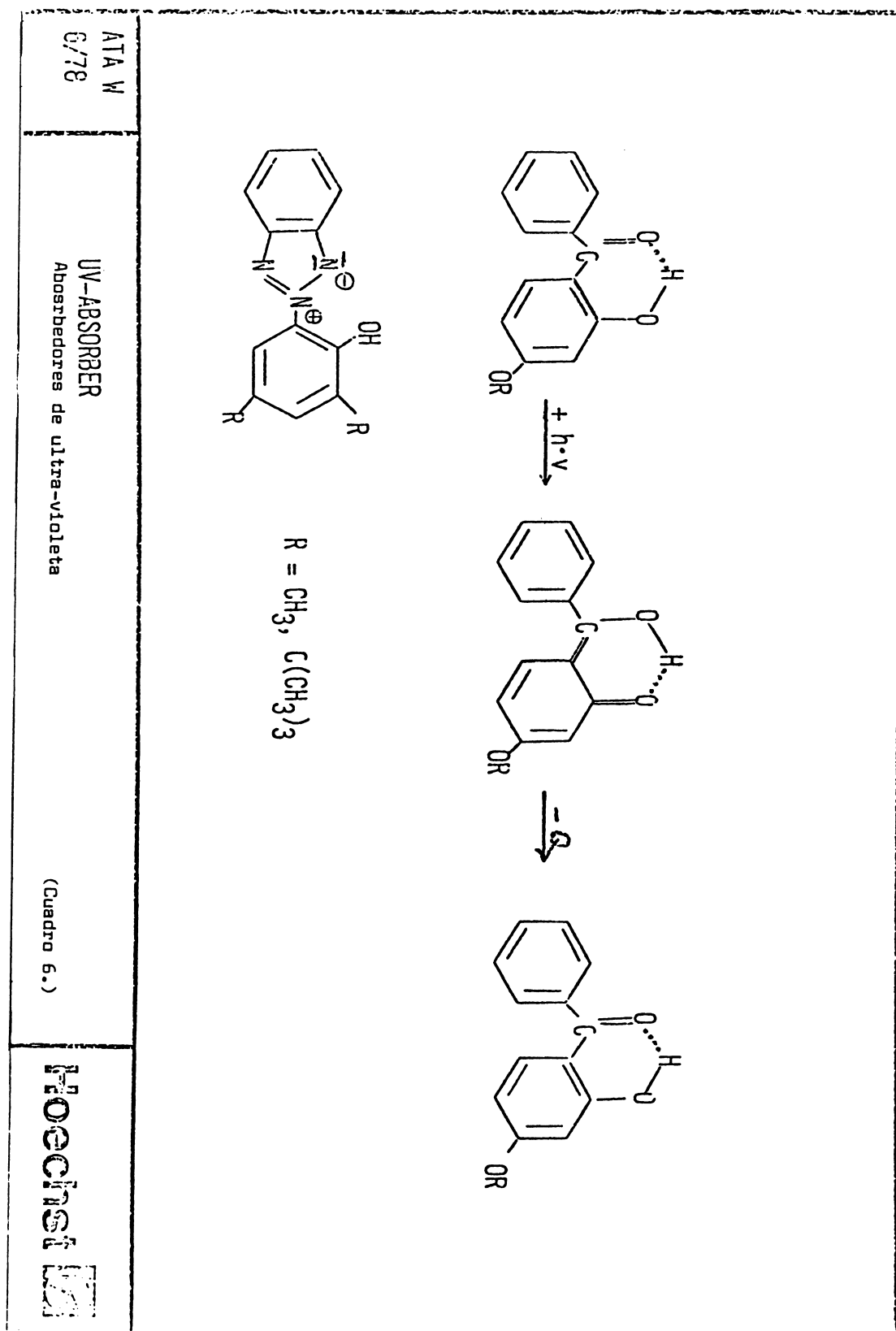
(Cuadro 3.)

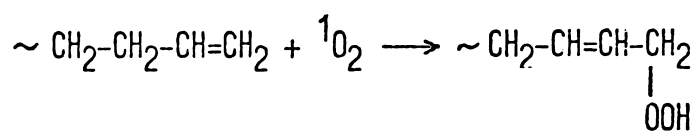
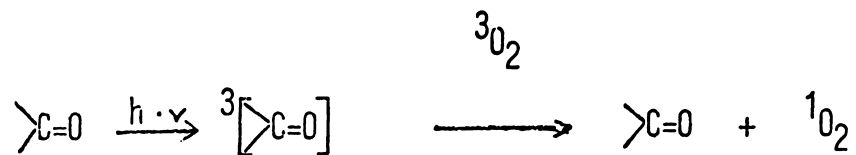
ATA W

6/78



ATA IV 6/78	<p data-bbox="247 493 311 934">WIRKUNG VON COSTABILISATOREN Acción de los coestabilizadores</p> $(RO)_3P + \text{POLYMER-OOH} \longrightarrow (RO)_3PO + \text{POLYMER-OH}$ $R-OOH + X-CH_2-CH_2-S-CH_2-CH_2-X \longrightarrow ROH + X-CH_2-CH_2-\overset{\downarrow O}{S}-CH_2-CH_2-X$ $X-CH_2-CH_2-SOH + CH_2 = \overset{\uparrow \Delta}{CH-X}$ $\quad \quad \quad \uparrow + ROOH$ $X-CH_2-CH_2OH + SO_2$	<p data-bbox="263 1375 295 1522">(Cuadro 5.)</p> 
----------------	---	--



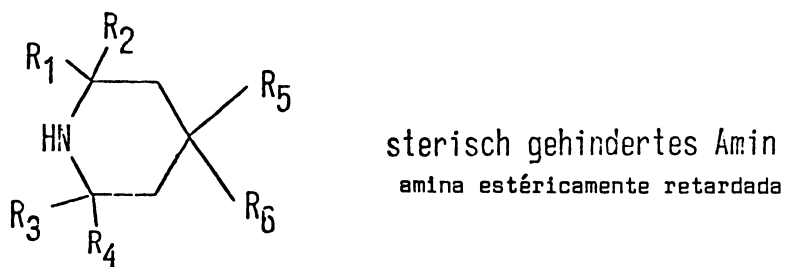
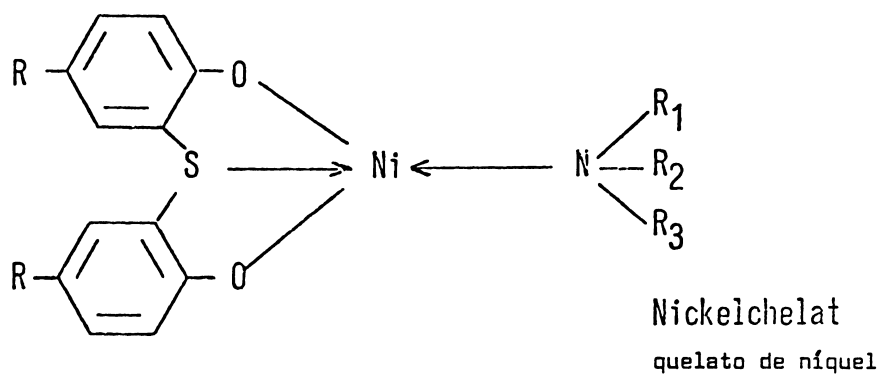


MECHANISMUS DER LICHTWIRKUNG

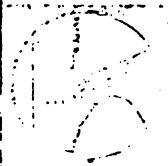
Mecanismo de la influencia de la luz

(Cuadro 7.)

ATA V
6/78



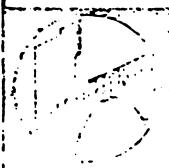
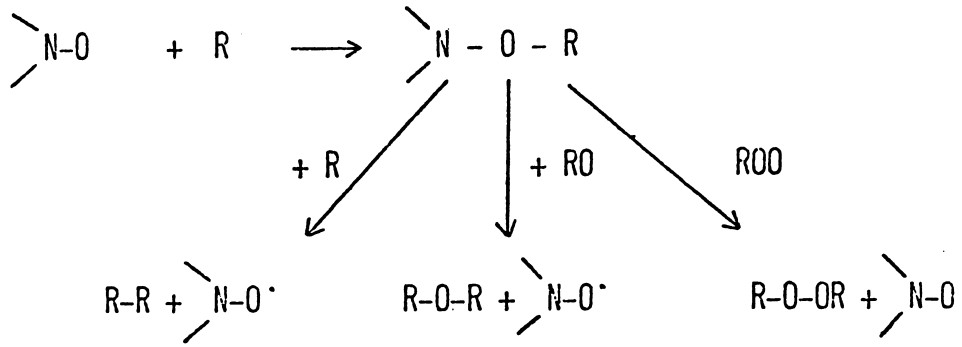
39/74



QUENCHER
"Quencher"

(Cuadro 8.)

ATA W
6/78



REGENERATION EINES HALS-STABILISATORS
 (Cuadro 9.)
 Regeneración de un estabilizador

ATA V
 6/76

DOCUMENTO TECNICO 7

EFEITO DA LÂMINA DE AGUA E FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO
POR GOTEJAMENTO NA CULTURA DE PIMENTÃO.
I - PRODUÇÃO DE FRUTOS MADUROS

Por: Eng^o Tarciso José Caixeta (*)
Eng^o Salassier Bernardo (*)
Eng^o Vicente Wagner Dias Casali (*)
Laede Maffia de Oliveira (*)

(*) Pesquisadores da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais e Professores da Universidade Federal de Viçosa.

EFETIO DA LÂMINA DE ÁGUA E FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NA CULTURA DE PIMENTÃO. I - PRODUÇÃO DE FRUTOS MADUROS*

Tarciso José Caixeta

Salassier Bernardo

Vicente Wagner Dias Casali

*Laede Maffia de Oliveira ***

1. INTRODUÇÃO

Alguns trabalhos de pesquisa com a cultura do pimentão (*Capsicum annum* L.) já desenvolvidos na Zona da Mata de Minas Gerais (17, 18) mostram a viabilidade do seu cultivo, tanto para o consumo "in natura", como para a indústria.

A utilização de frutos maduros de pimentão na indústria de desidratados (pó e flocos) está bem desenvolvida no Brasil. O pimentão em pó é um produto de grande utilização na indústria de alimentos, atuando como estabilizante e corante, além de ser fonte de vitaminas e sais minerais (4).

O rendimento de frutos maduros obtidos em campos de produção e na experimentação, para as condições ecológicas da Região, têm-se mostrado promissores, com produtividades de 20 a 30 t/ha.

A quantidade de água a ser colocada à disposição da planta é de grande importância, em razão dos efeitos que poderá exercer sobre a cultura, bem como o custo do sistema. As necessidades variam de local para local, dependendo dos fatores climáticos e edáficos. BOSWELL e THORNE (3), MASUDA et ali (11), PARVIN e I-WU (13) e KOSEVSKI (9) observaram para os diversos locais, um consumo de água pelo pimentão que variou de 2,5 a 5,0 mm/dia. Para a produção de 1 kg de fruto, tem-se observado um consumo que varia de 58 a 298 litros (9, 19). Em vários locais do mundo, algumas pesquisas indicam que maiores quantidades de água aplicada à cultura resultam em maiores produtividades (8), sendo que lâminas de água elevadas podem ocasionar efeito inverso (15).

* Parte da Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como uma das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, para a obtenção do Grau de "Magister Scientiae".

** Respectivamente, Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais e Professores Titulares da Universidade Federal de Viçosa.

A quantidade de água influi nas características morfológicas e fisiológicas da cultura de pimentão. O número de flores e frutos é menor quando a quantidade de água disponível é menor (2, 5, 14), ocorrendo o mesmo para o peso médio dos frutos (2, 14) e a acumulação de matéria seca (1, 5).

A frequência de irrigação é importante no dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação, influenciando na produtividade da cultura. Seu valor varia de local para local, dependendo, principalmente das características do solo e da taxa de evapotranspiração. Na irrigação por gotejamento, vários pesquisadores indicam que a irrigação diária propicia melhores produções, com equipamento de menor custo (8, 15, 16, 21), sendo que, por ser um equipamento fixo e de fácil automatização, os custos operacionais são baixos. GOLDBERG e SHMUELLI (7), comparando os intervalos entre irrigações de 1 e 5 dias, em pimentão, verificaram que não houve diferença significativa na produção, sendo que foi observada tendências de melhores produções com a irrigação diária.

O presente trabalho teve como objetivo estudar, por meio de ensaio em campo, os efeitos de três quantidades de água aplicada em três intervalos de aplicação, sobre a produtividade e algumas características dos frutos maduros de pimentão (*Capsicum annum*, L.).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na Estação Experimental de Ponte Nova, pertencente à rede de bases físicas de experimentação da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, localizada a 10 km da sede do município, Zona da Mata de Minas Gerais.

O ensaio foi conduzido em condições de campo, em solo classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço, de acordo com as normas da Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. O relevo é ligeiramente inclinado, apresentando boa drenagem.

As mudas de pimentão (*Capsicum annum*, L.) cultivar "Casadura Ikeda" foram produzidas em copinhos de papel de jornal, com 6 cm de diâmetro e altura de 9 cm, previamente preenchidos com terriço esterelizado com brometo de metila e adubado com 10 kg da fórmula 4-16-8 para cada m³ de terriço.

O plantio foi feito semeando-se 5 sementes por copinho, a uma profundidade de aproximadamente 0,5 cm. Após o aparecimento da primeira folha definitiva, foi feito um desbaste, deixando-se a planta mais vigorosa. Durante a fase de produção de mudas, foram feitas irrigações diárias, com regador de crivo fino.

O terreno foi devidamente arado, gradeado e sulcado, e 2 dias antes do transplante foi feita a adubação inicial, que constou de 50,0 g da fórmula 6-14-8 (N-P-K) mais 1,0 g de sulfato de magnésio, por planta de pimentão,

colocados no sulco de plantio.

O transplante foi realizado quando as mudas apresentavam de 6 a 8 folhas verdadeiras, em sulcos distanciados de 1,0 m e espaçados de 40 cm ao longo da fileira, dando uma população de 25.000 plantas por hectare. A cultura foi mantida livre de ervas daninhas mediante 5 capinas manuais.

Foram feitas três adubações em cobertura, espaçadas de 30 dias, constando de 20 g da fórmula 6-14-8 mais 0,4 g de sulfato de magnésio por planta e por adubação, colocados ao longo das fileiras das plantas. Aos 45 e 90 dias após o transplante, pulverizou-se com adubo foliar Quelado 8-16-8 + micronutrientes, na razão de 2 litros por hectare. Como fontes de nutrientes nas adubações utilizaram-se a uréia, o superfosfato simples e o cloreto de potássio.

Brocas de frutos e insetos da folhagem foram combatidos por meio de pulverizações semanais com Parathion metílico (Folidol), Thiometon (Ekatin) e Malation (Malatol), alternativamente. Para o controle de doenças fúngicas, utilizaram-se os fungicidas Maneb e Zineb, em aplicações semanais. Como espalhante adesivo usou-se o Extravon.

Todas as plantas foram estaqueadas individualmente, com estacas de bambu de 70 cm, com a finalidade de evitar a queda de plantas, em consequência da ação de ventos fortes. As colheitas foram feitas semanalmente, sendo que os frutos foram colhidos quando estavam completamente maduros.

Os tratamentos constaram de uma fatorial 3 x 3 representando as três lâminas diárias de água (2, 4 e 6 mm/dia) e os três intervalos de aplicação de água (1, 2 e 3 dias) dispostos no delineamento em blocos ao acaso, com 4 repetições.

Cada parcela experimental foi constituída de três fileiras de plantas espaçadas de 100 cm, com 8 m de comprimento, com 1 planta a cada 40 cm na fileira, dando um total de 60 plantas por parcela. As duas fileiras laterais e as duas plantas das extremidades da fileira central constituíram a bordadura, ficando 18 plantas consideradas úteis, numa área de 7,20 m².

O sistema por gotejamento constou de motobomba, filtro de areia, linha de recalque, reservatório de 20.000 litros, caixa de nível constante, tubulação principal, linhas de gotejadores, sendo estes espaçados de 80 cm em número de 10 por linha na parcela, vazão de 3 litros por hora. Cada parcela era controlada independentemente, por meio de registros de gaveta, colocados no início da parcela. Periodicamente, revisava-se o equipamento e calibravam-se os gotejadores, de modo que fossem constantes as condições iniciais de funcionamento. A pressão média utilizada foi de 5 metros de coluna de água, condições em que o equipamento apresentou um funcionamento aceitável.

Após a colheita, os frutos foram deixados em repouso durante 2 dias, para completa maturação. Foram classificados em frutos normais e frutos defeituosos, sendo considerados como tal os frutos muito pequenos ou com lesões, os doentes e os picados por pássaros. Ambas as classes foram contadas e

pesadas em balança com precisão de 0,1 g.

Dos frutos normais, foram separados e pesados os seguintes componentes: polpa, sementes e a parte não aproveitável, constituída da placenta, caule e pedúnculo. Tomou-se uma amostra da polpa de aproximadamente 200 g, por parcela, e determinou-se a percentagem de matéria seca, pela secagem em estufa, a 105-110°C, durante 5 dias. A espessura da polpa foi medida em 4 frutos ao acaso, e em 4 posições diferentes, correspondentes ao terço médio do fruto, utilizando um paquímetro de 0,01 cm de precisão.

Os efeitos das lâminas de água e frequência de irrigação na produção de frutos e seus componentes foram testados por meio de análise de variância e ajustamento de equações de regressão aos dados observados.

O grau de ajustamento dos modelos aos dados foi avaliado pelo coeficiente de determinação corrigido (\bar{R}^2), pela significância dos coeficientes de regressão testados pelo teste "t" e pela significância da regressão e dos desvios da regressão testados pelo teste F, e um nível aceitável de até 10% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 estão as médias de algumas características estudadas dos frutos maduros do pimentão tomados dos tratamentos do ensaio. Os valores obtidos mostram que, do total médio de frutos produzidos, apenas 7,5% não serviram para a comercialização, o que demonstra que o nível tecnológico pode ser considerado bom. A cultura apresentou um crescimento vegetativo relativamente uniforme e pequeno, sendo que seu crescimento pode ter sido inibido pelo fato de o ensaio ter sido realizado na época de temperaturas mais baixas. Esse desenvolvimento vegetativo parece não ter sido limitante na produção, haja visto que esta foi boa, quando comparada com produções obtidas em campos de produção e ensaios experimentais conduzidos na região e em outros locais (6, 17, 18). O rendimento da polpa para indústria, em relação aos frutos foi em torno de 79%, valor bem próximo do observado por SCARES (18) para a mesma cultivar.

QUADRO 1 - Resultados médios obtidos com algumas características dos frutos de Pimentão.

Características dos Frutos	Frutos Normais		Frutos Defeituosos	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Produção de Frutos - kg/ha	26.334	2776	2462	331
Peso Médio dos Frutos - gramas	70,7	3,8	43,2	2,8
Produção de Polpa - kg/ha	20.780	2100	-	-
% Matéria Seca da polpa - %	7,63	0,14	-	-
Espessura da polpa - mm	3,8	0,1	-	-
Rendimento Polpa/Fruto - %	7895	1,60	-	-
Altura das Plantas - cm	62	2	-	-

A análise de regressão aplicada aos dados de produção de frutos normais (P^{FN}) indicou que o modelo linear descreve razoavelmente bem o fenômeno, para o intervalo considerado. A função de produção estimada, cujos planos de regressão são mostrados na Figura 1, mostra que as quantidades de água (lâminas) estudadas não foram suficientes para atingir a produção máxima, para as condições de tecnologia deste trabalho. Verifica-se também, que, para um mesmo turno de rega, a produção aumenta com o aumento da lâmina de água aplicada e que, para o intervalo de água estudado, a lâmina de 6 mm/dia propiciou maiores produções. O efeito do intervalo de aplicação de água mostrou que a produção de frutos é inversamente proporcional ao turno de rega, sendo que menores intervalos (1 dia) propiciaram maiores produções. Pelas declividades da superfície de resposta, nota-se que, quando aumenta o turno de rega, a produção marginal é maior, em termos absolutos (1655 kg/ha), que quando aumenta a quantidade de água aplicada por dia (1246 kg/ha), para as unidades usadas. O fato de o aumento da produção ser diretamente proporcional ao aumento da disponibilidade de água para a planta é um efeito já bastante comprovado em várias culturas, dentro dos limites que dependem da cultura, dos solos e de outros fatores, e pressupõe-se que maiores disponibilidades de água acarretam maiores facilidades de absorção, tanto da água quanto de nutrientes, sendo que as quantidades estudadas não acarretaram excessos suficientes para provocar a queda na produção. Idênticos resultados foram encontrados por vários autores (8, 13, 16, 20).

A diminuição da produção, decorrente do aumento do intervalo entre as irrigações, pode ser explicada pelo fato de que maiores espaços entre as irrigações ocasionam maior tensão de umidade no solo, à medida que aumenta o período,

acarretando maiores gastos de energia para absorção da água. Também, maiores volumes de água a aplicar de uma só vez podem ocasionar deficiências temporárias de aeração (10), com conseqüente diminuição da produtividade. Os resultados concordam com os obtidos por alguns pesquisadores (8, 15, 16, 21) e são conflitantes com os obtidos por outros (7), possivelmente pela diferença nas características edafoclimáticas e culturais dos ensaios.

Nas condições do ensaio, obtiveram-se maiores produções quando a irrigação constou de 6 mm de água por dia, aplicados diariamente, sendo necessários 1964 ml de água por dia para a produção de 1 kg de fruto maduro. Quando a lâmina aplicada foi de 2 mm/dia, a quantidade de água necessária para produzir 1 kg de fruto caiu para 760 ml, mas houve redução na produção final.

As produtividades obtidas foram semelhantes às obtidas por SILVA (17) e quase o dobro das obtidas por SOARES (18), para as mesmas variedades.

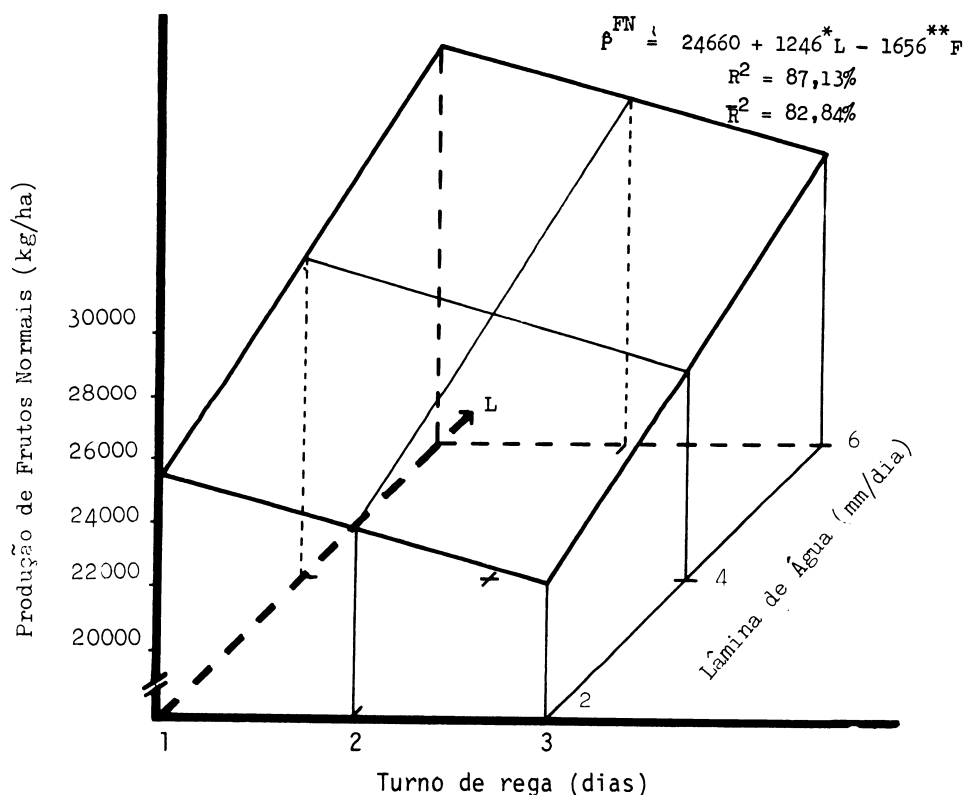


FIGURA 1 - Produção de Frutos maduros de pimentão (P^{FN}), em função da lâmina de água (L) e do turno de rega (F), em irrigação por gotejamento. (*, ** Significativos, aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente).

Para o produtor de frutos destinados à indústria e/ou ao consumo "in natura" é conveniente a combinação dos fatores de produção, de modo que sejam obtidos frutos de maior tamanho, de polpa mais espessa e maior teor de matéria seca, graças à maior economicidade que tais características podem acarretar, tanto na fase de produção como na manipulação e nos rendimentos industriais.

A análise de regressão aplicada aos dados de peso médio dos frutos normais, mostrou que, para os modelos testados, os coeficientes das variáveis independentes não foram significativas pelo teste t, aos níveis preestabelecidos; conseqüentemente, os tratamentos não diferiram entre si quanto ao tamanho dos frutos.

Considerando o efeito dos tratamentos na produção de frutos (Figura 1), verifica-se que o aumento na produção foi causado pelo maior número de frutos e não pelo aumento de seu peso, o que significa que maiores quantidades de água, aplicadas em menores turnos de rega, predispõem a planta a um maior vingamento de flores e frutos, não influenciando seu tamanho. Maior número de frutos, em decorrência de maiores quantidades de água, tem sido citado por vários pesquisadores (2, 5, 14).

A produção da polpa (P^P), pela análise de regressão aplicada aos dados, pode ser expressa pela função $P^P = 20253,6 + 823,2 L_1 - 1383,4 F_1$. Como era de esperar, a tendência da produção de polpa segue a mesma tendência da produção de frutos, uma vez que guardam uma dependência, sendo que as observações feitas para a produção de frutos são válidas para essa característica, guardadas as devidas proporções.

A análise de regressão aplicada aos dados de percentagem de matéria seca da polpa (P^{MS}) mostrou que o modelo linear descreve bem o fenômeno, para o intervalo considerado. A função ajustada, cujos planos de regressão são mostrados na Figura 2, indica que condições de maiores deficiências hídricas induzem maiores quantidades de sólidos na polpa do fruto. Observa-se que para um turno de rega determinado, o aumento da lâmina de água diária implica uma diminuição da percentagem de matéria seca e que para uma mesma lâmina de água, o aumento do turno de rega ocasiona efeito idêntico. Pelas declividades de superfície de resposta, nota-se que o turno de rega (0,97) induz maior efeito que a lâmina (0,49), para as unidades utilizadas. Considerando que a amostragem para a determinação de matéria seca foi feita após 2 dias de colheita, para todos os tratamentos, verifica-se que, para a indústria, tratamentos com maiores "déficit" de água são mais vantajosos, uma vez que aumentam o rendimento de flocos e pó de pimentão para um menor consumo de energia para secagem, ao passo que, para o agricultor, ocorre o contrário. É de supor que parte do aumento do peso verificado nos tratamentos onde havia maior

disponibilidade hídrica foi causada pelo aumento do teor de água nos frutos e não pelo aumento dos sólidos da polpa.

A análise de regressão aplicada aos dados de espessura média da polpa de pimentão (E^P) mostrou que o modelo quadrático incompleto com os termos, quadrático para lâmina de água e linear para turno de rega, descreveu bem o fenômeno, para os intervalos estudados. A função ajustada, cujos planos de regressão são mostrados na Figura 3, indicam que, para os turnos de rega de 1 a 2 dias, a espessura da polpa aumenta a partir da lâmina menor, até atingir um máximo em 4,5 e 5,4 mm/dia, respectivamente, quando os acréscimos são negativos. Para o turno de rega de 3 dias, não houve máximo, dentro do intervalo estudado. Para uma lâmina de 2 mm/dia, o acréscimo de um dia no intervalo de irrigação provocou uma diminuição de 2,42% na espessura da polpa. À medida que aumenta a quantidade de água aplicada, as espessuras tendem a igualar-se, para uma lâmina em torno de 4,5 mm/dia, sendo que, depois há uma inversão de tendências, e com 6 mm/dia o acréscimo de um dia no turno de rega causa um aumento de 1,46% na espessura. Para qualquer frequência de irrigação, a lâmina de água de 2 mm/dia produziu frutos de menor espessura (Figura 3), com menor teor de água (Figura 2), sendo que a baixa produção de frutos e polpa, nessa quantidade de água (Figura 1), pode ter sido proveniente da pequena espessura da polpa e do menor número de frutos.

Maior ou menor teor de umidade no solo pode predispor a planta a uma maior susceptibilidade a doenças e distúrbios fisiológicos, em razão da nutrição mineral (12). Mesmo tendo sido feito controle adequado de pragas e doenças, procurou-se estimar o efeito dos tratamentos no aparecimento de frutos com lesões basal e apical. A análise de regressão aplicada aos dados de produção de frutos defeituosos mostrou que, para os modelos testados, os coeficientes das variáveis independentes não foram significativos, pelo teste t, aos níveis preestabelecidos; conseqüentemente, os tratamentos não diferiram entre si quanto ao aparecimento de frutos com lesão. Verifica-se que os teores de umidade na zona radicular, em razão de menores quantidades de água e maiores turnos de rega, não foram suficientes para causar aparecimentos de maior número de lesões (12), quando comparados com os demais tratamentos.

As análises de variância das regressões e coeficientes de determinação, para as equações estimadas de produção de frutos normais, produção de polpa para a indústria, percentagem de matéria seca da polpa e espessura da polpa, são mostradas no Quadro 2. Verifica-se que os desvios das regressões não foram significativos, aos níveis de probabilidade previamente estabelecidos. A produção de frutos normais foi mais influenciada pelas lâminas de água aplicada (60,46%) que pelas frequências de aplicação (26,67%). A ex

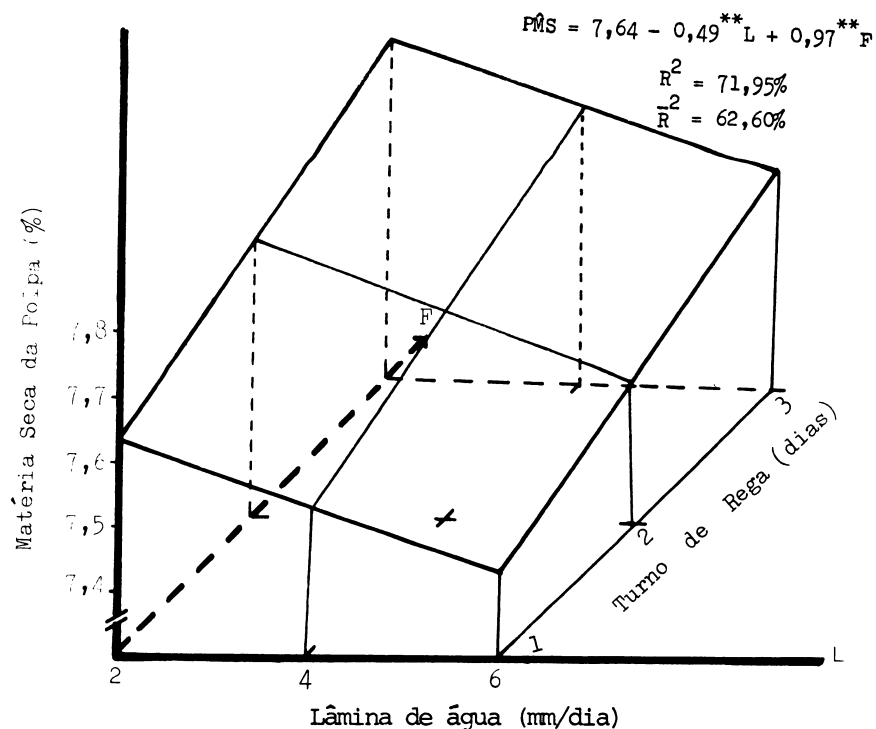


FIGURA 2 - Percentagem de Matéria Seca da Polpa (PMS), em função da lâmina de água e do Turno de Rega, em Irrigação por Gotejamento. (** Significativo, ao nível de 5% de Probabilidade).

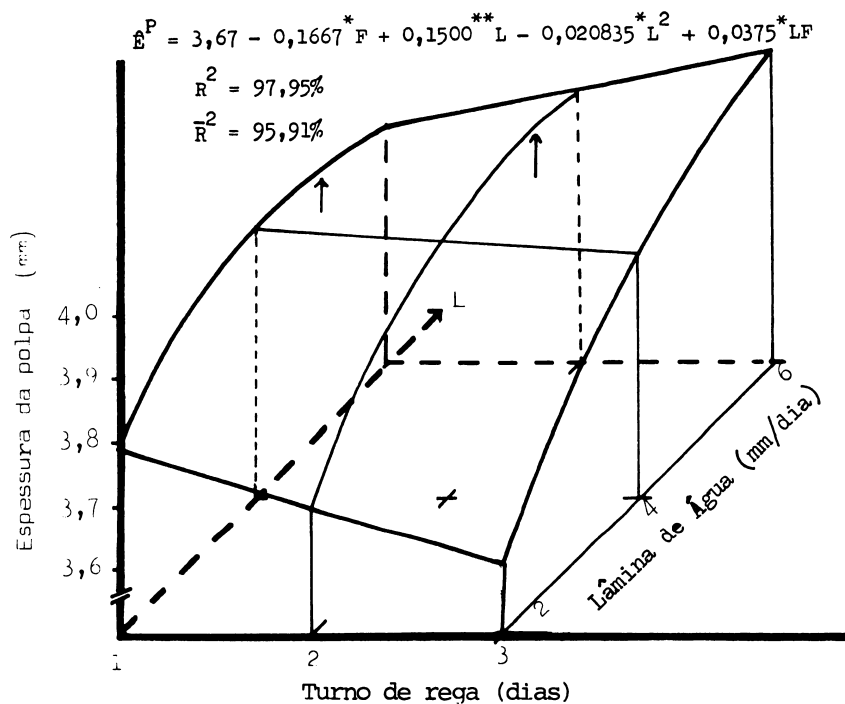


FIGURA 3 - Espessura da Polpa de Pimentão (\hat{E}^P), em função da Lâmina de Água (L) e do Turno de Rega (F); em Irrigação por Gotejamento. (*, ** Significativos, aos níveis de 1% de probabilidade, respectivamente).

QUADRO 2 - Análise de Variância da Regressão e Coeficiente de Determinação para as Equações Ajustadas de Algumas Características de Produção de Frutos de Pimentão Maduros.

Características (variáveis dependentes)	Fonte de Variação	Graus de li- berdade	Quadrados Médios	Variá- veis In- depen- dentes	Coeficientes De Determinação	
					Obtido	Corrigido
Produção de frutos maduros e normais P^{FC} - (kg/ha)	Devida à regressão	2	2686100*	L,F	87,13	82,84
	Desvio da regressão	6	1322410n.s	L	60,46	
	Erro	24	700387	F	26,67	

Produção de polpa E^P - (kg/ha)	Devida à regressão	2	13874100*	L,F	78,63	71,51
	Desvio da regressão	6	1256940n.s	L	46,09	
	Erro	24	1659280	F	32,54	

% Matéria seca da polpa P^{MS} - (%)	Devida à regressão	2	0,057042**	L,F	71,95	62,60
	Desvio da regressão	6	0,007412n.s	L	36,59	
	Erro	24	0,007354	F	35,36	

Espessura da Polpa E^P (mm)	Devida à regressão	2	0,029935*	L,L ² ,F,LF	97,95	95,91
	Desvio da regressão	6	0,000655n.s			
	Erro	24	0,003113			

* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

n.s. Não significativo, aos níveis de probabilidade preestabelecidos.

plicação para essa ocorrência parece óbvia, uma vez que o solo funciona como reservatório de água, minimizando o efeito do intervalo entre as aplicações, principalmente quando os turnos de rega são pequenos (1 a 3 dias) e a movimentação de água no solo é elevada (10). Observa-se, também que a participação das lâminas e das frequências de irrigação foi de 36,59 e 35,36% respectivamente para a percentagem de matéria seca da polpa para a indústria, e de 46,09 e 32,54% para a produção de polpa.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Em ensaio realizado no município de Ponte Nova - MG, estudou-se o efeito de três lâminas diárias de água (2, 4 e 6 mm/dia), aplicadas em três intervalos de irrigação (1, 2 e 3 dias), em sistema de irrigação por gotejamento, sobre as características de produção de frutos maduros de pimentão ' (*Capsicum annuum*, L.) da cultivar 'Cascadura Ikeda'

O experimento foi conduzido em solo Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço. A cultura foi plantada com espaçamento de 1,0 m entre fileiras e 4,0 m entre plantas. As adubações constaram de 50 g da fórmula 6-14-8 (N-P-K) mais 1 g de sulfato de magnésio, por planta, no plantio e três adubações por cobertura, constando de 20 g por planta da mesma mistura, espaçadas de 30 dias.

O sistema de irrigação por gotejamento constou de motobomba, filtro de areia, tubulação de polietileno, reservatório de nível constante e linha de gotejadores, com estes espaçados de 80 cm na fileira e vazão de 3 litros por hora.

Pelos resultados obtidos, observou-se que o aumento da quantidade de água aplicada aumentou ligeiramente a produção de frutos normais, ocorrendo efeito inverso para o turno de rega. Para a produção de 1 kg de frutos normais foram necessários 410 e 160 litros de água, respectivamente para as lâminas de água de 6 e 2 mm/dia. Para a componente de produção, espessura da polpa, observou-se efeito linear para frequência de irrigação e efeito quadrático para lâmina de água, sendo que para menores quantidades de água, maiores turnos de rega ocasionaram diminuição da espessura, ocorrendo o inverso para maiores quantidades de água.

A percentagem de matéria seca da polpa foi maior quando as irrigações foram mais espaçadas e com menor quantidade de água.

O peso médio dos frutos normais e a incidência de frutos defeituosos não foram afetados pelas diferentes quantidades de água e turnos de rega.

TITLE: The effect of water height and irrigation frequency by trickle irrigation system on red pepper
I - Fruit production.

The effect of water height (2 - 4 - 6 mm/day) and irrigation frequency (1 - 2 - 3 days) were studied on the fruit production of red pepper (*Capsicum annuum*, L. c.v. "Casadura Ikeda") at the "Zona da Mata" of the State of Minas Gerais. The trickle irrigation system was used to supply water. The healthy fruit production was correlated positively with water height and negatively with irrigation frequency, while the opposite happened with percentage of dry matter. These water management did not differ between them with respect to the mean weight of the healthy fruits neither with respect to the incidence of unhealthy fruits. The interaction treatments greatly affected the thickness of healthy fruit pulp, mainly because of nature of the curve response; being quadratic response for water height and linear response for irrigation frequency. The pulp of the healthy fruits were more thickness under low water height and high irrigation frequency than under high water height and low irrigation frequency.

Index terms: Irrigation frequency, water height, trickle irrigation, fruit production, unhealthy fruit incidence, pulp thickness, red pepper

5. LITERATURA CITADA

01. BERENYI, M. The effect of irrigation on the quality and quantity of red pepper crops in two extremely raining years. Duna. Tirza Kozi Mezogazd. Kiser. Int. Bull, Kecskement, 2:5-14. 1968. In: Hort. Abstr. England 39(3):598, abstr. 4947. 1968.
02. _____. Effect of irrigation on flowering and fruits set of red pepper. Acta Agron. Hung. 19:398-401. 1970. In: Hort Abstr. England. 4(3):819, abstr. 6825. 1971.
03. BOSWELL, R.W. and THORNE, M.D. The proper use of water in the Home Garden. U.S. Department of Agriculture, Yearbook of Agriculture. p.451-456, 1975.
04. CRUESS, W.V. Produtos industriais de frutos e hortaliças. São Paulo. Edgard Blücher, 1973. 863 p.
05. DUDNIK, S.P. The effect of soil water supply on the developmental characteristics and productivity of capsicums grown on the left bank of the ukrainian forest steppe. Zbornik. 20:12-17. 1975. In: Hort. Abstr. England. 46(8):665. abstr. 7704. 1976.
06. FILGUEIRA, F.A.R. Manual de Olericultura. Cultura e Comercialização de Hortaliças. São Paulo, Ed. Agronômica, Ceres. 1972. p.ilust. 451 p.
07. GOLDBERG, D. and SHMUELLI, M. Sprinkle and Trickle irrigation of green pepper in an arid zone. HortScience, Virginia. 6(6):559-62. 1971.
08. JAIME, J.R.R. Riego por goteo del Chile Caribe en el Distrito de riego del Rio Yaqui - Son. México, DF. Secretaria de Recursos Hidráulicos, 1973. 63 p. (Memorandum Técnico nº 320).
09. KOSEVSKI, B. A contribution to the solution of irrigation problems with peppers in the brugelija region. Sumarskiot Fakultet na Univerzitetot Skopje, Yugoslavia, 23:55-67,1969.In:Hort.Abstr. England 42(8):479 , abstr. 3975, 1972.
10. MANFRINAIO, H.A. A irrigação por gotejamento - I parte - Influência sobre as relações solo-água. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". USP. 31:35-50. 1974.
11. MASUDA, T. et alii. Ecological studies on pepper (Capsicum anuum L.) (Mainly on the flowering and fruit bearing habits) Sci. Repts. Fac. Agric. 'Okayama nº 28 pp 37-42. 1966, In: Hort Abstr. England 37(3):605, abstr. 5099. 1967.
12. NOUR, M. Blossom and rot in Chile as affected by calcium and soil moisture Bull. N. Mex. Agric. Exp. Stat. 493, 1965 p 10. In: Hort.Abstr. England, 36(2):356, abstr. 3078. 1966.

13. PARWIN, P.E. and I-WU. Trickle irrigation por intensive tomato production in Hawaii. HortScience, 7(3):337. 1972.
14. RHEE, D.A. e PARK, S.K. The effect of soil moisture level on flowers and fruits drop of red pepper. Journal of the korean society for Horticultural Science. Suwean 16(1)99-105. 1975. In: Hort.Abstr. England , 47(4):320. abstr. 3664. 1977.
15. RUIZ, T.V. Princípios básicos del riego por goteo, México, DF. Secretaria de Recursos Hidráulicos, 1971 p. (Memorandum Técnico nº 296).
16. SHMUELI, M. e GOLDBERG, D. Response of trickle irrigated pepper in arid zone to various water regimes. HortScience. Virginia, 7(3)241-243. 1972.
17. SILVA, R.F. da. Efeito de espaçamento e níveis de adubação na produção de frutos maduros e sementes de pimentão. (Capsicum anuum L.) Viçosa, UFV, Imprensa Universitaria. 1969. 51 p. (Tese MS).
18. SOARES, U. Estudo da produção e rendimento industrial de oito cultivares de Pimentão. (Capsicum anuum L.) Viçosa, UFV, Imprensa Universitária , 1972. 29 p. (Tese MS).
19. SOMOGYI, G. The water requeriment and irrigation of spice capsicum. Zold ség Termersztézi Kutató Intézet, Hungary, Bulletinje 9:147-150, 1974. In: Hort.Abstr. England 46(4):304, abstr. 3360. 1976.
20. SPALDON, E. e STRELEU, V. The effect of irrigation on the quality and yield of red pepper. Polnohospodartuo Czechoslovakia. 20(4)263-272, 1974. In: Hort.Abstr. England 45(1):34, abstr.
21. WILLARDSON, L.S. et alii. Contaloupe responses to drip irrigation. In: ' Proceeding of the second International Drip Irrigation Congress. San Diego, 1974. p. 474-79.

DOCUMENTO TECNICO 8

EFEITOS DA ÁGUA NO SOLO NO RENDIMENTO AGRÍCOLA
E INDUSTRIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR

Por: Prof. Rubens Scardua (*)

Ing. Valdemar Antonio Demétrio (*)

(*) Professor Assistente do Departamento de Engenharia Rural. ESALQ/USP.

EFEITOS DA ÁGUA DO SOLO NO RENDIMENTO AGRÍCOLA E INDUSTRIAL
DA CANA-DA-AÇÚCAR (Saccharum spp)

RESUMO

Neste trabalho, procurou-se verificar a melhor dotação de água para se poder preconizar a irrigação da cana pelo método de gotejamento e suas implicações no crescimento e produtividade; estabelecer uma função matemática representativa do crescimento da cana-de açúcar para as condições do experimento; estimar o crescimento da cana através dos graus-dia.

Adotou-se o delineamento de blocos casualizados, com 4 tratamentos e cinco repetições. A variedade usada foi a NA 5679 tendo-se efetuado o plantio em 14/04/1976, a primeira colheita em 15/08/1977 e a segunda colheita em 5/07/1978. Os tratamentos foram definidos por regimes de água do solo proporcionados à cultura, através da irrigação por gotejo, baseados no controle através da evaporação do tanque Classe A. Assim os tratamentos A, B, C correspondiam às parcelas que recebiam, respectivamente, 1,0 ECA, 0,8 ECA, 0,6 ECA e o tratamento D não recebeu irrigação.

Observou-se que o tratamento C que recebeu uma altura de água de irrigação correspondente a 60% ECA apresentou resultados, que julgamos como o mais indicado para servir de apoio às recomendações de irrigação da cultura da cana-de-açúcar em escala comercial em condições de clima, solo e variedade idênticas a esta pesquisa.

A altura total de água recebida pela cultura no período de 14/04/1976 a 15/08/1977, foi de 1583 mm sendo necessários 8,8 mm para produção de 1 tonelada de can/ha; a altura total de água recebida pela cultura no período de 29/08/1977 a 5/07/1978, foi de 1660 mm sendo necessários 11,7 mm para a produção de 1 tonelada de can/ha.

Confirmou-se que o crescimento e o número de colmos por metro linear são características vegetativas que servem de base para estimar a capacidade produtiva da cultura. Verificou-se que o ajustamento da Função Logística e dos dados de graus dia, aos dados de crescimento se fez perfeitamente constituindo-se deste modo em importantes elementos para se estimar o crescimento e conseqüentemente a produtividade da cana.

DOCUMENTO TECNICO 9

ANALISIS ECONOMICO Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA
EN AREAS BAJO RIEGO

Por: Dr. Eduardo J. Indarte (*)

(*) Especialista en Desarrollo Rural (Oficina del IICA en la Argentina)
Trabajo realizado con la colaboración de la Ing. Agr. Gisela Andres Wedel.

ANALISIS ECONOMICO Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA EN AREAS BAJO RIEGO

El sistema de riego denominado 'por goteo' constituye un aporte realmente significativo a la tecnología actualmente disponible destinada al mejoramiento de la producción y productividad de las áreas cultivadas y a la expansión de las fronteras agropecuarias.

Por su probada capacidad de mejorar los rendimientos utilizando un volumen menor de agua en relación a otros métodos de riego, lo que la identifica como tecnología particularmente apropiada para el ahorro de recursos cada vez más escasos como es el agua, el riego por goteo constituye cada vez más el centro de atención de los responsables de transferir tecnología al productor, los cuales, concientes de las ventajas de su adopción, buscan mejorar la eficiencia con la que ese proceso de transferencia se lleva a cabo.

Ahora bien, se puede afirmar de que efectivamente existe transferencia y adopción de tecnología cuando los cambios propuestos conforman un paquete tecnológico cuya aplicación permite el funcionamiento de un sistema de producción que incrementa en forma significativa las posibilidades que tiene el agricultor de obtener en forma durable un mayor beneficio, teniendo en cuenta el medio, la coyuntura y fundamentalmente sus propias posibilidades y deseos. Es evidente por lo tanto que el análisis económico debe estar íntimamente ligado al proceso de transferencia de tecnología de nuevas técnicas de riego, particularmente en la situación actual en América Latina en la que como lo afirma el Director General del IICA en la Ceremonia de Inauguración del II Seminario Latinoamericano Sobre Riego por Goteo, realizado en México, en junio de 1977, "...las aguas de más fácil captación para fines de regadío ya han sido aprovechadas y por lo tanto los nuevos proyectos en ejecución o estudios son más complejos desde el punto de vista tecnológico y mucho más costosos".

Parecería existir sin embargo una cierta "distancia" entre la disponibilidad de metodologías de análisis económico y su efectiva utilización para la transferencia de nuevas tecnologías en áreas de riego, lo cual es sugerido por ejemplo por el hecho de que en documentos tales como los que contienen los trabajos correspondientes al II Congreso Internacional de Riego por Goteo realizado en California en 1974 o el ya citado II Seminario Latinoamericano Sobre Riego por Goteo, no se han incluido trabajos orientados a determinar el efecto económico que esta nueva técnica tendría sobre economías prediales o regionales, lo cual indudablemente aumentaría la riqueza de la información necesaria para tomar la decisión de adoptar.

Esta "distancia" entre disponibilidad de metodología de análisis económico y utilización efectiva de la misma como herramienta para la transferencia de tecnología podría ser explicada por un amplio conjunto de factores, mucho de los cuales seguramente están fuera del control de los especialistas en riego pero seguramente también, existirá acuerdo en que forman parte de ese conjunto por lo menos los siguientes elementos, los cuales sí pueden ser ubicados dentro del campo de acción de los técnicos: a) el grado de definición del problema a resolver y de las condiciones de aplicación de determinadas metodologías de

análisis económico aplicadas a condiciones de riego; b) el grado de conocimiento y consideración de los límites o inconvenientes de los métodos utilizados para evaluar económicamente una alternativa de riego; c) el enfoque parcial o unidimensional en la identificación y cuantificación de los motivantes de la adopción de una nueva tecnología de riego.

El propósito de esta presentación es el de realizar una breve revisión de algunos de los métodos de análisis económico más utilizados para tomar decisiones en áreas bajo riego con la finalidad de determinar su utilidad para la transferencia de tecnología a través de la observación de las condiciones en los que fueron aplicados y de la identificación de algunas de sus ventajas y limitantes.

La revisión bibliográfica de los trabajos que incluyen alguna forma de determinación del efecto económico del riego, muestra que ellos pueden ser clasificados en dos grandes grupos según su metodología esté basada en la puesta en evidencia de estructuras reales de producción o basada en la elaboración de modelos teóricos. En el primer caso el análisis está dirigido a poner en evidencia las estructuras de producción existentes y su mecanismo de funcionamiento de forma de identificar relaciones de causa a efecto entre factores de producción utilizados en los cuales se incluye el riego y los productos y/o los resultados económicos obtenidos. En el segundo caso se elabora un modelo teórico que pretende representar la realidad en forma simple, para conocerla mejor a través de los principales elementos que la componen y a través de sus reacciones a cambios controlables.

Una de las formas más generalizadas de análisis de las estructuras productivas existentes y de los resultados que de ellas se obtienen es la determinación de los márgenes de ganancia y del costo de producción considerados ya sea desde el punto de vista del área regada como un todo, desde el punto de vista de cada una de las superficies regadas que son ocupadas por cultivos diferentes o desde el punto de vista de la unidad de producto generado por cada actividad.

Este método es utilizado por CAMARERO e IBARGUREN^{1/} para establecer comparaciones entre costos de cultivos de vid bajo riego por inundación y bajo riego por goteo en la Provincia de Salta, Argentina. En este caso se han tomado en cuenta los costos totales de producción los cuales se consideran están formados por renta de la tierra, gastos de producción, interés y amortizaciones. El control de los egresos e ingresos del ensayo fue extendido a un período de 4 años y los resultados obtenidos muestran que el riego por goteo presenta un costo neto inferior al del riego por inundación, habiéndose determinado como costo neto a la diferencia entre el costo de implantación y el valor de la producción de uva obtenida en el período considerado. Paralelamente en este trabajo se llama la atención sobre el mayor costo de instalación del sistema de riego por goteo sugiriéndose la implementación de créditos especiales para disminuir el efecto de este inconveniente.

El costo de producción como herramienta para la toma de decisiones presenta ventajas indudables. Es un método simple, de bajo costo que exige solamente lápiz y papel, pero por supuesto también un buen conocimiento de la empresa. Es fácilmente entendido por los agricultores quienes intuitivamente

tienen un buen conocimiento de los gastos totales de su empresa y son particularmente sensibles a la propuesta de cambios que tengan como resultado el disminuirlos. Es un método particularmente utilizado para apoyar la toma de decisiones en política agropecuaria, (por ejemplo política de precios) y proporciona un nivel de referencia aceptable para establecer la relación costo de producción-precio de venta del producto principalmente en aquellos casos en que el precio del producto a ser vendido puede ser establecido por el productor.

La determinación del costo de producción en forma global en empresas que practican un solo método de riego y están orientados a la monoproducción como podría ser el caso de la vid por ejemplo, no ofrece mayores dificultades pero exceptuando el ingreso neto total generado por la empresa, aporta poca información adicional útil para la toma de decisiones. En los casos de empresas diversificadas que utilizan el riego en diferentes actividades productivas, la determinación del costo de producción de cada actividad o el costo de producción por unidad de producto exige la identificación y cuantificación precisa de los costos totales (fijos y variables) correspondientes a cada actividad, lo cual plantea dificultades metodológicas serias en cuanto a la repartición de los gastos fijos entre las diferentes actividades. Evidentemente existen criterios para asignar cuotas partes de los costos fijos a cada una de las diferentes actividades pero todos ellos incluyen una dosis más o menos importante de arbitrariedad que deberá ser conocida y tenida en cuenta para disminuir el riesgo de orientar equivocadamente la toma de decisiones.

Uno de los múltiples aspectos a considerar cuando se utiliza este tipo de metodología para la transferencia de tecnología, está relacionado con la utilización de los costos como herramienta para mejorar el resultado neto de la empresa mediante la identificación de aquellas actividades que presentan mayor margen por unidad de superficie ocupada. Imaginemos el hipotético caso de un agricultor que tiene la posibilidad de incluir en su área de riego dos cultivos A y B con diferentes costos operativos por unidad de superficie y que para tomar la decisión correcta desde el punto de vista de mejorar los beneficios de su empresa cuenta con la información siguiente:

	<u>CULTIVO A</u>	<u>CULTIVO B</u>
Ingresos/Ha	100	60
Egresos/Ha	50	20
Margen/Ha	50	40
Relación M/E	1	2

Evidentemente si el objetivo del productor es incorporar a su sistema de producción la actividad que genera mayor margen por hectárea regada la decisión correcta sería la de incorporar el cultivo A. Si procede así en realidad lo que el productor considera es que el factor limitante o factor más escaso es la superficie factible de ser regada, el cual puede ser el caso cuando existen por ejemplo limitaciones de suelos o de volumen de agua disponible y al

decidirse por el cultivo A busca obtener la mayor eficiencia posible en términos económicos del uso del factor más escaso.

Por el contrario, si el factor más limitante fuera por ejemplo el capital disponible para financiar los gastos del cultivo la decisión correcta sería la de incorporar a su área de riego el cultivo B pues el retorno generado por cada unidad monetaria gastada es superior en este cultivo*/.

Posiblemente, una de las limitaciones más serias del análisis de costos aplicado a la toma de decisiones en áreas de riego esté dada por el hecho de que este método no tiene en cuenta el factor tiempo, el cual en proyectos de riego constituye un elemento a tener en cuenta especialmente por la magnitud de las inversiones iniciales. La determinación de los costos de un sistema de riego en verdad constituye una fotografía de la realidad, en la cual los elementos constitutivos permanecen en forma estática no existiendo por lo tanto información sobre el flujo de egresos e ingresos a través del tiempo de dicho sistema. Este inconveniente ha sido solucionado mediante el desarrollo de toda una metodología de análisis económico que se engloba bajo la denominación de "Análisis de costo-beneficio", que ha sido ampliamente aplicada en el área de proyectos de inversión.

Con la utilización del análisis de costo-beneficio se busca maximizar la diferencia existente entre el valor actual de todos los beneficios y todos los costos del proyecto teniendo en cuenta su tiempo de aplicación o funcionamiento, además de un conjunto de restricciones específicas. Las decisiones sobre que proyecto es más conveniente se basan generalmente en criterios bien definidos, a condición de que la fecha de comienzo del proyecto esté fijada, no haya restricciones en vigencia y no existan proyectos interdependientes o mutuamente excluyentes ^{7/}. Algunos de estos criterios son: a) la diferencia entre el valor actual de los beneficios menos el valor actual de los costos; b) el cociente entre estos mismos valores y c) la tasa interna de retorno.

Es evidente que la mayor o menor utilidad de este tipo de análisis depende de que se identifiquen y cuantifiquen claramente los costos y los beneficios a ser adjudicados al proyecto de riego, que se establezca con precisión cuál es la tasa de descuento más correcta y se determinen con exactitud las restricciones y la duración o vida del proyecto.

Es muy amplia la bibliografía existente sobre aplicación del análisis de costo beneficio y son muy variadas las opiniones de los distintos autores

*/ Si el área factible de ser regada está limitada a 5 Has y no existen restricciones de capital:

$$\begin{array}{l} \text{Margen total Cultivo A} = 5 \times 50 = 250 \\ \text{" " " B} = 5 \times 40 = 200 \end{array}$$

Si el capital disponible está limitado a 200 y no existen limitaciones de área regada:

$$\begin{array}{l} \text{Margen total Cultivo A} = 200 \times 1 = 200 \text{ (4 Has)} \\ \text{" " " B} = 200 \times 2 = 400 \text{ (10 Has)} \end{array}$$

sobre la forma más correcta de determinar costos, determinar beneficios, elegir una tasa apropiada de descuento, etc., por lo que sería redundante y fuera del marco de esta presentación extenderse sobre el tema, pero tal vez sí sea conveniente desde el punto de vista de la utilización de esta técnica como soporte para la transferencia de tecnología, destacar dos de las limitaciones señaladas por PREST y TURVEY^{7/}: a) el análisis de costo beneficio es solamente una ayuda para la toma de decisiones dentro de una estructura que ha de ser establecida de antemano y la cual abarca un aspecto muy amplio de consideraciones, no solamente técnicas sino también políticas y sociales y b) este análisis debe ser usado con mucho cuidado particularmente cuando se deben tener decisiones relativas a inversiones de magnitudes suficientemente grandes como para modificar el conjunto de los rendimientos y precios relativos, lo cual bien puede ser el caso de obras de riego en determinadas regiones o países de escaso desarrollo relativo.

El análisis estático de costos y de determinación de márgenes o el más dinámico de beneficio-costos que incluye presupuestaciones multiperiódicas constituyen una buena fuente de información sobre el efecto que una determinada combinación de recursos ha tenido o tendría sobre el resultado económico, pero estas técnicas no aportan información sobre cuál sería la combinación óptima de factores disponibles que tendrían como resultado el máximo beneficio posible. Cuando existe la necesidad de tomar decisiones que conduzcan a una combinación óptima de factores de producción y de conocer a priori el efecto que esas decisiones teóricamente tendrían sobre los resultados físicos y económicos, es posible recurrir a las técnicas de elaboración de modelos de simulación o modelos teóricos. Sin dudas el trabajo con modelos de simulación abre una enorme cantidad de posibilidades para la toma de decisiones en áreas de riego y ha sido utilizada con diferentes objetivos, por ejemplo por CLINE^{2/} para seleccionar combinaciones de cultivos en un proyecto de irrigación en el Noreste del Brasil, por MAPP y DOBBINS^{3/} para determinar situaciones óptimas de abastecimiento de agua y de costo de la energía utilizada en fincas de Oklahoma, por MAPP y EIDMAN^{4/} para regular el bombeo de agua subterránea con la finalidad de disminuir el efecto negativo que el descenso de su nivel tiene sobre los costos de bombeo y los rendimientos de los cultivos regados o por YARON y OLIAN^{10/} para determinar políticas de riego en función de la calidad del agua utilizada, citando solamente unos pocos de los trabajos publicados.

Para el citado proyecto de irrigación en el Noreste del Brasil, CLINE elabora un modelo de programación lineal que busca combinar en forma óptima, desde el punto de vista económico, distintos cultivos factibles de desarrollarse en dicha área. Las restricciones consideradas en este caso están dadas principalmente por características de los suelos, tipo de rotación y mercado. El modelo utilizado concentró cultivos de alto valor por hectárea en los mejores suelos a diferencia de un estudio anterior que en base a presupuestación total proponía una dispersión más amplia en cuanto a las características de los suelos utilizados lo que daba lugar a que pudieran ser aprobados un mayor número de proyectos que si bien eran rentables tenían menores beneficios.

Por su parte MAPP y EIDMAN en su trabajo sobre regulación de la extracción de agua subterránea mediante un modelo bioeconómico se plantean tres posibilidades: a) uso restringido del agua; b) uso no restringido del agua y c) uso

restringido del agua por encima del cual, las extracciones adicionales pagarían un impuesto. Estas posibilidades fueron aplicadas a dos alternativas de disponibilidad de agua definidas como adecuada e inadecuada.

Los autores concluyen que es más importante el momento oportuno de aplicación del agua desde el punto de vista de la planta que la cantidad total de agua aplicada. En la situación de abastecimiento adecuado se comprueba que no hay diferencias significativas entre las 3 posibilidades de uso señaladas, en cambio en la situación de abastecimiento inadecuado al cabo de 20 años (período que constituye el horizonte de planificación utilizado) se llega al agotamiento económico a menos que se limite el uso anual de agua por debajo del nivel fijado para la segunda alternativa. El modelo fue útil también para demostrar que el uso más racional del agua en condiciones de abastecimiento inadecuado se obtiene cuando se restringe el agua a un determinado cupo a partir del cual se cobra un impuesto por el uso de la misma pues el agricultor ajusta sus períodos de riego a los momentos en que éste es más efectivo para la planta.

La utilización de modelos de simulación como apoyo para la toma de decisiones presenta una ventaja evidente: sobre un modelo teórico es posible realizar diferentes experiencias con la finalidad de obtener información a tiempo para tomar las decisiones más correctas desde el punto de vista del resultado económico cosa que sería imposible practicar sobre el sujeto o sistema real. Sin embargo el hecho de que un modelo teórico sea una "representación simplificada" de la realidad está implicando la existencia de una cierta diferencia entre esa realidad y el modelo utilizado para representarla. Esta diferencia se debe a que el sistema real de producción en verdad es sólo parcialmente conocido y a que la fracción conocida del sistema real en verdad es sólo parcialmente medible. A su vez si para representar la realidad nos valemos de un modelo matemático, como es el caso de los que acabamos de señalar, estaremos considerando de la fracción medible solamente aquellas relaciones susceptibles de ser apreciadas en forma numérica, pero dejando de lado aquellas no cuantificables o por lo menos no cuantificadas satisfactoriamente todavía, como es el caso de la mayoría de las reacciones de tipo psicológico íntimamente ligadas al proceso de adopción.

Al simular la realidad a través de modelos matemáticos por lo tanto es necesario tener en cuenta que en verdad estos modelos representan esa realidad en forma muy incompleta, siendo esta posiblemente la limitante más seria desde el punto de vista de su utilización como herramienta para la transferencia de tecnología.

Hasta ahora en la exposición realizada, hemos pasado revista sucesivamente a una serie de métodos utilizables para cuantificar el efecto económico que la irrigación provoca en distintos sistemas productivos. Comenzando por el análisis estático de costo y determinación de márgenes, destacamos posteriormente la importancia de considerar el factor tiempo en algunos proyectos de riego entrando así en el campo de acción más dinámico del análisis de costo beneficio. Identificamos finalmente algunas de las ventajas y limitantes de los métodos que van más allá de la simple observación de una situación dada y proponen una determinada combinación de los recursos disponibles la cual

se supone representa la mejor posibilidad teórica de obtener los máximos beneficios posibles en función de un conjunto dado de restricciones. Evidentemente cada una de las metodologías de trabajo observadas presentan una serie de aspectos positivos y negativos los cuales en definitiva son los que definen el campo de aplicación de cada una de ellas pero es necesario reconocer que desde el punto de vista del proceso de transferencia y adopción de tecnología estas técnicas de análisis y elaboración de modelos tienen todas una perspectiva particularmente restringida: ellas en realidad tienen en cuenta una cantidad relativamente reducida de variables y parten de la base de que el agricultor tiene un solo objetivo: aumentar al máximo sus ingresos. Sin embargo, desde el punto de vista práctico es evidente que la toma de decisiones que efectúa el agricultor es un proceso complejo que no puede ser expresado en forma tan simplista ni puede considerarse que la maximización del beneficio a obtener sea su único objetivo.

Ha existido tendencia entre algunos economistas preocupados por conocer el mecanismo de adopción de tecnología a pensar drásticamente en términos de *sí* y de *no* en lo que respecta a maximización del beneficio como motivante de la adopción, llegándose a plantear discusiones entre los que opinan que el beneficio *sí* es importante y los que opinan que el beneficio *no* es importante para explicar la adopción de tecnología. Recientemente con la incorporación del riesgo y la incertidumbre en los modelos de decisión ^{8/} y actualmente con la preocupación por identificar y cuantificar otros elementos considerados como motivantes de la adopción como por ejemplo el efecto que la nueva tecnología propuesta tendrá no solamente sobre los rendimientos y el beneficio económico sino también sobre el propio bienestar del agricultor y su familia, se ha manifestado una tendencia que considera a la unidad de producción como una realidad multidimensional operada en función de objetivos múltiples^{*/}.

Es evidente entonces que este nuevo enfoque plantea la necesidad de modificar sustancialmente el esquema tradicional de transferencia de tecnología utilizado en nuestra región. No se logrará adopción simplemente demostrando que una nueva tecnología mejora los rendimientos porque este no es el único objetivo perseguido por el agricultor. Deberá demostrarse además que la nueva técnica tendrá como resultado un mejoramiento del beneficio económico y fundamentalmente un mejoramiento del bienestar del agricultor y su familia. No es difícil encontrar en nuestros países ejemplos de innovaciones tecnológicas propuestas pero no adoptadas por no cumplir con estos requisitos.

Análisis para la identificación de estructuras reales de producción, técnicas de elaboración de modelos matemáticos para simular la realidad, decisión por objetivos múltiples. No resistimos la tentación de transcribir algunos párrafos de un artículo publicado por PAARLBERG en 1963 ^{6/}:

^{*/} Objetivos múltiples para la toma de decisiones relacionadas con el uso del agua es aplicado por ejemplo por NEELY, NORTH y FORTSON ^{5/} quienes proponen un modelo de decisión para proyectos públicos de abastecimiento de agua que incluye además de los aspectos económicos, otros elementos tales como calidad del medio ambiente y desarrollo regional.

"El planteo correcto de un economista es decir: Aquí hay un problema importante, ¿Qué instrumentos pueden ser usados más efectiva y apropiadamente para resolverlo? En cambio muchos investigadores han estado diciendo: Aquí hay un instrumento con prestigio, ¿Dónde puedo encontrar un problema o algún hecho sobre el cual usarlo?"

"Donde sea que veamos un proyecto de investigación que enfatiza el método sobre el tema, sospecharemos que el método se volvió un final en sí mismo".

"Nos hemos preocupado tanto por la cuantificación que cuantificamos cosas que podrían ser mejor manejadas cualitativamente y por otra parte omitimos factores por no poder cuantificarlos. Pensamos que por tratarse de métodos matemáticos ellos son imparciales e ignoramos que la elección del modelo es en sí misma parcial y predetermina el resultado".

Tampoco resistimos a la tentación de finalizar esta exposición formulándonos la pregunta que PAARLBERG utiliza como título de su trabajo: "¿Metodología para qué?"

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1/ CAMARERO, M., IBARGUREN, R.: "Costos Comparativos de Cultivares de Vid Utilizando Riego por Inundación y por Goteo". Ed. Bodegas Etchart. Salta, Argentina, 1978.
- 2/ CLINE, W.: "Cost-Benefit Analysis of Irrigation Projects in Northeastern Brazil". American Journal of Agricultural Economics. Vol. 55, N° 4. Part. I, november 1973, pp. 622-627.
- 3/ MAPP, H., DOBBINS, C.: "Implications of Rising Energy Costs for Irrigated Farms in the Oklahoma Panhandle". American Journal of Agricultural Economics. Vol. 58, N° 5, december 1976, pp. 971-977.
- 4/ MAPP, H. and EIDMAN, V. R.: "A Bioeconomic Simulation Analysis of Regulating Ground Water Irrigation". American Journal of Agricultural Economics. Vol. 58, N° 3, august 1976, pp. 391-401.
- 5/ NEELY, W. P., NORTH, R. and FORTSON, J. C.: "An Operational Approach to Multiple Objective Decision Making for Public Water Resources Projects Using Integer Goal Programming". American Journal of Agricultural Economics. Vol. 59, N° 1, february 1977, pp. 198-203.
- 6/ PAARLBERG, D.: "Methodology for What?". Journal of Farm Economics. Vol. 45, N° 45, december 1963, pp. 1386-1392.
- 7/ PREST, A., TURVEY, R.: "Cost-Benefit Analysis: A Survey". The Economic Journal, december 1965.
- 8/ ROUMASSET, J. A.: "Risk and Uncertainty in Agricultural Development". The Agricultural Development Council Seminar, N° 15, october 1977.
- 9/ STOEVENER, H. and CASTLE, E.: "Imput-Output Models and Benefit-Cost Analysis in Water Resources Research". Journal of Farm Economics. Vol. 47, december 1965, pp. 1572-1582.
- 10/ YARON, D. and OLIAN, A.: "Application of Dynamic Programming in Markov Chains to the Evaluation of Water Quality Irrigation". American Journal of Agricultural Economics. Vol. 55, N° 3, august 1973, pp. 467-471.

DOCUMENTO TECNICO 10

FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO DE SISTEMAS
DE RIEGO POR GOTEO

Por: Ing. Manuel A. Escobar (*)
Ing. Carlos E. Ramírez E. (**)
Ing. Daniel Jaquez A. (***)
Ing. Efrén Peña Peña (****)

-
- (*) Jefe del Laboratorio de Hidráulica del CENAMAR - México
(**) Investigador del Laboratorio de Hidráulica del CENAMAR
(***) Encargado de Análisis y Programación de la Unidad de Organización y Métodos de la SARH
(****) Director del CENAMAR.

FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO DE SISTEMAS DE
RIEGO POR GOTEO

Manuel A. ESCOBAR A. 1
Carlos E. RAMIREZ C. 2
Daniel JAQUEZ A. 3
Efrén PEÑA PEÑA 4

INTRODUCCION

En México como en otros países el crecimiento de áreas bajo riego por goteo es mayor que el desarrollo de la metodología de diseño, instalación, operación, conservación y evaluación de sistemas. Los estudios del funcionamiento hidráulico de los sistemas de riego por goteo están íntimamente relacionados con esta metodología y son necesarios para adaptarla a la realidad socio-económica y cultural de cualquier región en proyecto.

La educación al usuario es el punto clave para asegurar el éxito de un sistema de explotación agrícola manejado con este método de riego, de tal manera que el funcionamiento hidráulico de sistemas de riego por goteo deba estar acorde a la flexibilidad necesaria en los programas de : riego, fertilización y labores de cultivo para cada caso específico y el usuario debe saber cómo sus necesidades son resueltas de una manera más sencilla al cambiar de métodos de riego.

Este trabajo presenta un resumen de varios estudios con el único fin de hacer compatibles la metodología antes mencionada y con las necesidades de la flexibilidad en el programa de explotación agrícola.

- 1 Ing. Ind. Químico Jefe del Lab. de Hidráulica del CENAMAR
- 2 Ing. Ind. Mecánico Inv. del Lab. de Hidráulica del CENAMAR
- 3 Ing. Ind. Mecánico Enc. de Análisis y Programación de la -
Unidad de Organización y Métodos de la SARH
4. Ing. M.C. Director del CENAMAR

REVISION DE LITERATURA

Peña et Al (1979) Reporta después de una revisión amplia de trabajos-- sobre goteros que el funcionamiento hidráulico de los goteros (gasto) es función de la geometría del gotero, de la presión y de la temperatura del fluido. Incluye también la ecuación que los relaciona así como procedimiento para alcanzar esta ecuación. Concluye de este trabajo que los goteros de flujo turbulento descritos como, de cuerpo rígido y que no los afecta la temperatura, permiten una operación de el sistema de riego con la presión como variable de control y son utilizados tiempos de riego para definir los volúmenes por aplicarse concluye también que para cualquier otro gotero se necesita un totalizador volumétrico para controlar el volumen por aplicar.

Ramírez C et Al (1979) Reporta una técnica para el cálculo de cualquier tipo de línea regante; línea simple, línea compuesta, gastos variables espaciamiento entre salidas variables, además contempla el distribuidor como un caso especial de línea regante. Esta técnica se basa en el cálculo de las pérdidas de presión debidas a la fricción y a los accidentes localizados, en cada tramo entre salida y salida empezando por la última salida. Apoyado en ciertas simplificaciones los calculos se realizan usando formulario o programas de computadora según sea el caso. Puntualiza en la técnica para obtener los coeficientes de fricción y pérdidas localizadas simulando el funcionamiento de los equipos en campo. Concluye que en las líneas regantes al usar el número de emisores a conectar en una línea regante como el objetivo de diseño le proporciona al diseñador mayor capacidad de análisis.

Ramírez et Al. Reporta un estudio de pérdidas de carga localizadas en accidentes de un sistema de Riego por Goteo y analiza; goteros, silletas o abrazaderas-

y un regulador de presión modelo "Planet" Marcu Netafimo concluye que las pérdidas de carga de los goteros conectados "en la línea" son mayores que las pérdidas para los goteros conectados "sobre la línea" y en el primer caso de magnitud equipable a la pérdida por fricción para la misma línea regante. Concluyen, además más facilidad de instalación y menor posibilidad de taponarse por agentes externos para los goteros "sobre la línea". También encontró pérdidas de carga substanciales al estudiar abrazaderas o conector te que generalmente fueron mayores en magnitud que la pérdida de carga permisible en la unidad de riego. Concluye que esta circunstancia afecta el gasto aplicado cuando el punto de control de la unidad coincide con la alimentación al distribuidor y no se considera la pérdida de carga en la abrazadera. Reporta que el funcionamiento de un regulador de presión cuyas características se mencionan arriba (carga aguas abajo) es función de la carga aguas arriba y del gasto, reporta la ecuación que relaciona éstos parámetros y también el procedimiento para obtener ésta ecuación, concluye que es un valioso auxiliar para disminuir los costos en la inversión inicial y simplifica la operación de sistemas de riego por goteo.

Escobar et Al. Reporta que la división de cualquier equipo de riego a presión en: Unidades, conducción y cabezal proporcionan más capacidad de análisis de alternativas al diseñador. Se define la unidad como todos los emisores que se controlan desde un punto. En una unidad el hecho de fijar una variación en gasto como condición de diseño está definiendo una variación en carga, para goteros de flujo turbulento; esta variación es la pérdida de carga que se permite como máximo en la unidad. Por análisis de alternativas en computadora se encontró que porcentaje de esta variación en carga corresponde a la línea regante para obtener un máximo de emisores en la unidad.

Concluye que en la unidad de riego al variar el valor del gasto medio por emisor el porcentaje de la variación en carga se mantiene fijo; esto es, una vez diseñada la unidad al operarla la variación en gasto se mantiene si aplicamos el gasto q que se aplicamos $2q$ y que el análisis de alternativas por computadora nos permite comparar en un mínimo de tiempo para una unidad diferencias en cuánto a; diámetros comerciales para líneas regantes y distribuidor, gasto por emisor, variación en gasto permitido, tipos de gotero, espaciamiento entre emisores, y entre líneas regantes. Para cargar el máximo número de emisores por unidad de riego y consecuentemente prorratar los costos fijos.

El gasto medio aplicado determina la carga en el gotero más favorecido más la pérdida de presión en la abrazadera o silleta nos proporciona la presión en el origen del distribuidor que generalmente se usa como punto de control para la unidad de riego y se denomina como "punto obligado de la unidad".

Escobar et Al (1979) Reporta un estudio sobre la conducción con una profunda revisión de literatura sobre el tema. La conducción se define como la parte del sistema que sirve para llevar el agua desde la bomba al punto donde se controla la unidad. Para encontrar el costo mínimo en la conducción debemos considerar, primero, la pérdida de carga permisible en la conducción actuando con los diámetros y espesores que comercialmente se manejan en tubería, costo inicial de la bomba y costo de operación de la misma y señala que este problema está resuelto con un programa de análisis de alternativas por computadora aún cuando esta comparación de alternativas define el costo mínimo presupone un tendido de las líneas en campo y una preselección de diámetros reportan una técnica para encontrar el diseño más corto y a partir de ésta el diseño más económico incluyendo costos de excavación, para un arreglo de los factores considerados arri

ba, es decir para una alternativa. Concluyen que el problema de la conducción es poner un gasto en cada punto obligado y que la forma para resolverlo es un método gráfico con comparación de alternativas por computadora. Y que éste método incluía la selección de la bomba.

El agua de riego puede contener sólidos en suspensión, como; arena, basura, algas. Sólidos en solución como; sales, nutrientes, mugre, detergente, etc., los cuales representan el problema a solucionar cuando se selecciona filtros, algunas veces se auxilia esta selección con inhibidores, ácidos u otros agentes físicos o químicos para ayudar a resolver el problema en la filtración, por otra parte reporta que al observar la obstrucción gradual del medio filtrante es una técnica para programar el lavado del medio filtrante concluye que la identificación del problema tiene buena parte de la solución.

Escobar et Al (1977) reporta un estudio de fertilización. Para la selección del fertilizador toma en cuenta si es un programa de fertilización continuo o complementario. Si las fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio son solubles y/o libres de material inerte y define pretratamientos para llevar fuentes comerciales de éstos elementos a esta condición el volumen del fertilizador lo calcula a partir de la superficie bajo riego, concentración de fertilizantes y frecuencia de aplicación. Analiza las alternativas del mecanismo de inversiones con un criterio económico, hidráulico y de facilidad de operación.

En el apéndice se presenta el formulario básico para la interpretación del diseño hidráulico de goteros, líneas regantes, distribuidores y la unidad de riego acompañado de programas de computadora en idioma "basic" para usarse en calculadoras de bolsillo marca Texas Instrument modelo 58 ó 59 para interpretar cuantitativamente el funcionamiento de equipos de riego por goteo. La fig. 1 muestra un esquema del cabezal de control de un sistema de riego por goteo con su correspondiente plano piezométrico que indica la carga en cada punto del sistema así --

como la forma en que se van sucediendo las pérdidas de carga en el sistema; muestra también el efecto de la obstrucción gradual del medio filtrante sobre la presión en la tubería de conducción mediante una línea punteada. La fig. 2 muestra los componentes de una unidad de riego y su plano piezométrico según los resultados de los estudios citados anteriormente, la línea punteada en H_0 indica que el regulador admite una variación grande aguas arriba con una variación pequeña - - aguas abajo.

Se concluye que si se entiende el funcionamiento hidráulico de un sistema de riego por goteo, se sabe que se puede esperar de él para programar la evaluación, conservación e instalación, y que los estudios del funcionamiento hidráulico basados en pruebas de campo y trabajos de investigación, es la base del diseño de sistemas de riego por goteo.

APENDICE

FORMULARIO PARA METODOLOGIA DE DISEÑO

La ecuación para goteros de flujo laminar y de geometría variable (microtubo o espagueti) es :

$$q = K H^X T^Y L^Z \quad (1)$$

El funcionamiento de goteros de flujo laminar y de geometría rígida es descrito por la ecuación :

$$q = K H^X T^Y \quad (2)$$

Para goteros de geometría rígida y flujo turbulento o hidráulicamente controlables, la ecuación es :

$$q = K H^X \quad (3)$$

El cálculo de la carga de operación a la entrada de una línea regante o unidad de riego se hace con la ecuación :

$$H_o = \left[\frac{\bar{q}}{K U^{1/2}} \right]^{1/x} \quad (4)$$

La pérdida de carga permisible para una variación en gasto en una unidad de riego se calcula por :

$$H_p = (1 - U^{1/x}) H_o \quad (5)$$

Esta se comparte en el distribuidor y en la línea regante $H_p = H_l + H_d$ para el cálculo del número de goteros o de líneas regantes a cargar para un determinado diámetro y se calcula por dos métodos que son :

Método de Newton.

$$F(N) = 2N^3 + 3N^2 + N - \frac{6 H_l}{\left(\frac{10.29 C^2 S}{D^{16/3}} + \frac{kg}{2g A^2} \right) \bar{q}^2} = 0 \quad (6)$$

Lo que interesa calcular es N entonces :

$$N = N_0 - \frac{F(N)}{F'(N)}$$

Método por coeficiente de salidas múltiples.

$$N = \left[\frac{H_1}{\left(\frac{10.29 C^2 S}{D^{16/3}} + \frac{kg}{2g A^2} \right) \bar{q}^2 \text{ CSM}} \right]^{1/3} \quad (7)$$

En caso del distribuidor, para obtener Ne sustituir :

$$\begin{aligned} S &= S_1 \\ H_1 &= H_d \end{aligned}$$

Con líneas regantes hacia un solo lado.

$$\bar{q} = (Ne N)$$

Con líneas regantes hacia dos lados.

$$\bar{q} = (2 \bar{q} NeN)$$

Con fines económicos se diseña un distribuidor compuesto y su ecuación es la siguiente :

$$H_d = 10.23 C^2 S \bar{q}^2 \left[\frac{N_1^3 \text{CSM}(N_1)}{D_1^{16/3}} + \frac{(N_1+N_2)^3 \text{CSM}(N_2) - N_1^3 \text{CSM}(N_1)}{D_2^{16/3}} + \frac{(N_1+N_2+N_3)^3 \text{CSM}(N_3) - (N_1+N_2)^3 \text{CSM}(N_2)}{D_3^{16/3}} \right] \quad (8)$$

LISTA DE VARIABLES

- A = área de la tubería (m^2)
 C = coeficiente de fricción de la tubería para la ecuación de Manning.
 CSM = coeficiente de salidas múltiples
 D = diámetro de la tubería
 g = aceleración de la gravedad (m/seg^2)
 H = carga (m)
 H_p = pérdida de carga permisible (m)
 H_d = pérdida de carga permisible en el distribuidor
 H_l = pérdida de carga permisible en la línea regante (m)
 H_o = carga de operación de la unidad de riego (m)
 K = coeficiente de la ecuación del gotero
 k_g = coeficiente de pérdidas de carga localizada
 N_e = número de emisores
 N = número de goteros
 q = gasto (lt/h)
 \bar{q} = gasto medio (lt/h)
 S = espaciamiento entre emisores (m)
 S_l = espaciamiento entre líneas regantes
 T = temperatura ($^{\circ}C$)
 U = uniformidad de la emisión (%)
 x = exponente de la carga de la ecuación del gotero
 y = exponente que indica el efecto de la temperatura
 z = exponente que indica el efecto de la geometría

PROGRAM DESCRIPTION

CALCULO DE LA CARGA DE OPERACION, PERDIDA DE CARGA PERMISIBLE Y
 NUMERO MAXIMO DE EMISORES EN UNA LINEA REGANTE

USER INSTRUCTIONS

STEP	PROCEDURE	ENTER	PRESS	DISPLAY
	Valor del coeficiente de fricción (0.008)	C	STO 02	
	Espaciamiento entre emisores (m)	S	STO 03	
	Diámetro de la tubería (m)	D	STO 04	
	Coefficiente de pérdida localizada por emisor	kg	STO 05	
	Gasto medio del emisor (lph)	\bar{q}	STO 06	
	Coefficiente de salidas múltiples	CSM	STO 07	
	Uniformidad en la emisión (0.9, 0.95, etc.)		STO 09	
	Exponente de la carga en Ec. del gotero	X	STO 10	
	Coefficiente de la ecuación del gotero	K	STO 13	
	Exp. de la temperatura, Ec. del gotero	Y	STO 14	
	Temperatura de diseño (°C)	T	STO 15	
	Para calcular carga de operación Ho(m)		A	
	Para calcular pérdida de carga permisible total	Ht	B	
	Pérdida de carga permisible en la línea regante		STO 01	
	Para calcular el número máximo de emisores		C	

USER DEFINED KEYS	DATA REGISTERS (INV <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>)	LABELS (Op 08)
A	0	0
B	1	1
C	2	2
D	3	3
E	4	4
A'	5	5
B'	6	6
C'	7	7
D'	8	8
E'	9	9
FLAGS	0	1
	2	3
	4	5
	6	7
	8	9



LOC	CODE	KEY	COMMENTS	LOC	CODE	KEY	COMMENTS	LOC	CODE	KEY	COMMENTS
000		LRN		045		RCL		090		2nd π	
001		2nd Lb1		046		11		091		x^2	
002		A		047		=		092		=	
003		(		048		STO		093		RCL	
004		RCL		049		12		094		04	
005		06		050		R/S		095		y^x	
006		\div					Termina	096		4	
007		RCL					Codific.	097		*	
008		13					para el	098		1	
009		\div					cálculo	099		6	
010		RCL					de la	100)	
011		09					pérdida	101		\div	
012		\sqrt{x}					de carga	102		(
013		\div					permisi-	103		RCL	
014		RCL					ble	104		06	
015		15						105		\div	
016		y^x		051		2nd Lb1		106		3	
017		RCL		052		C		107			
018		14		053		(		108		6	
019		)		054		RCL		109		EE	
020		y^x		055		01		110		6	
021		(		056		\div		111		)²	
022		RCL		057		(		112		x^2	
023		10		058		1		113		+	
024		1/x		059		0		114		RCL	
025		)		060		.		115		07	
026		=		061		2		116		)^x	
027		STO		062		9		117		y^x	
028		11		063		*		118		(
029		R/S		064		RCL		119		3	
			Termina	065		02		120		1/x	
			codific.	066		x^2		121)	
			para el	067		*		122		=	
			cálculo	068		RCL		123		STO	
			de carga	069		03		124		08	
			de opera-	070		\div		125		R/S	
			ción	071		RCL				LRN	
				072		04				RST	
				073		y^x					Antes de
				074		(					pedir el -
030		2nd Lb1		075		1					valor de C
031		B		076		6					introduzca
032		(		077		\div					la memoria
033		1		078		3					01
034		-		079)					
035		RCL		080		+					
036		09		081		RCL					
037		y^x		082		05					
038		(		083		\div					
039		RCL		084		1					
040		10		085		9					
041		1/x		086		.					
042		)		087		6					
043		)		088		2					
044		*		089		\div					

MERGED CODES

62	Per	Imp	72	STO	Imp	83	GTO	Imp
63	Ex	Imp	73	RCL	Imp	84	On	Imp
64	Pr	Imp	74	SUM	Pr	92	INV	SBR

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

TITLE _____ PAGE ____ OF ____

PROGRAMMER PROGRAMA No. 2 DATE _____

TI Programmable Program Record



Partitioning (Op 17) Library Module _____ Printer _____ Cards _____

PROGRAM DESCRIPTION

CALCULO DE PERDIDA DE CARGA POR FRICCION EN
UNA LINEA REGANTE

USER INSTRUCTIONS

STEP	PROCEDURE	ENTER	PRESS	DISPLAY
	NUMERO DE EMISORES		STO 08	

USER DEFINED KEYS	DATA REGISTERS (INV)		LABELS (Op 08)
A	0	0	<p>© 1977 Texas Instruments Incorporated</p>

LOC	CODE	KEY	COMMENTS	LOC	CODE	KEY	COMMENTS	LOC	CODE	KEY	COMMENTS
000		LRN		055		*					
001		2nd Lb1		056		RCL					
002		D		057		08					
003		(		058		y ^x					
004		1		059		3					
005		0		060		=					
006		.		061		STO					
007		2		062		01					
008		9		063		R/S					
009		*				Lrn					
010		RCL				RST					
011		02 ₂									
012		X ²									
013		*									
014		RCL									
015		03									
016		÷									
017		RCL									
018		04									
019		y ^x									
020		(
021		1									
022		6									
023		÷									
024		3									
025)									
026		+									
027		RCL									
028		05									
029		+									
030		1									
031		2									
032		.									
033		1									
034		÷									
035		RCL									
036		04									
037		y ^x									
038		4									
039)									
040		*									
041		(
042		RCL									
043		06									
044		÷									
045		3									
046		.									
047		6									
048		EE									
049		6									
050		)₂									
051		X ²									
052		*									
053		RCL									
054		07									

MERGED CODES

62			72			83		
63			73			84		
64			74			92		

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED



PROGRAM DESCRIPTION

CALCULO DEL TAMAÑO MAXIMO DE UNIDAD PARA
UNA DETERMINADA COMBINACION DE DIAMETROS
DE LINEA REGANTE Y DISTRIBUIDOR

USER INSTRUCTIONS

STEP	PROCEDURE	ENTER	PRESS	DISPLAY
	Pérdida de carga permisible (m)	Hp	STO 03	
	Factor fricción	C	STO 04	
	Espaciamiento entre emisores (m)	S	STO 05	
	Diámetro de la línea regante (m)	D 1	STO 06	
	Coef. de perd. local por emisor	Kg 1	STO 07	
	Constante	12.1	STO 08	
	Gasto del emisor (Lt/h)	q 1	STO 09	
	Coef. de salidas mult. (líneas regantes)	CSM 1	STO 10	
	Coef. de salidas mult. (distribuidor)	CSM 2	STO 21	
	Espaciamiento entre líneas regantes (m)	SI	STO 13	
	Diámetro del distribuidor (m)	D 2	STO 14	
	Coef. de perd. local por línea regante	Kg 2	STO 15	
	Inicio de Calculo		A	
	Término de Calculo			1.05
	Valor del Número máximo de Emisores		RC1 18	
	Número máximo de líneas regantes		RC1 19	
	Porcentaje de pérdida de carga en la línea regante		RC1 20	

USER DEFINED KEYS		DATA REGISTERS (INV) (G)					LABELS (Op 08)					
A		0					INV	Inx	CE	CLR	x ²	x ²
B		1					√x	1/x	STO	RCL	SUM	y ^x
C		2					EE	()	+	GTO	X	
D		3					SBR	-	RST	+	R/S	.
E		4					+/-	=	CLR	INV	log	OP
A'		5					On	Per	P-R	On	Fix	CMs
B'		6					Exp	Pr	1/x	Eng	Fix	Fix
C'		7					On	Pr	x+1	Mod	On	Reg
D'		8					Exp	x+1	x+	Exp	Sting	
E'		9					On	On	On	List	Write	On
FLAGS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

TITLE _____ PAGE _____ OF _____

TI Programmable
Coding Form



PROGRAMMER _____ DATE _____

LOC	CODE	KEY	COMMENTS	LOC	CODE	KEY	COMMENTS	LOC	CODE	KEY	COMMENTS
160		(
161		3									
162		1/x									
163)									
164		=									
165		STO									
166		16									
167		*									
168		RCL									
169		11									
170		*									
171		2									
172		=									
173		STO									
174		17									
175		X → t									
176		RCL									
177		02									
178		2ndX → t									
179		A									
180		RCL									
181		11									
182		STO									
183		18									
184		RCL									
185		16									
186		STO									
187		19									
188		RCL									
189		17									
190		STO									
191		02									
192		RCL									
193		01									
194		STO									
195		20									
196		GTO									
197		A									
198		2ndLb									
199		B									
200		R/S									
		LRN									
		RSI									

MERGED CODES

62	Pgm	Ind	72	STO	Ind	83	GTO	Ind
63	Ex	Ind	73	RCL	Ind	84	0s	Ind
64	R/S	Ind	74	SUM	Ind	92	INV	SBR

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

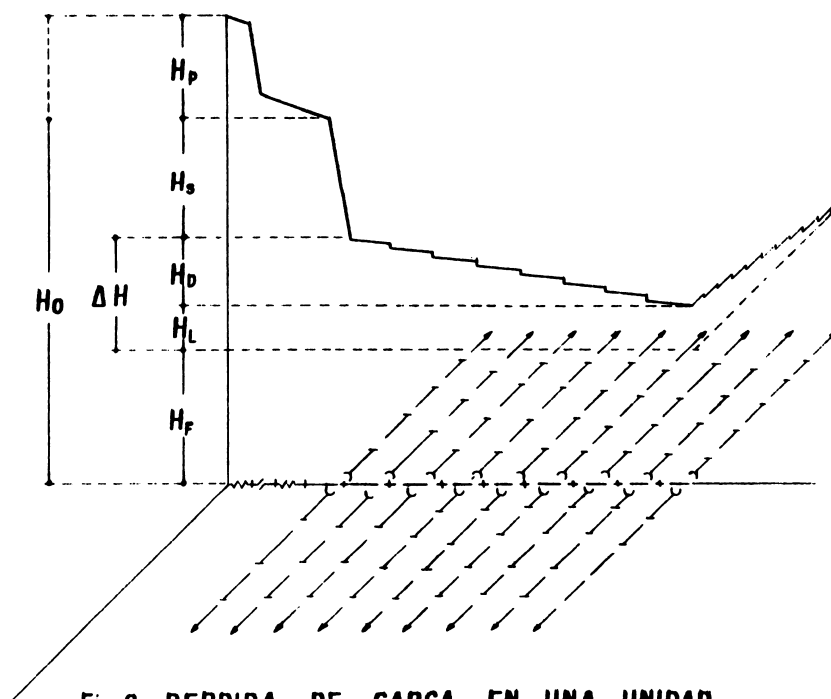
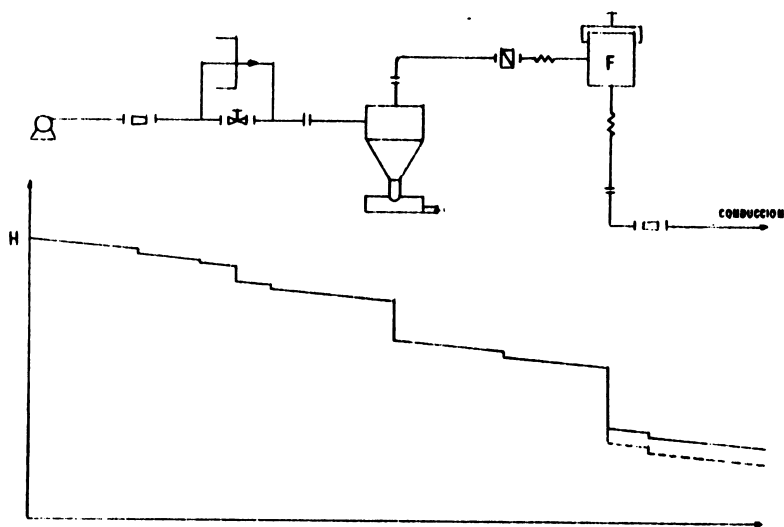


Fig 2 PERDIDA DE CARGA EN UNA UNIDAD DE RIEGO POR GOTEO

- 1.- AZEVEDO, J.M. De y, ALVAREZ G., 1976, Manual de Hidráulica trad. de la 6a. Ed. en Portugues por Guillermo Acosta A. 6a. edición, México, Haria 578 P.
- 2.- BADGER, W.L., and BANCHERO. L.TI 1970, Introducción a la Ing. Química, trad. de la 1a. ed. en inglés por Ricardo Arriero 1a. edición, México, Olimpia-- 763 P.
- 3.- Baruj- Isajar, 1970, El Riego por aspersion (fundamentos) Israel, Servicio de campaña (agua-suelo) 81 P.
- 4.- BLACK F.J.D., 1970 Riego de Flujo Diario, traducción por Ing. Juan Fco. -- Pedrveza, Secretaría de Recursos Hidráulicos, México, 1970. No publicada.
- 5.- BONNAL C. 1976, Manual de Riego Colectivo por Aspersion:Francia. Organi-- zación de cooperación de desarrollo económico. 120 P.
- 6.- BROWER, C.A., and Ogata G,J.M. 1974 influencia de la fracción de lavado--- y de la precipitación o disolución de carbonato de calcio en el riesgo de do sificación de las aguas de riego, Soil-Science, Vol. 6 No 1.
- 7.- CHRISTIANSEN, J. E. 1942. Irrigation By Sprinckling, reported at Utah State University, Logan, Utah 123 P. (bulletin 670).
- 8.- Centre Techinque Dv Genie rural des eaux et des forets 1976 arrosurs anti--- gel. France, Groupment D'aixen provence, Division Irrigation le Tholonet- - 73 P. (bulletin D'essais de materiel No 9.).

- 9.- CUEVAS, R.B. 1975, Análisis y diseño de sistemas de Riego por Aspersión Tesis M.C. Chapingo México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, Chapingo México. 111 P.
- 10.- ESPINOZA. G.A. 1970. Riego por Goteo sus Avances y Limitaciones, Tesis-- Ing. Agr. Sinaloa, México Escuela Superior de Agricultura, Universidad-- Autónoma de Sinaloa 40 P.
- 11.- GARCIA L.F. 1974. Riego por Goteo, Su fundamento elementos y dispositivos que integran el sistema problemas y respectivas de su aplicación-España Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Obras Hidráulicas-- Centro de Estudios Hidrográficos 65 P.
- 12.- GILAAD, KRYSTAL AND ZANKER. 1974 Hyraulics and mechanicals Properties of-- Drippers. Proceedings, Second. International Drip Irrigation Congress,- - San Diego California 311-316 P.
- 13.- GOLDBERG, S.D. and SHMAELI M. 1973 El Riego por Goteo, un Método que puede-- usarse en condiciones desérticas y áridas con agua y suelos de elevada salinidad, Israel, Centro Regional de ayuda Técnica 8 P.
- 14.- GOLDBERG, S.D.; RINOT M.; and KARU N. 1974 Efecto de los intérvalos de Riego por Goteo sobre la distribución y utilización de la humedad del suelo en un-- viñedo, Israel, Centro Regional de ayuda Técnica 8 P.

- 15.- GRAN VILLE, W.A.; SMITH P.F; and LONGLEY, W.R. 1963, Calculo Diferencial e integral trad. de la 1a. ed. en inglés por Steven T Byngton; 2a. ed. México, Uteha 677 P.
- 16.- GROBBELAAR, H.L. and Laurents F. 1974, Fertilizer applications with drip-irrigation, proceedings second international, drip irrigation congress, San Diego California 411 - 421 P.
- 17.- HOWELL, T. and HILER, E. 1974. Designing trickle irrigation laterals for uniformity proceedings, Second international drip irrigation congress, San Diego California. 299 -304 P.
- 18.- KARMELI, D. 1974. Advances in irrigation engineering. USA 63 P.
- 19.- KARMELI D. and KELLER, J. 1974. Evaluation of a trickle irrigation systems proceedings, second international, Drip irrigation congress, San Diego, California 287-292 P.
- 20.- KELLER, J. and KARMELI. D. 1974. Trickle irrigation design, Glendora 91740, USA Rain - Brid Sprinkler corporation.
- 21.- KENWORTHY, A.L. and KESNER, CH 1974 trickle irrigation in Michigan, Orchards: Controlling rate of flow regulating valves and micortubes proceedings second-international dip irrigation congress san Diego California, U.S.A.
- 22.- KING, H.W. and BRATER, E.F. 1962, Manual de hidráulica, trad. de la 4a ed.-- en inglés por Rafael García D. 1a. ed. México Uteha 536 P.

- 23.- KLEIN, H. 1975. Rex-Netafin, Sistema de Riego por Goteo, México. Plásticos Rex. S.A. 38 P.
- 24.- KREYSING. E. 1973 Matemáticas avanzadas para Ingeniería, Trad. de la 3a. ed. en inglés por Hernan Pérez Castellanos, 4a. ed. México Limusa 415 P.
- 25.- LEAL, D.J. 1975 Fertilización de cultivos a través de sistemas de Riego por Goteo México. Secretaría de Recursos Hidráulicos 5-16 P. Tomo II.
- 26.- LUZ E. 1976. Pláticas sobre generalidades de Riego por Goteo. Ineditas.- - Tel Aviv Israel.
- 27.- Mc CARACKEN, D. and DORN, W. 1974. Métodos numéricos y programación fortran trad. de la 2a ed. en inglés por Jose A. Nieto Ramírez 7a ed. México Limusa- 293 P.
- 28.- PAI. E.I. and GITTLIN, H. 1974, design charts for drip irrigation systems- - proceedings second international. Drip congress. San Diego California 305-310 P.
- 29.- PELLEG. D., LAHAV, N., and GOLDBERG, D. 1974. Formation of blockages in- - drip irrigation systems : Their prevention and removal proceedings, second international drip. Irrigation congress; San Diego California 203-208 P.
- 30.- PEÑA, P.E. 1971. Diseño hidráulico del proyecto de Riego por Goteo "YAHUALICA", Memorándum técnico No 293, Secretaría de Recursos Hidráulicos México D.F. México.
- 31.- PEÑA P.E. 1975. Comportamiento de diferentes goteros con cargas hidráulicas distintas, memorias del 1er Seminario Nacional sobre Riego por Goteo Hermosillo, Sonora México.

- 32.- PEÑA.,ESCOBAR, y MORENO, 1977, Estudio defuncionamiento hidr--
dráulico de Goteros 2o Seminario Latinoamericano sobre Riego--
por Goteo. S.A.R.H. México, II.C.A. Buenos Aires, O.E.A.
- 33.- PERI G. 1974 Control Elements. in pressurited irrigation Net--
works U.S.A. 83 P.
- 34.- ROBERTS, H.G. 1973, Hydraulics of trickle irrigation emitter li--
nes thesis of degree master of science Utah state University Lo--
gan, Utah, U.S.A. (X-17).
- 35.- RODRIGUEZ R. 1969, Algunos aspectos prácticos sobre el riego--
por aspersión México, ames-Tinsa, S.A. 8 P.
- 36.- ROSALES J.J. R. 1972, El riego por goteo del maíz en el Delta--
del río Yaqui, Son. Memorándum técnico No 308, Secretaría de Re--
cursos Hidráulicos, México D. F. (35-36).
- 37.- ROUSE H. 1960, Hidráulica, Mecánica elemental de fluidos, trad.
de la 1a edición en inglés por Alfredo Somelas A. 10a Edición--
España Dossat, S. A. 337 P.
- 38.- RUSSEL, GEORGE E. 1976, Hidráulica, trad. de la 1a. edición en
inglés por Guillermo A. Fernández 6a Ed. México, C.E.C.S.A. 270
P.
- 39.- STREETER V. 1971, Mecánica de Fluidos, trad. de la 4a Ed. en in--
glés por Emilio Romero y Jaime Monera, 1a. ed. México. Mc. Graw--
Hill 729 P.

- 40.- TORRES L. 1972, Análisis Hidráulico en una tubería con salidas-
Multiples y su aplicación en un Sistema de Riego por Goteo. Te-
sis Ing. Agr. Chapingo, México Escuela Nacional de Agricultura.
Colegio de Postgraduados 191 P.
- 41.- VALENZUELA R.T. 1971. Principios básicos del Riego por Goteo,-
Memorándum técnico No 296 Secretaria de Recursos Hidráulicos.--
México, D.F.
- 42.- ZAZUETA, R.F. 1977, Uso de computadoras en el diseño hidráuli-
co de sistemas de riego por goteo 2o Seminario Latinoamericano-
sobre riego por goteo, SARH, IICA, OEA, Buenos Aires, Argentina
Anexo 8.
- 43.- PEÑA, ESCOBAR, EFREN, JAQUEZ y MORENO. 1978. Funcionamiento- -
hidráulico, diseño y evaluación de sistemas de riego por goteo,
Boletín No 4 del Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego-
CENAMAR; de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos
SARH, Representación en la REgión Lagunera Cpah. y Dgo. México.

DOCUMENTO TECNICO 11

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE GOTEJADORES

Por: Eng^o Carlos Alberto da Silva Oliveira (*)
Eng^o Salassier Bernardo (*)
Eng^o Paulo Afonso Ferreira (*)

(*) Pesquisadores da EMBRAPA, Professor Titular e Professor Adjunto da Universidade Federal de Viçosa.

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE GOTEJADORES *

Carlos Alberto da Silva Oliveira
Salassier Bernardo
Paulo Afonso Ferreira **

1. INTRODUÇÃO

Em decorrência do rápido e crescente interesse pelo uso da irrigação por gotejamento e da escassez de dados sobre este tema em nosso País, tem surgido diversas dúvidas, desde a escolha do tipo de gotejador a ser empregado até a elaboração de um projeto hidráulico do sistema ou rede de gotejamento.

Quanto à vazão e pressão na sua entrada, os gotejadores podem ser classificados em três tipos, a saber: - de vazão variável sob pressão constante; - de vazão "constante" sob pressão variável; - de vazão "constante" sob pressão constante. Os gotejadores do primeiro grupo podem ser ajustados para diversas vazões sob uma mesma pressão, ao passo que os do segundo tipo fornecem uma única vazão dentro de certa amplitude de variação de pressão. Os gotejadores de vazão "constante" sob pressão constante emitem uma única vazão para cada pressão a que foram submetidos e são bastante sensíveis à variação de pressão.

Introduzidos na linha lateral, os gotejadores dissipam a energiada água de forma que emitam gotas ou um filete contínuo próximo da planta a ser irrigada. A sua inserção na linha lateral pode ser feita "sobre linha" ou "na linha" (entre duas seções de tubo), com espaçamento uniforme ou não.

* Trabalho baseado na tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor como parte das exigências para obtenção do grau de "Magister Scientiae" em Engenharia Agrícola.

** Respectivamente, Pesquisador da EMBRAPA, Professor Titular e Professor adjunto da Universidade Federal de Viçosa.

A relação entre vazão e pressão na entrada do gotejador, a perda de carga localizada com a sua inserção no tubo e o tamanho e a forma da passagem de água nele existente constituem características hidráulicas dos gotejadores. Tais características segundo GILAAD, KRISTAL e ZANKER (1), são influenciadas pelo material de constituição, pelo processo de fabricação e pelo método de instalação do gotejador na linha lateral, devendo estar sempre disponíveis aos projetistas e aos usuários deste tipo de irrigação.

HANSON (2) estudando oito tipos diferentes de gotejadores, discutiu as principais diferenças entre suas características hidráulicas fazendo recomendações quanto à sua seleção e quanto ao cálculo de linhas laterais.

Este trabalho teve como objetivo estudar as características hidráulicas dos seguintes tipos de gotejadores de fluxo "constante" sob pressão constante: Dangotas, Irriga e Microtubo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudados no Laboratório de Hidráulica da UFV três tipos de gotejadores, encontrados no comércio nacional com os seguintes nomes: Dangotas, Irriga e Microtubo.

O gotejador Dangotas é oferecido com extremidades que servem para conexão em tubos de polietileno com diâmetro nominal de 12,5 ou de 16 mm. O tipo de gotejador estudado apresenta uma vazão nominal de 4 litros por hora, a uma pressão de serviço de 10 m.c.a., e adapta-se a tubos de 16 mm. Seu encaixe na linha lateral é do tipo "em linha".

O gotejador Irriga é fabricado com polipropileno e tem dimensões aproximadas de 5 cm de comprimento por 3 cm de diâmetro, liberando água para o solo através de quatro saídas. A cada uma delas adapta-se um microtubo com diâmetro nominal de 3 mm, de comprimento variável, de modo que a água é liberada em quatro pontos distintos. Inseridos "sobre linha" em tubos com diâmetro nominal de 9,5 mm (3/8") e submetidos a uma pressão de 10 m.c.a. fornecem uma vazão de 13 litros por hora, ou seja, 3,25 litros por hora em cada saída.

O gotejador microtubo estudado apresentou um diâmetro interno de 1,26 mm sendo fabricado pela "Cipla" e encaixado "sobre linha" no tubo de polietileno. Seu comprimento foi dimensionado por meio da equação proposta por KENWORTHY e KESNER (4) adaptando-se o sistema de unidades como se segue:

$$\log TL = 1,82708 + (1,06 \log H) + (4,7479 \log DM) + 7,66 (\log DM)^2 - (1,20658 \log q) - 0,15 (\log q)^2 \quad \text{eq. (1)}$$

sendo TL = comprimento do Microtubo, cm, H = pressão na entrada do gotejador, m.c.a., DM = diâmetro interno do Microtubo, mm, q = vazão do gotejador, l/hora.

Por meio da equação 1 foram determinados dois comprimentos de Microtubo, de modo que se obtivessem uma vazão de 8,076 litros/hora, à pressão de 5,17 m.c.a. e uma vazão de 8,063 litros/hora, à pressão de 9,30 m.c.a. Estes comprimentos foram comparados com os obtidos pela equação de Darcy-Weisbach proposta por KARMELI e KELLER (3), na seguinte forma:

$$TL = \frac{H \times DM^5 \times \eta^2 \times g}{617 \times f \times q^2} \quad \text{eq. (2)}$$

sendo g = aceleração da gravidade e f = fator de atrito; adimensional.

Suprimento de água. Em todos os testes utilizou-se água proveniente da estação de tratamento de água da Universidade Federal de Viçosa.

Cada gotejador foi testado sob uma pressão constante visando a observar a variação de vazão entre um mesmo tipo de gotejador, decorrente do seu processo de fabricação. Com os gotejadores Dangotas e Irriga, trabalhou-se com amostras constituídas de 40 unidades, e com os dois comprimentos de Microtubo, trabalho-se com amostras constituídas de 30 unidades. A temperatura da água durante o teste variou de 20 a 30°C. Utilizando-se a temperatura constante de 25°C apenas para o microtubo de 83 cm de comprimento. Foi mantida a carga constante de 10,33 m.c.a de Hg para os gotejadores Dangotas e Irriga e as cargas constantes de 5,17 e 9,30 m.c.a. para os Microtubos de 83 e 155cm de comprimento, respectivamente.

Para se determinar a equação característica de Descarga - Pressão dos gotejadores Dangotas e Irriga, cada gotejador foi submetido às pressões de

1,03, 3,10, 5,17, 7,23, 9,30, 11,36 e 13,43 m.c.a, anotando-se as respectivas vazões. Trabalhou-se com amostras constituídas de dez unidades de cada tipo. Procedeu-se a análise de regressão com as pressões aplicadas e as vazões médias observadas, estabelecendo-se uma função de fluxo para cada tipo de gotejador estudado. Transformando-se a equação logarítmica ajustada, obteve-se uma equação do tipo

$$q = b H^a \quad \text{eq. (3)}$$

onde q = vazão do gotejador, l/hora, H = pressão na entrada do gotejador, m.c.a., a = expoente caracterizado pelo regime de fluxo ou pela declividade da reta em papel log-log e b = coeficiente de vazão do gotejador ou vazão do gotejador a pressão de 1 m.c.a.

A perda de carga localizada no gotejador foi obtida experimentalmente, segundo metodologia desenvolvida por OLIVEIRA (5), por meio da expressão

$$H_{fg} = (H_{ftg} - H_{ft})/10 \quad \text{eq. (4)}$$

sendo H_{fg} = perda de carga localizada no gotejador, m.c.a., H_{ftg} e H_{ft} = perda de carga no tubo com gotejadores vedados e perda de carga no tubo, respectivamente, m.c.a.

O coeficiente de perda de carga localizada foi obtido pela equação

$$K_g = \frac{\Delta H_f \times A^2 \times 2g}{Q^2 \times 10} \quad \text{eq. (5)}$$

sendo K_g = coeficiente de perda de carga localizada, adimensional, $\Delta H_f = H_{ftg} - H_{ft}$, m.c.a., A = área da seção transversal do tubo, m^2 , g = aceleração da gravidade, m/s^2 e Q = vazão, m^3/s .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Encontraram-se os seguintes coeficientes de correlação entre vazão do gotejador e temperatura da água: 83,7, 90,6, -17,6 e 34,8%, respectiva-

mente, com os Microtubos de 83 e 155 cm de comprimento e os gotejadores Dangotas e Irriga. O teste F foi significativo ao nível de 1% de probabilidade apenas para o microtubo, o que nos indica ser a vazão deste, sensivelmente afetada pela temperatura da água, fato este que está de acordo com PARCHOMCHUOK (6). Uma vez que condições de campo normalmente se verifica temperaturas mais baixas no início da linha lateral, em relação ao seu final, este efeito poderá reduzir a variação de vazão que ocorre ao longo do seu comprimento de corrente das maiores pressões no seu início.

O resultado dos testes efetuados com cada gotejador sob uma pressão constante podem ser vistos no quadro 1.

QUADRO 1. Vazão média (\bar{q}), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (C.V.) para cada tipo de gotejador, obtidos com uma carga hidráulica constante.

Tipo de Gotejador	Carga Hidráulica (m.c.a.)	\bar{q} (l/hora)	s	C.V. (%)
Dangotas	10,33	4,50	$\pm 0,23$	5,07
Irriga	10,33	13,79	$\pm 1,12$	8,13
Mic. (83cm) a 25°C	5,17	7,94	$\pm 0,14$	1,80
Mic. (83 cm)	5,17	7,91	$\pm 0,27$	3,51
Mic. (155 cm)	9,30	7,40	$\pm 0,32$	4,32

Este teste permitiu ainda a eliminação de 7 gotejadores Dangotas, por apresentarem dados muito discrepantes ($\bar{q} = 8,77$, $s = \pm 3,13$ e C.V. = 35,72%). Todos estes gotejadores eliminados apresentaram o número cinco no ponto de inserção com o tubo de polietileno anexo à saída de água. Testando-se o gotejador Irriga com apenas uma e duas saídas abertas, a vazão média (\bar{q}) caiu ligeiramente, tomando os valores 11,81 e 13,30 litros por hora, respectivamente.

A variação na vazão observada com os gotejadores Dangotas, Irriga e Microtubo de 83 cm testado a 25°C, deve ter ocorrido em razão das diferenças entre gotejadores, decorrentes do seu processo de fabricação. De acordo com HANSON (2), essa fonte de variação é a principal causa da desuniformidade

de vazão que ocorre nos gotejadores numa linha lateral. Assim sendo, o microtubo estudado tem a vantagem de permitir uma menor variação de vazão na linha lateral se for utilizado com uma mesma temperatura no início e final da linha, condição esta só alcançada quando se irriga à noite.

No cálculo do comprimento de microtubo TL, pelas equações 1 e 2 foram encontrados, respectivamente, os valores de TL = 83,0 e 85,7 cm, para $q = 8,076$ l/hora, H = 5,17 m.c.a. e DM = 1,26 mm, e os valores de TL = 155 e 152,1 cm para $q = 8,063$ l/hora, H = 9,30 m.c.a. e DM = 1,26mm. Essas diferenças observadas nos resultados obtidos pelas duas equações podem ser devidas ao fato de a equação de Kenworthy e Kesner não levar em consideração o efeito de temperatura sobre a vazão no microtubo, em contraste com a equação de Darcy-Weisbach. Sendo essas diferenças aproximadamente iguais a 3 cm, para fins práticos de irrigação por gotejamento o comprimento do microtubo pode ser determinado por qualquer uma das duas equações.

Encontraram-se as seguintes equações características de descarga-pressão para os gotejadores Dangotas e Irriga, respectivamente:

$$q = 1,329 H^{0,513} \quad \text{eq. (6)}$$

$$q = 2,271 H^{0,707} \quad \text{eq. (7)}$$

As equações 6 e 7 foram obtidas com r^2 iguais a 0,9996 e 0,9911, respectivamente, sendo o teste de F significativo ao nível de 1% de probabilidade (Fig. 1). Assumindo a pressão de 10,33 m.c.a. nas equações 6 e 7 encontraram-se as vazões $q = 4,40$ e $q = 11,33$ l/hora, constatando-se que o gotejador Irriga diferiu de 2,46 l/hora da vazão média $\bar{q} = 13,79$ l/hora. Excluindo-se a hipótese de entupimento neste tipo de gotejador, muito provavelmente, deve ter ocorrido a formação de bolhas de ar no seu interior, diminuindo a seção de fluxo de água e diminuindo a vazão.

Para o Microtubo deduziu-se uma função de fluxo, a partir da equação 1 chegando-se a seguintes expressão:

$$q = 10 \left(\frac{1,20658 - (1,45584 + 0,6 K)^{0,5}}{-0,30} \right) \quad \text{eq. (8)}$$

sendo $K = 1,82708 + (1,06 \log H) + (4,74779 \log DM) + 7,66 (\log DM)^2 - \log TL$.

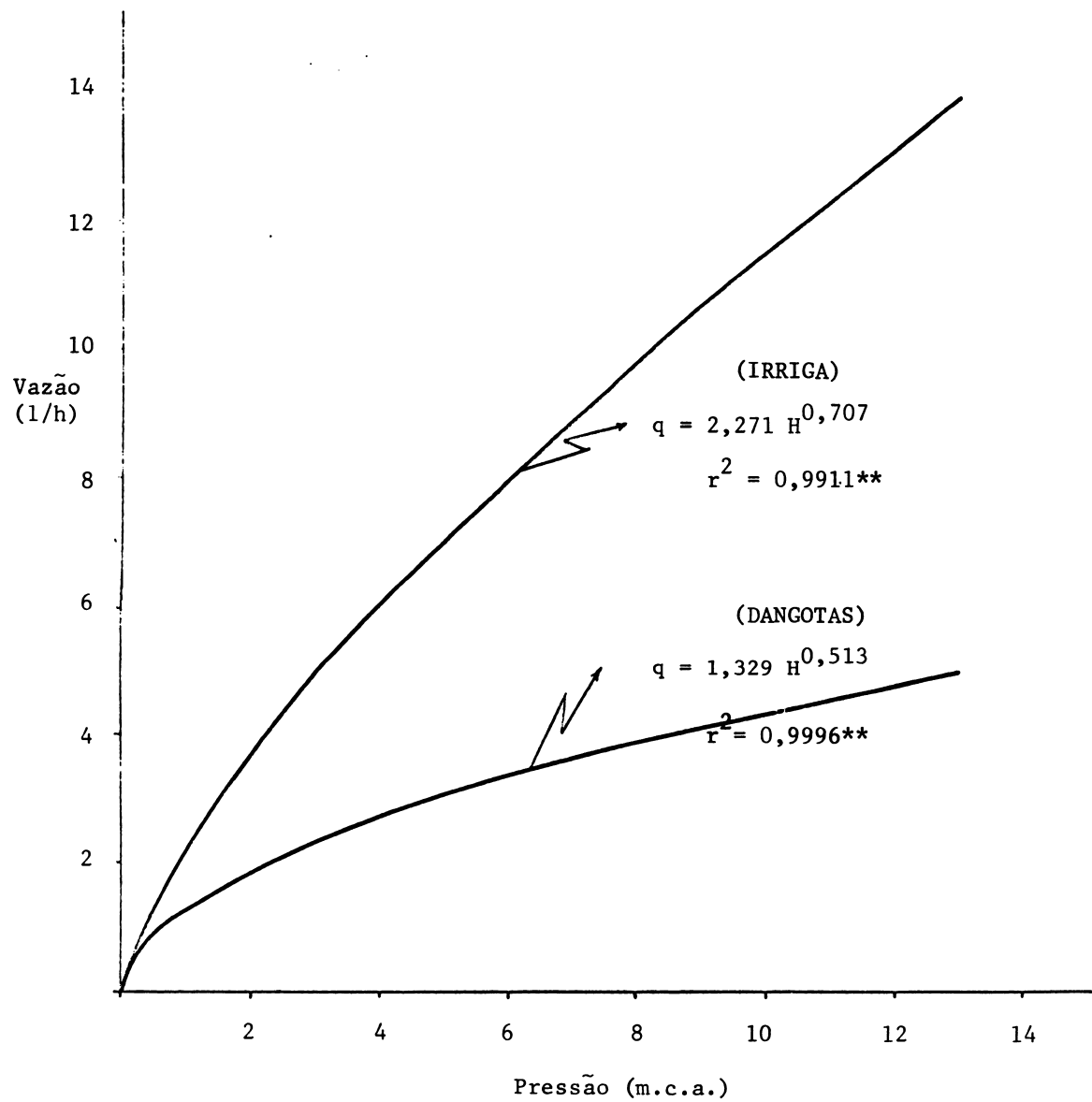


FIGURA 1 - Equações características de descarga-pressão dos gotejadores Dangotas e Irriga.

Apesar do valor da perda de carga localizada poder ser obtido por meio da equação 4, preferiu-se colocar este cálculo na sua forma mais comumente empregada. Assim sendo, foram determinados através da equação 5 os valores do coeficiente de perda de carga localizada K_g (Quadro 2) com os quais ajustou-se as curvas observadas na figura 2.

QUADRO 2. Valores dos coeficientes de perda de carga localizada K_g , obtidos por meio da equação 5 para os gotejadores Irriga, Dangotas e Microtubo, usando-se as vazões (Q) e diâmetro interno (D), nas linhas de teste I, II e III, respectivamente.

Linha I D = 12,7mm		Linha II D = 14,4mm		Linha III D = 14,8mm	
Q (m ³ /s)	K_g	Q (m ³ /s)	K_g	Q (m ³ /s)	K_g
$4,61 \cdot 10^{-5}$	0,684	$4,65 \cdot 10^{-5}$	2,092	$5,04 \cdot 10^{-5}$	0,115
$6,64 \cdot 10^{-5}$	0,652	$5,96 \cdot 10^{-5}$	2,043	$6,51 \cdot 10^{-5}$	0,094
$7,78 \cdot 10^{-5}$	0,638	$7,57 \cdot 10^{-5}$	1,995	$8,88 \cdot 10^{-5}$	0,070
$9,48 \cdot 10^{-5}$	0,622	$9,07 \cdot 10^{-5}$	1,958	$1,03 \cdot 10^{-4}$	0,060
$1,12 \cdot 10^{-4}$	0,608	$1,05 \cdot 10^{-4}$	1,927	$1,16 \cdot 10^{-4}$	0,053
$1,25 \cdot 10^{-4}$	0,599	$1,20 \cdot 10^{-4}$	1,899	$1,31 \cdot 10^{-4}$	0,045
$1,41 \cdot 10^{-4}$	0,590	$1,36 \cdot 10^{-4}$	1,872	$1,46 \cdot 10^{-4}$	0,039
$1,61 \cdot 10^{-4}$	0,579	$1,59 \cdot 10^{-4}$	1,838	$1,66 \cdot 10^{-4}$	0,032
$1,65 \cdot 10^{-4}$	0,577	$1,85 \cdot 10^{-4}$	1,805	$1,96 \cdot 10^{-4}$	0,024
-	-	$2,05 \cdot 10^{-4}$	1,784	$2,38 \cdot 10^{-4}$	0,015

Decorrente dos maiores valores de K_g obtidos com o gotejador Dangotas, pode-se inferir que para uma mesma vazão na linha lateral, este gotejador apresentará maior perda de carga localizada em relação aos outros dois gotejadores.

4. RESUMO

Foram estudados no Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Viçosa a variação na vazão de gotejadores, causada pelas diferenças em

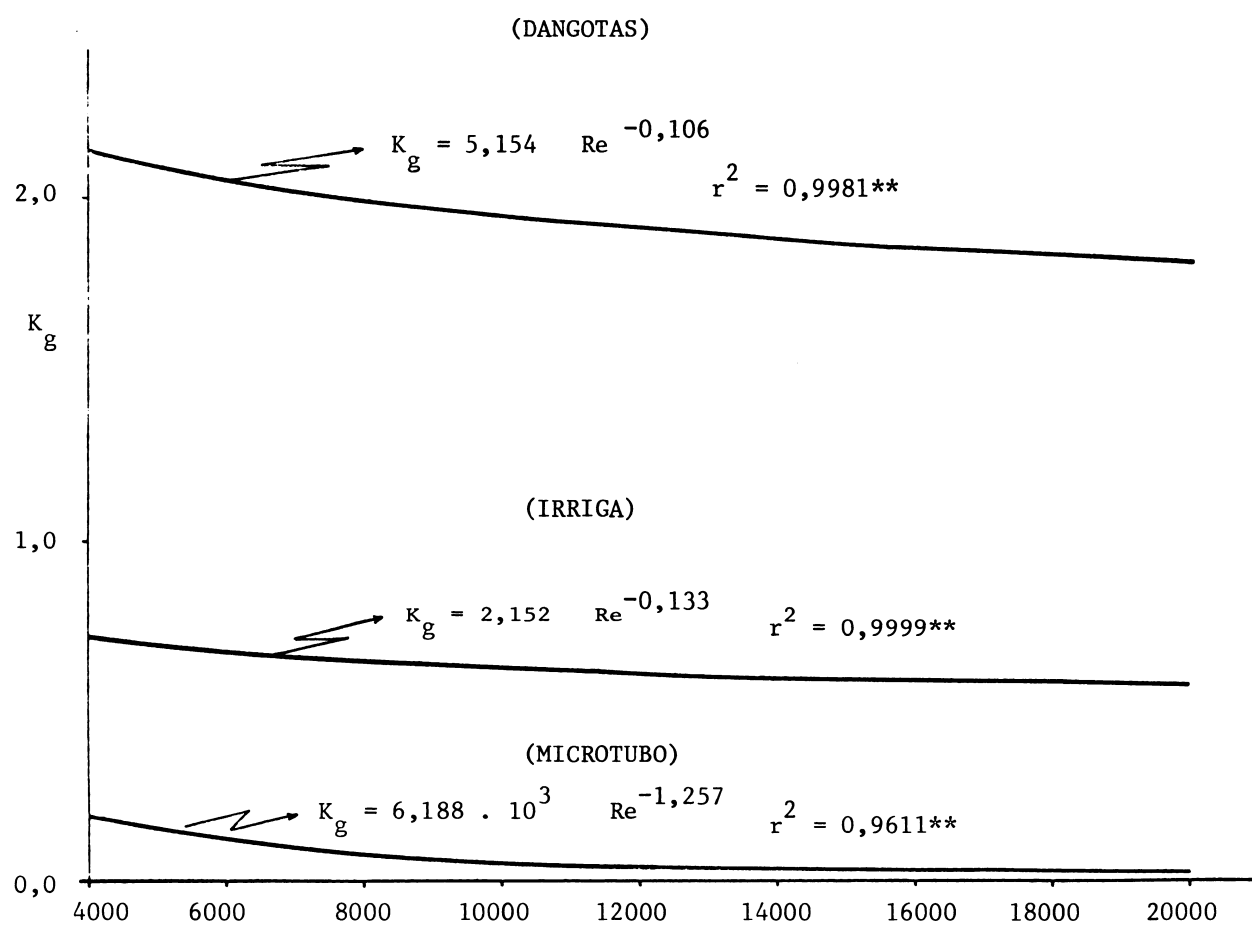


FIGURA 2 - Equações que fornecem o valor do coeficiente de perda de carga localizada (K_g) em função do número de Reynolds (Re), para os gotejadores Dangotas, Irriga e Microtubo.

tre eles e decorrentes do seu processo de fabricação, as equações características de descarga-pressão e a perda de carga localizada nos gotejadores Dangotas, Irriga e Microtubo. Verificou-se que a temperatura da água não influenciou na vazão dos gotejadores Dangotas e Irriga, mas altera a vazão no Microtubo, que o cálculo do comprimento do Microtubo a ser adotado numa linha lateral pode ser feito pelas equações de Darcy-Weisbach e de Kenworthy e Kesner; e que a maior e a menor variação na vazão dos gotejadores, decorrentes do processo de fabricação, ocorreram com os gotejadores Irriga e Microtubo, respectivamente.

5. SUMMARY

Three types of drippers were studied to determine their performance under laboratory conditions. The resistance of the water flow in the pipe was determined at the place of insertion of the dripper. Relationship between flow rate and pressure at dripper inlet was also found, water temperature did not change the water flow of two types of drippers however higher temperatures gave higher water flow when Microtubes were used as drippers. Two equations were compared to determine the length of microtube.

6. LITERATURA CITADA

1. GILAD, Y.; KRISTAL, L. & ZANKER, K. Hydraulic and mechanical properties of drippers. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2., Riverside, 1974. Proceedings. p.311-136.
2. HANSON, Grant Robert. Hydraulics of trickle irrigation emitterlines. Logan, Utah State University, 1973. 94p. (Tese M.S.).
3. KARMELI, D. & KELLER, J. Trickle Irrigation Design. California, Rain Bird Sprinkler Mfg. Crop. 1975. 133p.
4. KENWORTHY, A.L. & KESNER, C. Trickle irrigation in Michigan orchards: controlling rate of flow regulating valves and microtubes. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2., Riverside, 1974. Proceedings. p.275-280.

5. OLIVEIRA, C.A.S. Hidráulica de gotejadores e de linhas laterais para irrigação por gotejamento. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1978. 72p. (Tese M.S.).
6. PARCHOMCHUCK, P. Temperature effects on emitter discharge rates. Transactions of the ASAE, Michigan, 19(4):690-692, 1976.

DOCUMENTO TECNICO 12

DIMENSIONAMENTO DE LINHAS LATERAIS PARA
IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Por: Eng^o Carlos A. da Silva Oliveira (*)
Eng^o Salassier Bernardo (*)
Eng^o Manoel Viera (*)

(*) Pesquisadores da EMBRAPA, Professor Titular e Professor Assistente da Universidade Federal de Viçosa.

Carlos Alberto da Silva Oliveira

Salassier Bernardo

Manoel Vieira **

1. INTRODUÇÃO

O método de irrigação por gotejamento apresentou um grande desenvolvimento, neste decênio, em diversas partes do mundo. No Brasil, esta modalidade de irrigação foi introduzida, efetivamente a partir de 1975.

A distribuição de pressão numa linha lateral ou linha de gotejadores é influenciada pelo ganho ou pela perda de energia potencial de posição, decorrentes das mudanças de altitude do terreno na direção da linha, e pela perda de energia da água, por atrito ao longo do tubo e nas inserções dos gotejadores.

Com a ocorrência de regimes de fluxo laminar, instável e turbulento numa linha lateral, a determinação da perda de carga linear implica maiores considerações. Várias equações que permitem efetuar este cálculo estão disponíveis na literatura especializada. Entretanto, as equações de Hazen-Willians e Darcy-Weisbach vêm sendo aplicadas com maior frequência.

A equação de Hazen-Willians é utilizada com maior segurança a partir de números de Reynolds maiores que 4.000. Alguns autores (2,4), estendem a sua aplicação às linhas laterais a partir de número de Reynolds igual a 2.000. Tal consideração pode ser feita sem acarretar erro conside

* Trabalho baseado na tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como parte das exigências para obtenção do grau de "Magister Scientiae" em Engenharia Agrícola.

** Respectivamente, Pesquisador da EMBRAPA, Professor Titular e Professor Assistente da Universidade Federal de Viçosa.

rável, porque o trecho em que ocorre o regime instável é relativamente pequeno.

Diferentes valores do coeficiente de rugosidade C da equação de Hazen-Williams são apresentados para tubo de polietileno liso. HOWELL e HILLER(3) encontraram, pela análise de regressão, C igual a 130 para tubo de 1/2 (diâmetro interno de 15,8mm) e C igual a 128 para tubo Drip-eze DH 580 (diâmetro interno de 14,7mm). HANSON (2) determinou valores de C para tubo e diferentes tipos de gotejadores espaçados de 1,5m. Tais valores variaram entre 98 e 136, apresentam o inconveniente de necessitarem de uma nova determinação deste coeficiente para cada espaçamento e tipo de gotejador diferentes dos estudados. KARMELI e KELLER (4) apresentam gráficos de perda de carga calculada com C igual a 150. Os compêndios de hidráulica, em geral, dão valor 140 para C , em consonância com os autores da equação. TOURASSE (6) trabalhando com tubos lisos, encontrou que o valor de C a ser considerado é variável segundo a vazão e o diâmetro do tubo.

A equação de Darcy-Weisbach pode ser utilizada tanto no regime laminar, como no regime turbulento. O fator de atrito f , desta equação, quando o regime de fluxo é laminar, é obtido por $f = 64/Re$. Quando o regime é turbulento os valores de f podem ser obtidos com boa aproximação, até número de Reynolds (Re) igual a 100.000, usando-se a expressão devida a Blasius onde $f = 0,3164/Re^{0,25}$.

Uma das maneiras de estimar a perda de energia que realmente ocorre na linha lateral é computar a variação de pressão entre cada duas saídas adjacentes, adicionando-a com a que ocorre no ponto de inserção do gotejador. Tal cálculo é feito partindo-se do final para o início da linha lateral, e requer muito trabalho em razão, das mudanças de vazão nas seções de tubo após cada gotejador. Em vista disto surge a necessidade de métodos mais simples, mas, que garantam um bom desempenho hidráulico das linhas laterais.

Este trabalho teve como objetivo estudar a perda de carga na linha lateral estabelecendo valores do coeficiente de redução de perda de carga F (Cristiansen).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudadas no Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Viçosa a perda de carga em linhas laterais de irrigação que utili

zam os gotejadores Dangotas, Irriga e Microtubo.

Na determinação da perda de carga no tubo de polietileno com e sem gotejadores, utilizaram-se três linhas de teste, denominadas linhas I, II e III respectivamente para os gotejadores Irriga, Dangotas e Microtubo (Diam. Int. = 1,26mm e comprimento = 83cm). Cada linha de teste, constituída de 30 metros de tubo, foi retirada de um rolo de tubo com 100 metros de extensão. Utilizou-se um espaçamento entre gotejadores de 1,0 metro.

A montante de cada linha de teste, a 7,5 metros do seu início, foram instalados em registro de gaveta e um hidrômetro. A jusante, situado a 7,5 metros do seu final, instalou-se um registro de gaveta, por meio do qual foram reguladas as vazões nela introduzidas. No início e no final das linhas de teste, foi feito um orifício, com 3,8 mm de diâmetro, de modo que fosse possível a tomada de pressão. Externamente a este orifício, ajustou-se um luva com uma saída de metal, para os manômetros. A perda de carga nas linhas de teste foi medida utilizando-se de um manômetro diferencial inclinado, com um ângulo de 30° em relação a horizontal. A pressão no início das linhas de teste foi medida empregando-se um manômetro. Em ambos, utilizou-se o mercúrio como líquido manométrico.

Os gotejadores irriga foram instalados na linha de teste (linha I), sobre tubo "CIPLA" de 9,5mm (3/8"), de diâmetro nominal, com 1,5mm de espessura da parede e com diâmetro interno real de 12,7mm. Para os gotejadores Dangotas e Microtubo, utilizaram-se linhas de teste (linhas II e III) com tubos da mesma procedência, tipo "popular", com 12,7mm (1/2") de diâmetro nominal e diâmetros internos reais de 14,4 e 14,8mm, respectivamente.

Para vazões apresentando número de Reynolds entre 4000 e 25000 em cada linha de teste, foi estudada, inicialmente, a perda de carga no tubo. As vazões foram determinadas empregando-se um recipiente com volume de 7,50 litros e um cronômetro com precisão de décimos de segundo. Estando fechado o registro localizado a jusante das linhas I, II e III, observou-se uma carga hidrostática de 1,48 m.c.a.

Em todos os cálculos utilizou-se o diâmetro real determinado, medindo-se o peso da água destilada contida no interior de 10 seções de tubo com aproximadamente 10cm de comprimento e relacionando-o com a densidade deste líquido à temperatura ambiente.

Utilizando os dados de vazão versus perda de carga medidos nas linhas de teste com tubo sem gotejadores, por meio da análise de regressão foi estabelecida uma equação geral da forma:

$$H_f = X_b \times Q^{X_a} \quad \dots \text{eq. (1)}$$

onde H_f = perda de carga no tubo, m.c.a., Q = vazão, m^3/s , X_a = constante que depende do regime de fluxo, X_b = constante que depende do tubo estudado.

Com a finalidade de encontrar o coeficiente de rugosidade C da fórmula de Hazen-Willians, para o material estudado, utilizou-se a expressão:

$$C = \left(\frac{Q^{1,852}}{H_{ft}} \times 319,29 \ D^{-4,87} \right)^{0,54} \quad \dots \text{eq. (2)}$$

sendo C = coeficiente de rugosidade, adimensional, D = diâmetro interno do tubo, metros, H_{ft} = perda de carga na linha de teste sem gotejadores, m.c.a., Q = vazão m^3/s .

A equação de Darcy-Weisbach foi também analisada, procurando-se chegar a uma expressão que relacionasse o fator de atrito (f) com o número de Reynolds (Re), de forma semelhante à proposta por Blassius, na qual

$$f = 0,3164 \times Re^{-0,25} \quad \dots \text{eq. (3)}$$

Elaborou-se um programa de computador (figura 1) para efetuar o cálculo de linhas laterais de irrigação e determinar valores de F (Cristiansen) em função do número de saídas e do espaçamento entre gotejadores. Neste programa utilizaram-se as equações que dão o coeficiente de perda de carga localizada no gotejador e as equações características de descarga-pressão de cada gotejador, determinadas por OLIVEIRA (5).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando-se tubos de polietileno com diâmetros internos reais de 12,7; 14,4 e 14,8mm, nas linhas I, II e III, respectivamente, foram obtidas as seguintes equações, que permitem calcular a perda de carga (H_{ft}) nos tubos estudados para diversos valores de vazão (Q) e de comprimento (L)

$$H_{ft} = 3,170 \cdot 10^7 \ Q^{1,791} \times L/30 \quad \dots \text{eq. 4}$$

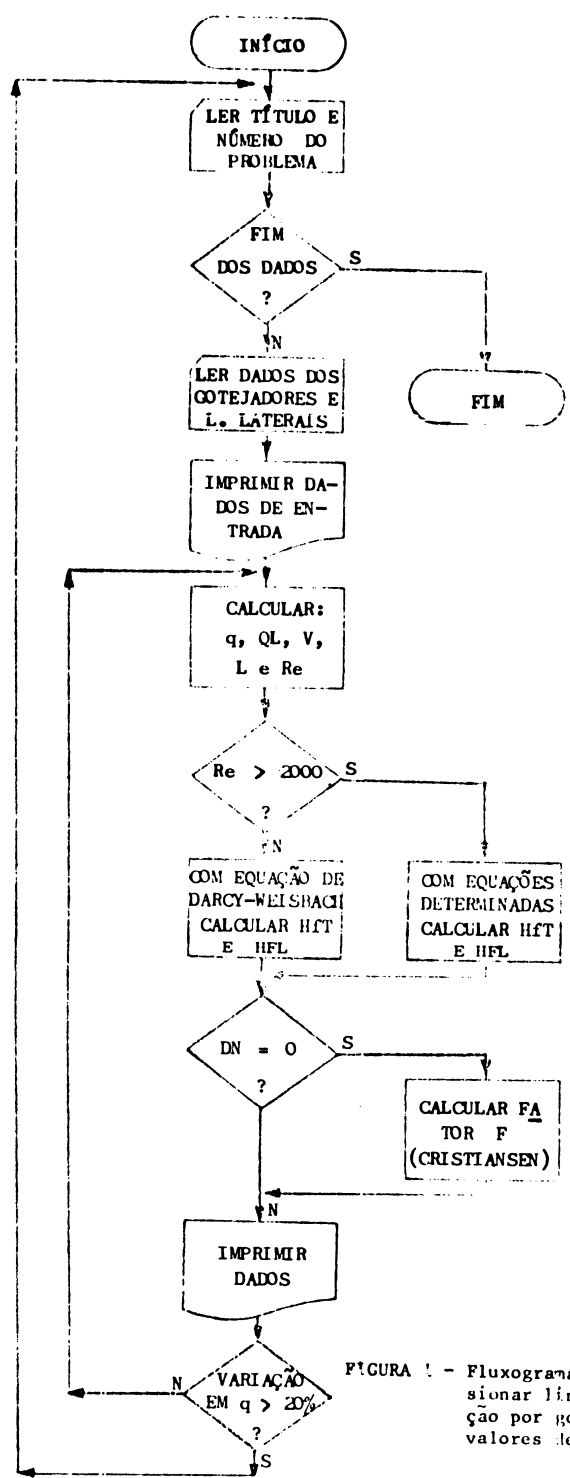


FIGURA 1 - Fluxograma utilizado para dimensionar linhas laterais de irrigação por gotejamento e determinar valores de F (Cristiansen).

$$H_{ft} = 1,004 \cdot 10^7 Q^{1,731} \times L/30 \quad \dots \text{ eq. 5}$$

$$H_{ft} = 8,862 \cdot 10^7 Q^{1,734} \times L/30 \quad \dots \text{ eq. 6}$$

Essas três equações foram ajustadas com r^2 iguais a 0,9987, 0,9998 e 0,9999, respectivamente, e testes de F significativos ao nível de 1% de probabilidade.

Um valor médio para os expoentes de Q nas equações 4, 5 e 6 seria aproximadamente, 1,75. Tal consideração permite caracterizar o regime de fluxo estudado como passando do regime de transição para o regime turbulento de parede intermediária ou turbulento de transição de acordo com FEGHALI (1).

Encontrou-se a seguinte expressão que fornece o fator de atrito (f) em função do número de Reynolds (Re), válida para os três diâmetros de tubo estudados:

$$f = 0,2978 \times Re^{-0,2493} \quad (r^2 = 0,9670^{**}) \quad \dots \text{ eq. 7}$$

Esta equação se aproximou bastante daquela estabelecida por Blasius, onde $f = 0,3164 \times Re^{-0,25}$.

Utilizando-se a equação 2 obtiveram-se valores de C a partir dos dados de perda de carga no tubo. Tais valores encontram-se no Quadro 1.

QUADRO 1. Valores do coeficiente de rugosidade C da equação de Hazen-Williams, obtidos nas linhas I, II e III, empregando-se a equação 2.

Linha I (D = 12,7mm)		Linha II (D = 14,4mm)		Linha III (D = 14,8 mm)	
Q (m ³ /s)	C	Q (m ³ /s)	C	Q (m ³ /s)	C
4,66.10 ⁻⁵	142	4,62.10 ⁻⁵	134	5,20.10 ⁻⁵	139
6,56.10 ⁻⁵	142	5,87.10 ⁻⁵	137	6,60.10 ⁻⁵	140
7,76.10 ⁻⁵	141	7,61.10 ⁻⁵	141	8,96.10 ⁻⁵	142
9,60.10 ⁻⁵	143	9,38.10 ⁻⁵	141	1,04.10 ⁻⁴	143
1,11.10 ⁻⁴	143	1,09.10 ⁻⁴	143	1,14.10 ⁻⁴	144
1,25.10 ⁻⁴	144	1,22.10 ⁻⁴	145	1,29.10 ⁻⁴	145
1,41.10 ⁻⁴	146	1,38.10 ⁻⁴	146	1,45.10 ⁻⁴	147
1,58.10 ⁻⁴	148	1,58.10 ⁻⁴	147	1,66.10 ⁻⁴	148
1,70.10 ⁻⁴	146	1,84.10 ⁻⁴	146	2,03.10 ⁻⁴	151
-	-	2,23.10 ⁻⁴	149	2,38.10 ⁻⁴	152
C = 144		C = 143		C = 145	

No Quadro 1 observou-se que o coeficiente de rugosidade C, va

riou conforme a vazão e o diâmetro do tubo. Resultados idênticos foram obtidos por TOURASSE (6), trabalhando com tubos lisos. Uma vez que as equações 4, 5 e 6 apresentam o expoente de Q em torno de 1,75, e que na equação 2 este expoente é 1,852, o comportamento de C observado é esperado, quando se substitui o valor de H_{ft} da equação 2 pelos valores de H_{ft} obtidos com as equações 4, 5 e 6. Entretanto, para fins práticos de dimensionamento de sistemas de irrigação por gotejamento pode ser considerado um valor de C, médio, igual a 144 para os três diâmetros de tubo estudado.

Os dados observados e estimados de pressões no início da linha lateral e de perdas de carga nas linhas laterais I, II e III podem ser vistos no Quadro 2.

QUADRO 2. Valores observados e estimados de perda de carga na linha lateral (H_{ft}) e de pressão no início da linha lateral (H_i), obtidos nas linhas laterais I, II e III, em m.c.a., para uma temperatura da água igual a 25°C.

	<u>Linha Lateral I</u>		<u>Linha Lateral II</u>		<u>Linha Lateral III</u>	
	<u>Observedo</u>	<u>Estimado</u>	<u>observedo</u>	<u>Estimado</u>	<u>Observedo</u>	<u>Estimado</u>
H_{ft}	0,74	0,78	0,13	0,12	0,30	0,31
H_i	9,51	9,55	10,37	10,36	7,74	7,75

Os dados de vazão observados e estimados nas linhas laterais I, II e III estão contidos no Quadro 3.

Uma vez que os valores observados e estimados de perda de carga e de vazões médias (quadros 2 e 3), encontrados nas três linhas laterais, foram aproximadamente iguais, as equações propostas para seu dimensionamento podem ser usadas satisfatoriamente.

Os valores do coeficiente de redução F (Cristiansen) encontrados estão nos quadros 4, 5 e 6. Neste cálculo, para os gotejadores Dangotas e Irriga, considerou-se a pressão, no final da linha, $H_o = 10$ m.c.a., e para o microtubo de 83cm de comprimento, $H_o = 5$ m.c.a. Este cálculo foi feito em quanto não houve uma variação na vazão do gotejador maior do que 20%.

QUADRO 3. Vazões (l/hora), dos gotejadores Irriga, Dangotas e Microtubo , observadas e estimadas, a uma temperatura da água de 25°C e sob pressões de 8,77; 10,24 e 7,44 m.c.a., no final das linhas I, II e III, respectivamente.

Nº Gotejador	L. Lateral I		L. Lateral II		L. Lateral III	
	Observeda	Estimada	Observeda	Estimada	Observeda	Estimada
1	13,59	11,16	4,32	4,41	10,28	10,74
2	10,52	11,10	4,46	4,41	10,54	10,72
3	13,19	11,05	4,49	4,41	10,34	10,69
4	9,92	11,00	4,82	4,41	10,20	10,67
5	9,42	10,95	4,84	4,40	10,52	10,65
6	11,26	10,91	4,54	4,40	10,52	10,63
7	9,95	10,87	4,35	4,40	10,28	10,61
8	11,33	10,83	4,26	4,40	10,24	10,59
9	11,90	10,79	4,36	4,40	10,32	10,58
10	9,44	10,76	4,32	4,39	10,52	10,56
11	10,48	10,73	4,50	4,39	10,36	10,55
12	12,81	10,70	4,35	4,39	10,42	10,53
13	12,31	10,67	5,27	4,39	10,26	10,52
14	9,19	10,66	4,18	4,39	10,32	10,51
15	8,80	10,64	4,61	4,39	10,48	10,50
16	9,45	10,62	4,33	4,39	10,04	10,49
17	9,45	10,60	4,26	4,39	9,92	10,49
18	13,03	10,59	4,48	4,39	10,36	10,48
19	9,93	10,58	4,14	4,39	10,34	10,47
20	10,86	10,57	4,22	4,39	10,34	10,47
21	12,77	10,56	4,34	4,39	10,30	10,46
22	11,40	10,55	4,30	4,39	10,22	10,46
23	9,62	10,55	4,15	4,39	10,20	10,46
24	11,79	10,54	4,33	4,39	10,02	10,46
25	11,58	10,54	4,41	4,39	10,16	10,45
26	9,57	10,54	4,18	4,39	10,30	10,45
27	9,95	10,54	4,60	4,39	10,24	10,45
28	10,89	10,54	4,80	4,39	10,40	10,45
29	11,09	10,53	4,15	4,39	10,24	10,45
30	10,04	10,53	4,29	4,39	10,44	10,45
Média	10,85	10,71	4,42	4,39	10,30	10,53
D. Padrão	1,35	0,19	0,15	0,07	0,15	0,09
C. Variação (%)	12,45	1,79	5,67	0,17	1,44	0,86

QUADRO 4. Valores do coeficiente de redução F (Cristiansen) em função do número de gotejadores (Dangotas) na linha lateral*.

Nº de gotejadores	Espaçamento entre gotejadores (metros)					
	10	1.5	2.0	3.0	6.0	7,0
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
3	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667
4	0,625	0,625	0,625	0,625	0,625	0,625
5	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
6	0,583	0,583	0,583	0,583	0,583	0,583
7	0,571	0,571	0,571	0,571	0,571	0,571
8	0,562	0,562	0,562	0,562	0,562	0,562
9	0,556	0,556	0,556	0,555	0,555	0,555
10	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
12	0,542	0,542	0,542	0,542	0,541	0,541
14	0,536	0,536	0,536	0,536	0,535	0,535
16	0,531	0,531	0,531	0,531	0,531	0,531
18	0,528	0,528	0,528	0,528	0,527	0,527
20**	0,440	0,417	0,406	0,395	0,383	0,381
25	0,536	0,482	0,455	0,428	0,400	0,396
30	0,582	0,513	0,478	0,443	0,407	0,402
40	0,623	0,539	0,497	0,454	0,410	0,404
50	0,640	0,549	0,503	0,457	0,408	0,400
60	0,648	0,553	0,505	0,456	0,403	0,394
64	0,650	0,554	0,505	0,455	0,400	-
78	0,654	0,553	0,502	0,449	-	-
87	0,654	0,551	0,498	-	-	-
93	0,653	0,549	-	-	-	-
101	0,651	-	-	-	-	-

* Obs: - No cálculo de perda de carga no tubo empregou-se a equação de Darcy-Weisbach.

- Para valores de $Re < 2.000$, considerou-se $H_{fg} = 0$.

- Para valores de $Re \geq 2.000$, considerou-se $H_{fg} = K_g \cdot V^2 / 2 g$.

- O cálculo de F foi feito enquanto não houve uma variação na vazão do gotejador maior do que 20%.

** $Re \geq 2000$.

QUADRO 5. Valores do coeficiente de redução F (Cristiansen) em função do número de gotejadores (Irriga) na linha lateral*.

Nº de gotejadores	Espaçamento entre gotejadores (metros)					
	1,0	1,5	2,0	3,0	6,0	7,0
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
3	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667
4	0,625	0,625	0,625	0,625	0,625	0,625
5	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
6	0,583	0,583	0,583	0,583	0,583	0,583
7**	0,439	0,429	0,424	0,419	0,413	0,412
8	0,456	0,440	0,432	0,424	0,415	0,414
9	0,465	0,445	0,435	0,425	0,415	0,414
10	0,470	0,448	0,437	0,426	0,414	0,412
12	0,474	0,449	0,436	0,423	0,410	0,408
14	0,475	0,448	0,434	0,420	0,405	0,403
16	0,474	0,446	0,432	0,417	0,401	0,398
18	0,473	0,444	0,429	0,414	0,397	0,393
20	0,472	0,442	0,427	0,411	0,392	0,389
24	0,469	0,438	0,422	0,405	0,383	0,378
25	0,468	0,437	0,421	0,403	0,380	-
32	0,462	0,429	0,411	0,391	-	-
36	0,458	0,424	0,405	-	-	-
40	0,454	0,418	-	-	-	-
45	0,448	-	-	-	-	-

* Obs: - No cálculo de perda de carga no tubo empregou-se a equação de Darcy-Weisbach.

-Para valores de $Re < 2000$, considerou-se $H_{fg} = 0$.

- Para valores de $Re \geq 2000$, considerou-se $H_{fg} = kg \cdot V^2 / 2 g$.

- O cálculo de F foi feito enquanto não houve uma variação na vazão do gotejador maior do que 20%.

** RE \geq 2000.

QUADRO 6. Valores do coeficiente de redução F (Cristiansen), em função do número de gotejadores (Microtubo) na linha lateral*.

Nº de gotejadores	Espaçamento entre gotejadores (metros)					
	1,0	1,5	2,0	3,0	6,0	7,0
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
3	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667
4	0,625	0,625	0,625	0,625	0,625	0,626
5	0,600	0,600	0,600	0,600	0,601	0,601
6	0,583	0,584	0,584	0,584	0,584	0,584
7	0,572	0,572	0,572	0,572	0,573	0,573
8	0,563	0,563	0,563	0,563	0,564	0,564
9	0,556	0,556	0,556	0,557	0,557	0,558
10	0,550	0,551	0,551	0,551	0,552	0,553
12**	0,408	0,401	0,398	0,394	0,390	0,390
14	0,415	0,406	0,401	0,397	0,391	0,390
16	0,416	0,406	0,401	0,396	0,390	0,389
18	0,415	0,405	0,400	0,394	0,387	0,386
20	0,413	0,403	0,398	0,392	0,385	0,383
25	0,406	0,397	0,392	0,386	0,377	0,375
31	0,399	0,390	0,384	0,378	0,367	0,364
32	0,397	0,388	0,383	0,377	0,365	-
41	0,387	0,378	0,373	0,364	-	-
47	0,381	0,372	0,365	-	-	-
52	0,376	0,366	-	-	-	-
60	0,368	-	-	-	-	-

* Obs: - No cálculo de perda de carga no tubo empregou-se a equação de Darcy-Weisbach.

- Para valores de $Re < 2000$, considerou-se $H_{fg} = 0$.

- Para valores de $Re \geq 2000$, considerou-se $H_{fg} = kg \cdot V^2 / 2 g$.

- O cálculo de F foi feito enquanto não houve uma variação na vazão do gotejador maior do que 20%.

** $Re \geq 2000$.

Para os três tipos de gotejadores estudados, com o aumento do número de saídas na linha lateral, e enquanto o regime de fluxo foi laminar os valores de F decresceram a contar da unidade (Quadros 4, 5 e 6). Entretanto, para valores de Reynolds maiores do que 2000 e à medida que aumentou o número de saídas na linha lateral, os valores de F cresceram inicialmente para depois decrescerem. Tal fato foi mais acentuado em linhas laterais empregando gotejadores Dangotas com menores espaçamentos entre si. Provavelmente isto ocorreu em razão da maior perda de carga deste gotejador na linha lateral, em relação aos gotejadores Irriga e Microtubo, possibilitando que o atrito no gotejador Dangotas se aproximasse do atrito entre dois deles (atrito na seção do tubo entre dois gotejadores consecutivos). Desta forma o negligenciamento da perda da carga localizada em linhas laterais que utilizam o gotejador Dangotas pode levar a um dimensionamento incorreto dessas linhas, principalmente quando se utilizam espaçamentos mais curtos entre gotejadores.

4. RESUMO

Foi estudado no Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Viçosa o dimensionamento de linhas laterais de irrigação por gotejamento que utilizam os gotejadores: Dangotas, Irriga e Microtubo. Foram determinadas equações para o cálculo da perda de carga em tubo de polietileno e observou-se que o coeficiente de rugosidade (C) da equação de Hazen-Williams variou conforme a vazão e o diâmetro do tubo. Os valores do coeficiente de redução de perda de carga (F) de Christiansen foram determinados para cada um dos três tipos de gotejadores, sendo observado que, para pequenos espaçamentos entre gotejadores, em linhas laterais com gotejadores Dangotas, a perda de carga localizada não pode ser negligenciada.

5. SUMMARY

Three kinds of trickles emitters were studied under trickle irrigation laterals. Pipes of polyethylene were used and friction loss equation was studied. Factor F was calculated for the multiple outlet pipes. The Hazen-Williams coefficient found was 144 which agrees with determinations made by other authors. The factor F increased with the decrease of emitters spacings.

6. LITERATURA CITADA

1. FEGHALI, I.P. Mecânica dos fluidos. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos, 1974. 2v.
2. HANSON, Grant Robert. Hidraulics of trickle irrigation emitterlines. Logan, Utah State University, 1973. 94p. (Tese M.S.).
3. HOWELL, T.A. & HILLER, E.A. Trickle Irrigation lateral design. Transactions of the ASE, Michigan, 17(5):902-908, 1974.
4. KARMELI, D. & KELLER, I. Trickle Irrigation Design. California, Rain Bird Sprinkler Mfg, 1975. 133p.
5. OLIVEIRA, C.A.S. Hidráulica de gotejadores e de linhas laterais para irrigação por gotejamento. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1978, 72p. (Tese M.S.).
6. TOURASSE, E. Escoamento em condutos lisos. Revista DAE, São Paulo, 33(93):45-51, Dez. 1973.

III SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE RIEGO POR GOTEO

DOCUMENTO TECNICO 13

EL RIEGO POR GOTEO EN EL MINIFUNDIO COLOMBIANO

Por: Ing. Agr. José Antonio Forero S. (*)

(*) Director Nacional del Programa de Recursos de Agua y Tierra de la División de Ingeniería Agrícola del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

RIEGO POR GOTEO EN EL MINIFUNDIO COLOMBIANO

Por:

J. Antonio Forero S.*

INTRODUCCION

Colombia es un país agrícola por excelencia. El 30% del producto interno viene del campo, el 80% del valor agregado exportado corresponde a productos agropecuarios y el 50% de la materia prima utilizada por la industria proviene del sector agropecuario.

La agricultura colombiana se encuentra dividida en dos sectores perfectamente diferenciados: un sector de agricultura tradicional o de subsistencia y un sector de agricultura moderna. El primer sector se caracteriza por escasez de recursos productivos en especial de tierra y agua, falta de tecnología y baja capacidad de aceptación de la misma, subempleo, desnutrición y en general, un bajo nivel de ingresos. Es este el sector que se encuentra localizado en zonas de minifundio y que produce más del 55% de los alimentos de consumo directo y el 20% de los productos pa-

*

Director Nacional del Programa de Recursos de Agua y Tierra,
Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Apartado Aéreo 151123.
Bogotá, Colombia.

ra uso industrial. El sector moderno en cambio, es el responsable de la producción de bienes capaces de penetrar en los mercados internacionales y cuenta con facilidades para absorber tecnología e incrementar su productividad en forma acelerada.

Frente al distanciamiento que existe entre estos dos sectores agrícolas, el Gobierno Nacional ha trazado un plan de desarrollo social, económico y regional, el cual está orientado a mejorar las condiciones de educación, salud, nutrición y a propiciar un mayor nivel de ingresos para la familia campesina, sin que por ello se vea afectado el sector de la agricultura moderna.

Uno de los problemas anteriormente mencionados y que revisten mayor gravedad es el de la desnutrición. Estadísticas recientes revelan que cerca del 60% de los niños menores de 5 años presentan desnutrición y que aproximadamente el 30% de las familias campesinas padecen en mayor o menor grado el mismo problema. Es así como el 41% del total de defunciones en niños menores de cinco años, está directa o indirectamente ligado con deficiencias nutricionales. Dentro de las estrategias generales de desarrollo agrícola encaminadas a favorecer el sector minifundista, el gobierno ha involucrado el Plan Nacional de Alimentación y Nutrición con fines específicos de aumentar su productividad. La adopción de tecnología por parte del pequeño agricultor juega

aquí un papel importante. De esta tecnología forman parte el buen manejo de suelos, el uso de semillas mejoradas, el uso apropiado de fertilizantes y medios control fitosanitario y las prácticas de riego. Este último aspecto de inducción tecnológica reviste especial interés, debido precisamente a que el minifundio colombiano está además afectado por problemas de aridez. El pequeño agricultor cultiva su predio únicamente durante el período lluvioso del año y emigra hacia otras regiones en la época de sequía en busca de sustento para él y su familia, mediante subempleo en faenas de campo.

Las condiciones de aridez, sumadas a los problemas nutricionales que afectan a la familia campesina, indujeron al Instituto Colombiano Agropecuario ICA, a introducir el riego por goteo en la producción de hortalizas. Los trabajos respectivos están siendo adelantados por el ICA a nivel experimental y directamente en predios representativos del minifundio, desde el año de 1975. A través de programas radiales y de televisión, hojas divulgativas y sobre todo de días de campo, se ha adelantado la transferencia de tecnología al campesino utilizando para ello los resultados de la fase experimental.

EL PROCESO EXPERIMENTAL

Como primer paso fué necesario identificar zonas de minifundio ubicadas en distintos pisos térmicos del país, (desde 50 hasta 2.800 m.s.n.m.), haciendo particular énfasis sobre aquellas afectadas por problemas de aridez. En estas zonas se seleccionaron pequeños predios representativos de la problemática minifundista, tanto desde el punto de vista suelo-agua, como desde el punto de vista socioeconómico.

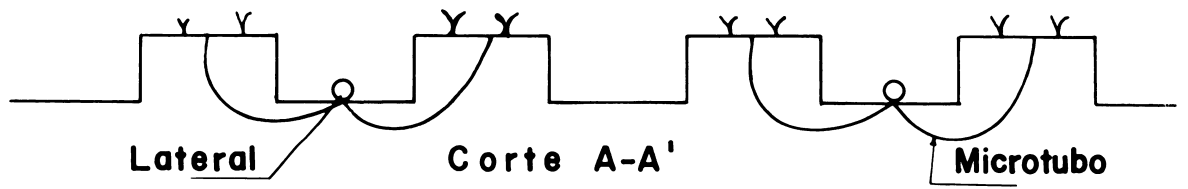
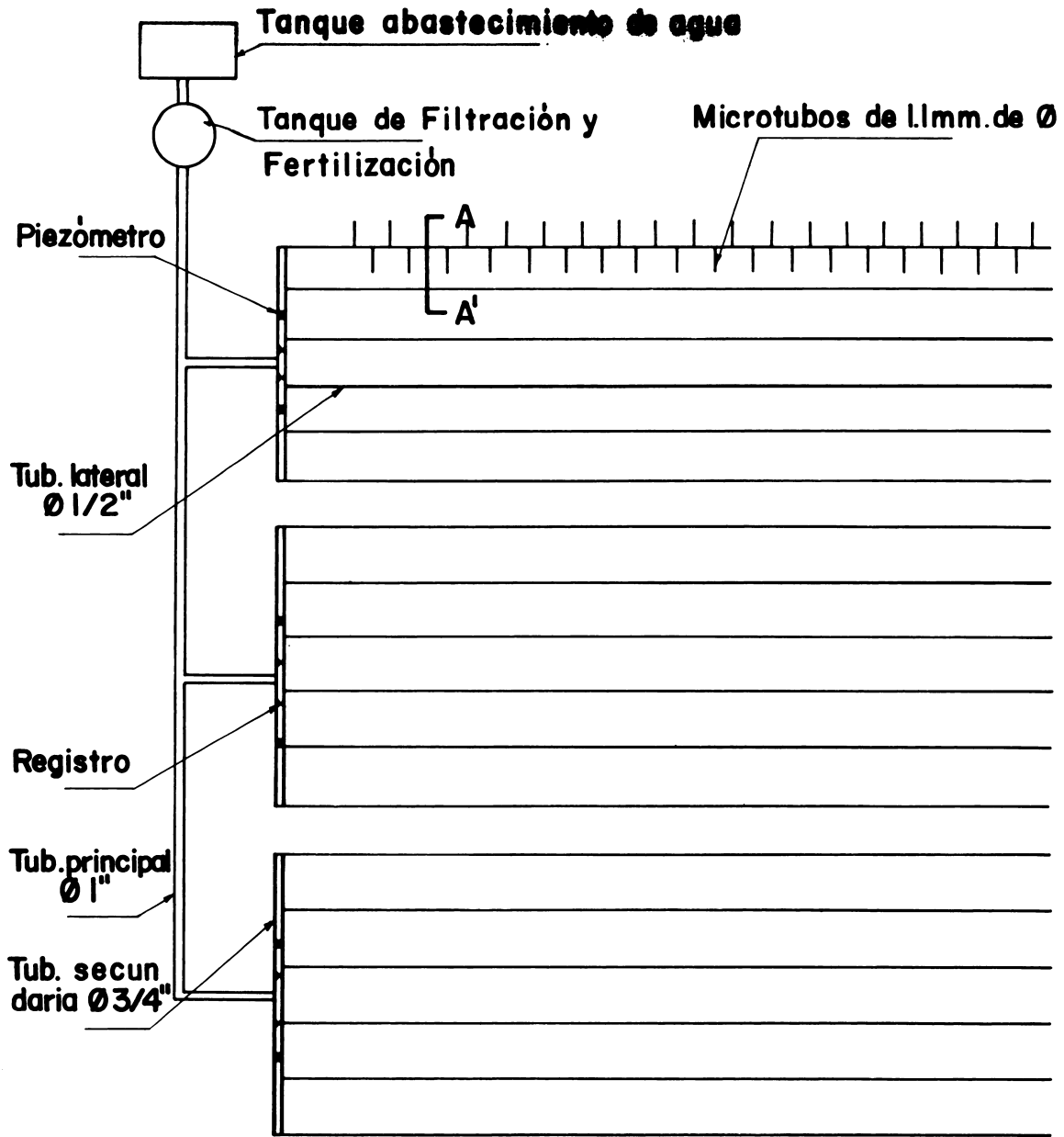
En un principio se establecieron pruebas de frecuencia de riego con el fin de comprobar si la frecuencia diaria encontrada como lo mejor en otras latitudes, se comportaba en igual forma en nuestro medio. Hecha esta comprobación se procedió a dar comienzo a la fase experimental propiamente dicha con miras a encontrar láminas óptimas de riego por goteo para distintas especies hortícolas y pisos térmicos. De acuerdo con las condiciones climáticas y las preferencias del campesino de las distintas zonas minifundistas, se seleccionaron las siguientes especies hortícolas: tomate, pepino cohombro, pimentón, melón, cebolla de bulbo, habichuela, arveja, remolacha, repollo, lechuga, coliflor, fresa y papa.

Disposición del sistema

La figura 1 muestra la disposición típica del sistema de riego por goteo que ha sido utilizada en todos los experimentos y para las distintas especies hortícolas. Esta disposición permite con facilidad realizar las labores de cultivo y cosecha y puede ser utilizada para las diversas hortalizas mencionadas anteriormente. En esta forma el pequeño agricultor puede programar una adecuada rotación de cultivos según sus necesidades y las tendencias del mercado.

Uno de los factores que despiertan temor en el pequeño agricultor, es la inversión inicial que representa el montaje del sistema. Por esta razón, al introducir al sector minifundista una alta tecnología como la que encierra el método de riego por goteo, se le ha dado una configuración lo más elemental posible, que a la vez que represente un mínimo costo, garantice adecuada funcionalidad.

En la región andina por ejemplo, existe gran cantidad de pequeños predios relativamente cercanos a fuentes fluviales, a los cuales el abastecimiento de agua por bombeo convencional sería bastante costoso, dadas las condiciones topográficas existentes. En algunos de estos predios, el abastecimiento de agua con fines



DISPOSICION TIPICA DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GÓTEO EN ZONAS DE MINIFUNDIO.

Figura No. 1

de riego por goteo, se hace por medio de bombas reciprocantes de cuatro pistones como la que ilustra la figura 2. Estas bombas aunque se encuentran en período de mejoramiento y evaluación, han presentado una buena alternativa de solución frente a la actual crisis energética, a más de que se han acondicionado bien a los requerimientos de bajo caudal y grandes diferencias de nivel. Hasta ahora han abastecido con relativo éxito pequeños predios de riego por goteo localizados a alturas hasta de 80 metros con relación a la fuente de abastecimiento. Además, sus componentes son tan elementales que pueden construirse en cualquier pequeño taller como efectivamente se está haciendo.

En este tipo de sistemas, el agua se almacena en tanques contruñidos en tierra y protegidos con polietileno para impedir pérdidas por infiltración y contaminación física del agua. A la salida del tanque de almacenamiento se dispone un tanque de filtración cuyo elemento filtrante consiste simplemente en 2-3 capas de gravilla gradada y una capa de arena lavada. En este mismo tanque se depositan los fertilizantes según las dosis recomendadas en cada caso.

Las tuberías que se han venido utilizando son de polietileno calibre 40 y la disposición de las líneas laterales que se observa en la figura 1 permite reducir a la mitad su número y costo con

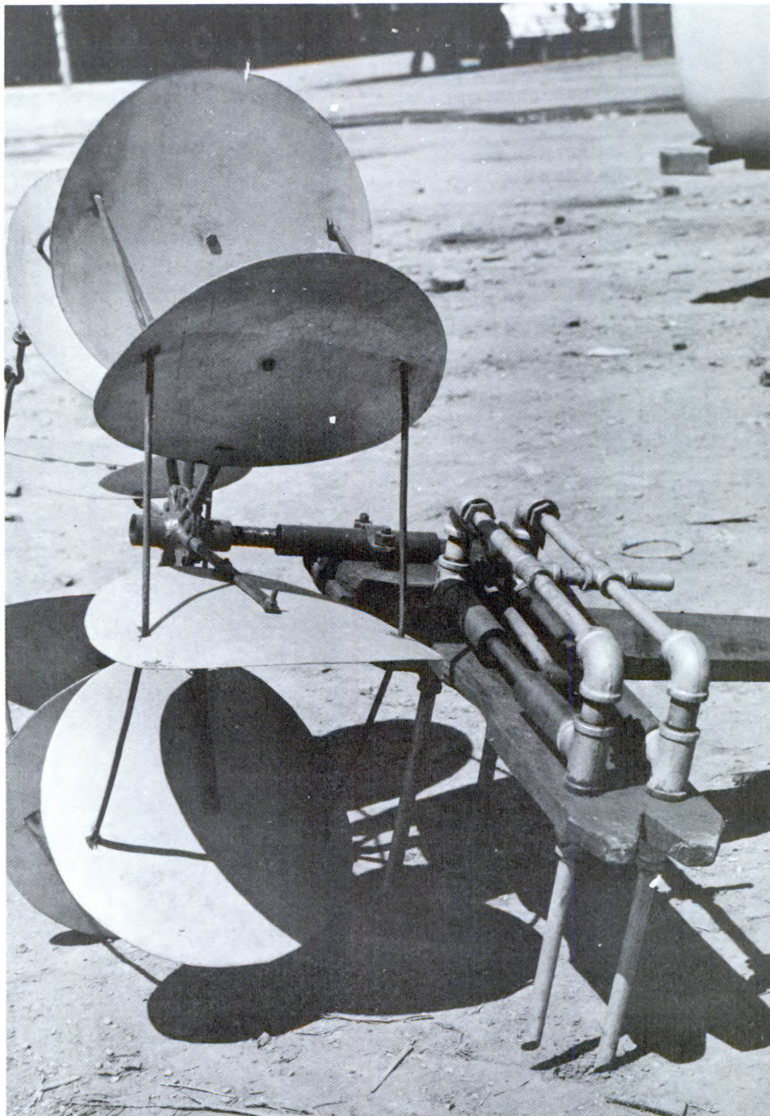


FIGURA 2. Bomba recíprocante de cuatro pistones, utilizada para el suministro de agua para riego por goteo en algunos experimentos.

relación a los procedimientos convencionales.

A pesar de que los microtubos han sido señalados en muchas oportunidades como los emisores más desventajosos desde el punto de vista obstrucción, no se ha registrado problema alguno pese a que los filtros utilizados son rudimentarios. Por otra parte no podría compararse su costo con el de emisores altamente sofisticados especialmente en cuanto a disipación de energía se refiere.

Todos los materiales y equipos utilizados en sistemas de riego por goteo en zonas de minifundio, son de fabricación nacional y por esta razón presentan una ventaja económica frente a los materiales y equipos importados.

Metodología

Como parte inicial del proceso experimental, se ha hecho acopio en todos los casos de la información básica requerida: textura y profundidad de los suelos en los distintos extractos, densidad aparente y capacidad de retención de humedad del suelo, la función de infiltración del suelo, fertilidad y salinidad de los suelos, régimen pluviométrico y evaporación, calidad del agua para riego, topografía del terreno, etc.

Reunida la información básica, se ha procedido al diseño hidráulico del sistema. Debe aclararse en este sentido, que las ecuaciones ampliamente conocidas sobre pérdidas de energía, no han resultado válidas para el tipo de tuberías de polietileno de fabricación nacional que se está utilizando; por esta razón se adelanta una evaluación hidráulica que permita en un futuro definir ecuaciones acordes con la calidad del material. Los controles de presión de entrada se ejercen mediante piezómetros de plástico transparente para minimizar los costos. En el montaje del sistema hay activa participación del agricultor quien recibe instrucciones básicas sobre funcionamiento y manejo.

El diseño experimental más comunmente utilizado ha sido el de bloques al azar. Se han estudiado diferentes módulos de riego con miras a encontrar el óptimo para cada cultivo. Los módulos de riego se han definido con base en factores K de la evaporación del tanque tipo "A". Dependiendo del clima y la especie vegetal, se han probado los siguientes factores: 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.25 y 1.50. En todos los casos se ha utilizado la frecuencia diaria e igual manejo agronómico, con el fin de no introducir ninguna otra variable distinta a los módulos de riego. En los períodos con cierto grado de pluviosidad se han hecho comparaciones con testigos en los cuales se ha utilizado la forma tradicional de cultivo propia del pequeño agricultor.

La información de campo es reunida por el agricultor en su gran mayoría. Es él quien hace las lecturas en el tanque evaporímetro y en el pluviómetro y de tablas de equivalencias que le han sido previamente preparadas y suministradas, puede tomar el tiempo de riego por tratamiento o su correspondiente volumen de agua y proceder a la aplicación del riego.

El efecto de los módulos de riego sobre la producción se ha estudiado mediante análisis de varianza y pruebas comparativas como la de Student-Newman-Keul.

Se han hecho algunos estimativos sobre la rentabilidad que puede representar para el pequeño agricultor, la explotación hortícola bajo riego por goteo. Para ello se han tomado como base los resultados de los mejores tratamientos y una hectárea como unidad de producción continua. Se han constituido en costos fijos: el tanque de almacenamiento de agua, el tanque de fertilización, el contador volumétrico de agua, las tuberías y microtubos de polietileno, los accesorios galvanizados, la unidad de bombeo recíprocante o la motobomba según el caso y el arrendamiento de la tierra. Como costos variables se han considerado los correspondientes a mano de obra requerida para la instalación y operación del riego, las labores de tipo agronómico y su mano de obra, los fer-

tilizantes y pesticidas, los aceites y combustibles. etc.

Para el cálculo del costo fijo anual, se ha estimado una vida útil de 10 años para la motobomba, tanques y accesorios galvanizados y de 5 años para los materiales de polietileno. Para todos los casos se ha asignado un valor de salvamento del 0%.

Se ha establecido finalmente la relación beneficio/costo teniendo en cuenta los ingresos brutos/año y los costos fijos y variables/año, para una producción continua.

RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo con el planteamiento general de producción hortícola durante todo el año, se han obtenido resultados como respuesta al riego por goteo como único recurso hídrico durante la época de sequía, a la vez que resultados para el caso del empleo del riego por goteo suplementario, en la época de lluvias. La tabla 1 muestra algunos resultados obtenidos durante épocas de sequía y la tabla 2 ilustra sobre respuesta al riego por goteo como suplemento de las lluvias.

A excepción de la fresa los experimentos fueron adelantados en regiones caracterizadas por suelos de las clases agrológicas IV y

TABLA 1. Algunos resultados de producción hortícola bajo riego por goteo durante períodos secos del año.

Cultivo	Localización	Evap. medias diaria duran- te el período mm	K	Ciclo vegetativo días	Producción media de la zona Ton/Ha	Producción con goteo Ton/Ha	B/C
Tomate "Chonto"	Cáqueza	5.13	0.70 0.90 1.10	130*	12	21.7 22.4 19.9	2.66(*)
Tomate "Roma"	San Juan del Cesar	8.93	0.70 0.90 1.10	110*	17	28.9 28.3 27.0	
Tomate "Manapal"	Cáqueza	5.40	0.70 0.90 1.10	113*	13	11.8 13.1 21.6	
Tomate "Manapal"	Soatá	5.00	1.00 1.25 1.50	128*	20.5	53.7 46.9 46.0	4.5
Pimentón	San Juan del Cesar	8.80	0.70 0.90 1.10	156*	15	18.0 17.0 15.0	
Pepino cohombro	San Juan del Cesar	8.80	0.70 0.90 1.10	72	15	16.0 19.0 16.0	

* Después del trasplante

(*) Relación B/C para rotación de tomate "Chonto", cebolla Yellow granex" y habichuela "Blue Lake" en 1 Ha.

TABLA 1. (Continuación)

Cultivo	Localización	Evap.medias diaria duran- te el período mm	K	Ciclo vegetativo días	Producción media de la zona Ton/Ha	Producción con goteo Ton/Ha	B/C
Melón	San Juan del Cesar	8.80	0.7 0.9 1.1	110	**	29 25 20	
Remolacha Crosby's Egyptian	Cáqueza	5.20	0.70 0.90 1.10	95	11.9	14.0 13.4 14.9	
Lechuga Calamar	Tunja	3.00	0.60 0.80 1.00	60*	15	38.4 50.0 52.0	3.22
Coliflor "Bola de Nieve Temprana"	Tunja	3.00	0.70 0.90 1.10	73	9.0	19.7 25.2 27.0	1.42
Fresa "Tioga Califor- niana"	Cota	3.00	0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20	540*	24	24.0 33.7 43.4 49.8 43.6 39.4	

* Después del trasplante

** No existe información en la zona.

TABLA 2. Rendimientos obtenidos usando el riego por goteo como suplemento en la producción de algunas hortalizas. Precipitación media mensual mayo-octubre de 111 mm Cáqueza 1978.

Cultivo	Producción con precipitación. Ton/Ha	Producción con precipitación + riego por goteo	Lámina suplementaria mm	No. de riego	Ciclo vegetativo días
Habichuela "Blue Lake"	15.6	20.5	40	8	88
Tomate "Manapa"	13.4	17.8	49	11	120*
Arveja "Guatecana"	3.0	5.2	157	46	105
Cebolla "Yellow Granex"	14.6	17.9	157	46	105*
Repollo "Copenhagen Market"	Sin testigo	41.4	163	46	110*

* Después del trasplante.

V, de manera que los niveles de producción no pueden compararse con los que se obtiene en suelos de la clase I, en donde se encuentra el sector de la agricultura tecnificada. Por otra parte, los datos sobre producción media de las diferentes zonas que aparecen en la tabla 1, corresponden a la agricultura tradicional, es decir a producciones durante la época de lluvias puesto que el pequeño agricultor no cultiva su predio en la época de sequía. No aparecen resultados sobre papa por cuanto el experimento respectivo se encuentra en progreso.

Como se puede observar en la tabla 1, existen algunos valores de relación beneficio/costo; se refiere a aquellos casos en que se cuenta con información completa. Los demás casos se encuentran en proceso de evaluación.

Con relación a la tabla 2, en la zona de Cáqueza se registra un período de siete meses en los cuales ocurre el 90% de la precipitación anual. Esta precipitación sin embargo, presenta una pobre distribución y por esta razón el riego por goteo como suplemento de las lluvias ha mostrado incrementos significativos en la producción hortícola de la zona.

De acuerdo con los resultados obtenidos se hacen las siguientes recomendaciones:

- Introducir el riego por goteo como rubro de crédito a mediano plazo, dentro de las políticas crediticias del gobierno hacia el pequeño agricultor, para que este pueda hacer uso de esta tecnología.
- Hacer ensayos con aquellas especies hortícolas importantes no incluidas hasta ahora y extender el uso del método de riego por goteo a las explotaciones frutícolas del minifundio.
- Fortalecer aún más la transferencia de tecnología al pequeño agricultor, mediante nuevos programas de radio y televisión, días de campo, plegables etc.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La influencia del método de riego por goteo en la explotación hortícola del minifundio colombiano, ha demostrado que es una alternativa de solución de los problemas que afectan a la familia campesina, por cuanto pueden aportar los siguientes beneficios:

- Mejor nivel de nutrición al propiciar la inclusión de las hortalizas en la dieta alimenticia campesina.

- Fortalecimiento de la estructura familiar campesina, por cuanto los predios pueden ser cultivados durante todo el año, impidiendo así el abandono de los mismos durante el período de sequía.

- Menor distanciamiento de los dos sectores agrícolas, el moderno y el minifundista, al lograr que este acepte y haga uso de tecnología agrícola que le permita ingresar al mercado con precios más competitivos.

- Mejor nivel de ingresos con todas sus consecuencias favorables, al poderse explotar los pequeños predios con alta rentabilidad.

BIBLIOGRAFIA

1. CARDONA, P.H., TOVAR, R.H. y FORERO, S.J.A. 1978. Determinación de la lámina de riego por goteo en el cultivo del coliflor (*Brassica oleraceae*). Tesis UPTC. Tunja. Colombia. 62p.
2. FORERO, S.J.A. 1978. Informe anual de actividades. Programa de Recursos de Agua y Tierra. Documento 00-6.-041-78 ICA Bogotá. Colombia. 77p.
3. FORERO, S.J.A., GUTIERREZ, P.J. y MARTINEZ, A.R. 1979. Determinación de lámina de riego por goteo en la lechuga. (*Lactuca sativa* L. var Calamar). Revista ICA. volumen XIV. Número 1. Bogotá. Colombia. 51-62p.
4. LOPEZ, M.A. 1975. Para cerrar la brecha. Plan de desarrollo social, económico y regional. 1975-1978. Departamento Nacional de Planeación. Ediciones del Banco de la República. Talleres gráficos. Bogotá. Colombia. 205p.
5. SUAREZ, M.G. 1978. Informe anual de labores. Grupo multidisciplinario de hortalizas y tuberosas. Regional No.1. Documento 00-6.-032-78. ICA. Bogotá- Colombia. 18p.
6. SUAREZ, M.G. y CASTRO, C.C. 1979. Efecto del riego por goteo y la fertilización nitrogenada en la producción del tomate Manapal. ICA- UNIVERSIDAD DE BOGOTA JTL. Sin publicar.

DOCUMENTO TECNICO 14

IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EN CANA DE AÇÚCAR
COM 3 DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

Por: Ing. Valentin Tuler (*)

(*) Chefe do Departamento de Irrigação - PLANALSUCAR.

IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EN CANA-DE-AÇÚCAR
CON TRÊS DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivos pesquisar para a região canavieira do Norte - fluminense as seguintes informações:

- a) Manejo, eficiência e durabilidade do equipamento IRTEC.
- b) Rendimentos agrícolas com três diferentes espaçamentos irrigados.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições. O experimento foi instalado na Quadra 1 da Estação Experimental de Goitacazes, com plantio em abril/78 e colheita em agosto/79.

Inicialmente foi feita uma irrigação de saturação do solo. A partir daí as irrigações eram feitas diariamente, com excessão dos dias chuvosos e fins de semana, tomando-se sempre por base a reposição de 100% da água evaporada no tanque de evaporação classe A. Os resultados obtidos indicam o tratamento ESPAÇAMENTO 0,60 x 1,40 como o melhor tanto para cana em ton/ha como em ton. de açúcar/ha. Os aumentos verificados em relação ao espaçamento tradicional da região e sem irrigação foram:

Cana	% a mais	Açúcar	% a mais
Ton/ha	-	Ton/ha	-
69,30	63,3	10,0	54,0

O volume de água aplicada no período estudado foi de 750.334 l em 124 irrigações.

DOCUMENTO TECNICO 15

DADOS PRELIMINARES DE PRODUÇÃO DE CITROS
IRRIGADO POR GOTEJO E INUNDAÇÃO

Por: Ing. Agr. Ebis Dias Santos (*)
Ing. Agr. Décio F. Costa (**)
Ing. Agr. Roberval B. Santos (***)

-
- (*) Eng^o Agr^o M. Sc., Gerente Estadual em Irrigação e Drenagem, EMATER-PE-Recife-Pe.
(**) Eng^o Agr^o Coordenador Regional, EMATER-PE, Arcoverde-Pe
(***) Eng^o Agr^o Coordenador Regional, EMATER-PE, Salgueiro-Pe.

INTRODUÇÃO

Os métodos tradicionais de irrigação por gravidade, como sulcos e várias formas de melgas são praticadas em todo o mundo há milhares de anos. Estes métodos são caracterizados por apresentarem baixas eficiências, além de outras desvantagens como: movimento e nivelamento da terra, perigo de acumulação de água no sub-solo, encharcamento e salinidade, maior requerimento de mão de obra, entre outras.

Os métodos de irrigação por aspersão, apresenta vantagens sobre os tradicionais. Mesmo assim, tem tido um incremento relativamente pequeno, quando se observa a área mundial irrigada, sendo praticamente utilizado quando existe impossibilidade de usar os métodos de gravidade.

A irrigação por gotejo é um método que consiste fundamentalmente em levar a água até as raízes das plantas, através de um sistema de tubos, fazendo-a sair sob forma de gotas por meio de dispositivos específicos (microtubos ou emissores).

Esse método tem merecido uma atenção toda especial nos últimos anos, principalmente em regiões de Israel, Estados Unidos e México (Sogres, 1973) onde a aridez, a topografia, e escassez e/ou qualidade das águas de irrigação limitam o emprego de outros métodos.

O Estado de Israel já explora comercialmente esse novo método desde 1964 e com ele tem conseguido incrementar a produção agrícola dos desertos, como relatado por Goldberg e Shmueli (1974). Nessas condições adversas (solos pobres e águas salinas), foram estudadas em algumas hortaliças como tomate, pepino, pimentão, melão e milho doce. Em outras condições, com frutas como uva (Goldberg, Rinot, Karu, 1974), o método aplicado sempre apresenta um maior rendimento em relação a sulcos e aspersão. Por outro lado, o mé

todo de irrigação por gotejo apresenta um custo elevado de implantação, contudo, proporciona uma elevada eficiência, (volumes d'água relativamente pequenos) além de um custo operacional bem reduzido, quando se avaliam essas características nos métodos de gravidade e aspersão. Ainda devido a grande eficiência desse método, torna-se aconselhável o seu emprego visando aumentar a área irrigada com economia d'água, como acontece nos açudes, nos quais a disponibilidade d'água é limitada.

MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio foi instalado na Fazenda Barriguda, situada a 3 Km da cidade de Salgueiro, alto sertão de Pernambuco. O clima da área, segundo a classificação de Koppen corresponde a BSh'W, quente, mostrando segundo registros (Projeto Boa Vista, DMOCS, 1971, Quadro I) pequena variação na temperatura média mensal, sendo a mais alta no mês de janeiro, 25°C e a mais baixa no mês de julho 23,2°C. A evaporação total, medida no tanque classe "A", alcança uma média de 314 mm, no mês de dezembro e 152,9 mm no mês de abril. A precipitação média registrada no município durante 55 anos foi de 433,4 mm. O solo do local do ensaio é do tipo bruno não cálcico, pouco profundo, variando sua textura de franco a franco arenoso. O pH em água foi de 7,8 a 8,0 e em KCl 6,9 a 7,0. A capacidade de troca de cátions, variou de 13,9 a 16,8 me/100g de solo e a condutividade elétrica do extrato de saturação expresso em EC x 10³ mmhos, foi de 0,71. A tensão de umidade a 1/3 de atmosfera variou de 23 a 26 por cento e a 15 atmosferas de 9,8 a 13 por cento (Quadro II).

Dados Climáticos para a área
do Ensaio

QUADRO I

M E S E S	TEMPERATURA	PRECIPITAÇÃO	EVAPORAÇÃO (Tanque Classe A)	
	°C	(mm)	mm (dia)	mm (mês)
JANEIRO	23,0	76,4	7,5	233,3
FEVEREIRO	25,6	93,1	8,3	232,9
MARÇO	26,2	127,1	6,9	214,1
ABRIL	25,5	62,5	5,1	152,9
MAIO	24,4	21,3	6,1	190,2
JUNHO	23,2	10,2	5,2	156,4
JULHO	23,2	5,8	6,3	194,6
AGOSTO	24,0	3,0	8,1	243,8
SETEMBRO	25,0	2,4	8,9	275,0
OUTUBRO	27,0	10,9	9,0	278,6
NOVEMBRO	27,6	31,1	9,0	268,4
DEZEMBRO	27,3	40,8	10,1	314,1
TOTAL	-	483,4	-	2.754,3

Propriedades Características do solo do ensaio

QUADRO II

PROF. (cm)	TEXTURA	pH		EC x 10 ³ 25°C	BASE TROCÁVEIS me/100g				ACIDEZ TROCÁVEL me/100g			UMIDADE %	
		H ₂ O	KCl		EXT. SAT. mmhos	Ca	Mg	Na	K	KCl	Al	H ⁺	ATM. 1/3	ATM. 15
C - 30	Franco arenoso	7,8	6,9	0,71	7,9	4,5	0,14	1,45	0,00	0,00	0,00	23,06	9,35
30 - 50	Franco	8,0	7,0	-	8,9	6,7	0,39	0,83	0,00	0,00	0,00	26,28	13,23

A experiência foi instalada em 31/10/1974, num pomar de citrus de cultivar de laranja baianinha, com espaçamento de 4m x 4m, já existente na propriedade há 9 anos e irrigadas por inundação em bacias com água de açude. No ensaio utilizou-se dois tratamentos com 42 plantas (21 em cada) sendo um irrigado por gotejo e o outro por inundação.

A adubação utilizada em cada tratamento foi de 630 kg de esterco de curral. O pomar onde se desenvolveu o ensaio não apresentava boas condições fitossanitárias. Foram feitas 3 pulverizações com folicol óleo, 2 com lebaycid e uma caiação com cupravit azul. A colheita foi iniciada em 29/04/1975 prolongando-se até 20/10/75.

Os tratamentos de irrigação foram considerados para se aplicar sempre a mesma quantidade de água, variando somente a frequência e o tempo de irrigação. To o controle da irrigação foi feito pelo método gravimétrico. Durante o período ocorreu uma precipitação efetiva de 349 mm, diminuindo portanto, as irrigações normais.

Partes das instalações da irrigação por gotejo foram provenientes da Poliolefinas S.A. Indústria e Comércio com sede em São Paulo. De um modo geral, o sistema constituiu-se de um reservatório elevado, abastecendo continuamente um filtro de areia de nível constante, de modo a apresentar sempre uma carga hidráulica de 5 m (não foi utilizado aparelho fornecedor de fertilizante); uma linha de derivação 1 1/4" e linhas laterais de 3/4", localizando-se nesta última dois gotejadores por planta, espaçados de 2,2 m. Os gotejadores fornecidos pela Firma foram do tipo regulável de parafuso, e de cor branca. A descarga utilizada foi de 4 lph por gotejador e a frequência de irrigação com intervalo de um dia (diário).

Para evitar a perda de água por evaporação superficial, foram abertos abaixo de cada gotejador, buracos de 15 cm de diâmetro por 50 cm de profundidade, introduzindo-se nos primeiros 20 cm latas de óleo furadas de

10 por 20 cm (DeReemer, 1973).

O cálculo da irrigação foi feito com base nos seguintes valores:

Vazão do gotejador = 4 lph

Número de gotejadores por plantas = 2

Área correspondente ao espaçamento da cultura = 15 m²

Área para 1 gotejador = 8 m²

Evaporação = Tanque Classe A (média mensal)

Fator de Cobertura K = 70 %

Eficiência de Irrigação Ef = 90 %

Fator de consumo de água = 70 %

O tempo de irrigação em horas por dia e volume de água em litros por árvore, por dia, estão calculados no quadro III.

Tempo de Irrigação e volume de água aplicado, para valores do tanque classe A.

QUADRO III

M E S E S	EVAPORAÇÃO	TEMPO DE IRRIG.	VOLUME D'ÁGUA
	(mm/dia)	(hora/dia)	(l/árvore/dia)
JANEIRO	7,5	8,2	55,3
FEVEREIRO	8,3	9,0	72,3
MARÇO	6,9	7,5	60,1
ABRIL	5,1	5,6	44,4
MAIO	5,1	6,6	53,1
JUNHO	5,2	5,7	45,3
JULHO	6,3	6,9	54,9
AGOSTO	8,1	8,3	70,6
SETEMBRO	8,9	9,7	77,5
OUTUBRO	9,0	9,8	78,4
NOVEMBRO	9,0	9,8	78,4
DEZEMBRO	10,1	11,0	88,0

Nos cálculos de irrigação por inundação, a eficiência foi estimada em 30 %. A lâmina líquida foi de 41 mm, para uma profundidade efetiva de 60 cm, utilizando-se 40 % da água disponível. Os intervalos de irrigação variaram de 8 a 16 dias.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os gotejadores do tipo regulável de parafuso, desajustam-se com facilidade, necessitando de mão de obra constante, tornando-se praticamente inviável sua utilização em grandes áreas. Além disso, sua cor branca propicia obstruções devidas as algas que a luz faz crescer, sendo necessário pintá-los de preto.

As latas de óleo colocadas, apesar de baixo valor de aquisição apresentam uma vida útil de apenas um ano, sendo preferível a utilização de canos plásticos.

Os dados preliminares registrados no quadro IV, foram tomados de 21 plantas de cada tratamento e extrapolados para 1 ha. Os rendimentos obtidos com o gotejo comparados com o sistema de inundação, foram superiores, tanto em peso, quanto em número. O período da colheita foi mais rápido, devido a uma maturação uniforme. Os frutos foram mais uniformes com melhor apresentação e sabor. Estes frutos, apesar de mais pesados, tiveram um diâmetro um pouco menor. Acredita-se que a redução do tamanho dos frutos foi devido principalmente a maior frutificação e a adubação deficiente (apenas esterco de curral), aplicada nos dois tratamentos.

Dados Preliminares de Citrus Irrigado por Gotejo e Inundação

Período Nov/74 a Out/75

QUADRO IV

ESPECIFICAÇÃO	MÉTODO DE IRRIGAÇÃO		%
	GOTEJO	INUNDAÇÃO	
Água aplicada em cm	111,2	333,6	67
Produção em cento/ha	5.027	2.742	83
Produção em kg/ha	62.837	31.990	96
Brix em %	10,8	10,4	0,04

A comercialização dos produtos foi efetuada na propriedade ao preço médio de Cr\$ 10,00 o cento. O custo de implantação do sistema está orçado em Cr\$ 8.300,00, quadro V.

Considerando-se os resultados obtidos e as condições em que foram realizadas o ensaio pode-se chegar as seguintes conclusões:

- a) O investimento é pago no primeiro ano apenas com o aumento de produção (Cr\$ 22.850,00).
- b) A adubação efetuada no pomar e o estado fitossanitário do mesmo, talvez tenha influenciado a produção, especialmente no gotejo.
- c) Para condições de água de açude, espera-se que o funcionamento do sistema seja bem satisfatório.

No quadro V, apresentamos o preço de venda para um conjunto de irrigação por gotejo com tubos de polietileno (Petrothene) para 1 ha, destinado a uma cultura com espaçamento de 4 m x 4 m com 2 gotejadores por planta.

Preços de venda fornecidos pela Poliolefinas S/A Indústria e Comércio*

QUADRO V

MATERIAL POR ha. APROXIMADO	VALOR EM Cr\$
1.350 gotejadores	1.900,00
100 m de tubos de PE com 1"	450,00
50 m de tubos de PE com 2"	600,00
2.500 m de tubos de PE com 1/2"	3.750,00
Conexões, tee etc., 200 peças	600,00
Revestimento do reservatório (35 m ³) com lençóis de polietileno e 2 filtros.	500,00
Montagem do conjunto	500,00
TOTAL	8.300,00

* Não estão incluídas despesas com transportes, IPI e escavações do reservatório.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- DEREMER, Dale. 1973 - Gotas de experiênciã. El Surco Latino Americano, Mexico, nº 1, p.7.
- DNOCS., 1971 - Projeto Boa Vista. Aproveitamento Hidro - Agrícola do Açude Público Boa Vista. Recife.
- GOLDBERG D., RINOT M., KARU. 1974 - Efecto de los intervalos en el riego por goteo, sobre la distribucion y utilizacion de la humedad del suelo en un viñedo. Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). Mexico.
- GOLDBERG D., SIMUELI M. 1974 - En el riego por goteo um metodo para aumentar la producion agricola en condiciones adversas de suelos y agua salina (trabajo presentado, en la Conferência Internacional de Tierras Aridas celebrada em 1969 en Tucson, Arizona). Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). México,
- SOARES, Juracy Braga. 1973 - Irrigação por gotejamento, considerações básicas. Convênio MINTER/SUDENE/IICA. Petrolina.

DOCUMENTO TECNICO 16

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL VOLUMEN DE SUELO MOJADO
Y SU IMPORTANCIA EN EL DISEÑO Y EFICIENCIA DE
SISTEMAS DE RIEGO LOCALIZADO

Por: Ing. Jose Manuel Hernández Abreu (*)

(*) Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias - España.

INTRODUCCION

Una característica inherente a los sistemas de riego localizado es la de no mojar toda la superficie bajo cultivo y, mas aun, la de no mojar todo el volumen de suelo correspondiente a dicha superficie. Una de las primeras evidencias de que era posible obtener buena producción sin mojar todo el volumen radicular, la obtuvo J.D.F. BLACK (1966) (segun cita de GLODBERG, GORNAT & RIMON, 1976). La experiencia consistió en regar 1/4, 2/4, 3/4 y 4/4 del volumen radicular de manzanos juvenes, y se obtuvieron ratas de transpiración del 74%, 88%, 94% y 100% respectivamente.

El modelo de VAN DEN HONERT (1948) para explicar el continuo suelo-planta-atmosfera, concibe el recorrido del agua como un conjunto de resistencias en serie (r_i), donde la velocidad de flujo (V) en cada sección puede ser considerada constante. Como el flujo obedece a diferencias de potencial del agua (D. Pot.), el modelo propone - por analogia con la Ley de Ohm - la siguiente ecuación:

$$V = \frac{D. Pot. s}{r_s} = \frac{D. Pot. r}{r_r} = \frac{D. Pot. x}{r_x} = \frac{D. Pot. h}{r_h} = \frac{D. Pot. g}{r_g}, \text{ donde}$$

r_s , r_r , r_x , r_h y r_g representan resistencias al transporte del agua en suelo, raíz, xilema, hoja y fase gaseosa. De esta primera hipótesis puede deducirse, omitiendo el potencial gravitatorio del suelo, que: (1) $Pot. h = Pot. s - Vr_i$. Esta ecuación muestra la relación existente entre el potencial de agua en hoja ($Pot. h$), el potencial del agua en el suelo ($Pot. s$), la velocidad de flujo (V) y las resistencias al transporte del agua (r_i).

Indudablemente, un mayor volumen radicular, además de su influencia en la resistencia del suelo al transporte de agua, que no entramos a discutir, reduce el término de resistencia radicular (r_r) considerado anteriormente, al incrementarse la superficie total radicular para la absorción de agua y reducirse la resistencia radial de la raíz. A la inversa, una disminución del volumen radicular, producirá un incremento

en la resistencia al transporte de agua en la raíz. Por tanto, en condiciones de riego localizado de alta frecuencia, con potenciales matricos del agua en el suelo constantemente bajos, se producirá un decremento del primer sumando de la ecuación (1) que permitiría, a igualdad de valor del potencial de agua en hoja ($Pot.h$), un incremento en el segundo sumando debido a un aumento en la resistencia al flujo de agua en el sistema radicular. Por otra parte, evidencias experimentales de diversos cultivos bajo riego localizado, muestran, según varios autores, aumentos importantes de la densidad de raíces en la zona mojada, frente a los valores normales obtenidos cuando se aplica agua a toda la superficie de cultivo, lo que hace pensar que - muy probablemente - la disminución del volumen radicular sea menor que la que se produce en el volumen de suelo mojado. Además, bajo condiciones de riego de alta frecuencia se producirá probablemente una disminución de la resistencia al flujo del agua en el interior del volumen de suelo mojado.

La posibilidad de obtener buenos resultados agronomicos con un sistema de riego localizado dependera pues, en gran medida, del balance entre la disminución de la tensión matrica del suelo y el posible incremento de resistencia total del sistema radicular, con el fin de obtener unos potenciales en hoja adecuados.

A efectos de diseño de instalaciones de riego localizado, surgen inmediatamente dos preguntas:

- 1º) ¿Hasta donde es posible reducir, economicamente, el volumen de suelo mojado?, o mas propiamente, ¿Cual es la función de producción de un cultivo determinado para un volumen de agua de riego aplicado equivalente a la ET, respecto al volumen de suelo mojado?
- 2º) Una vez establecido este valor ¿como puede conocerse, a priori, el numero de emisores necesario para obtenerlo en unas condiciones de ET, y unas características físicas del suelo determinadas?

La carencia de respuestas concretas a estas cuestiones que, en mi opinion, existe, constituye uno de los problemas mas graves, desde el punto de vista agronomico, para el diseño de instalaciones eficientes de riego localizado y ha sido responsable de algunos fracasos importantes de este tipo de riegos en España y particularmente en las Islas Canarias.

EL PORCENTAJE DE SUELO MOJADO (P)

Una forma de evaluar el volumen de suelo mojado ha sido propuesta por KARMELI & KELLER (1974); consiste en medir el area mojada y referirla porcentualmente al area total de cultivo. MERRIAM & KELLER (1978) estandarizan la medida del area mojada a una profundidad de unas 12 pulgadas. Segun estos autores, no ha sido establecido un valor minimo absoluto del porcentaje de suelo mojado y tentativamente aconsejan, para cultivos ampliamente espaciados, porcentajes superiores al 20% en zonas de alta precipitación, donde el riego actua como apoyo durante los periodos de sequia (generalmente cortos) y entre el 33% y el 50% en zonas de baja precipitación, estableciendo unas curvas tentativas de respuesta a diversos valores de P en terminos de cosecha relativa, con referencia a las producciones obtenidas por los metodos tradicionales de riego (KARMELI & KELLER, 1974). No ha sido posible encontrar mayor información al respecto en la literatura consultada.

El problema se presenta principalmente en cultivos de plantación a espaciamientos medios o amplios, pues en cultivos de alta densidad de plantación, el hecho de aplicar agua al sistema radicular de cada planta se traduce, normalmente, en unos valores de P elevados.

Se trata de un tema con ciertas dificultades para abordarlo a nivel experimental y las funciones de respuesta variaran, probablemente, no solo para cada cultivo, sino con las condiciones climaticas, especialmente la rata de Evapotranspiración, y la cuantia y distribución de las lluvias.

En las condiciones de las Islas Canarias, en zonas de 250 mm. de lluvia anual y evaporación pico en lamina libre de agua (medida en Evaporimetro Clase A) del orden de 5-7 mm/dia, se ha observado sintomas de deficit hidrico en algunas plantaciones de Banana (cultivar 'Dwarf Cavendish'), regadas con sistema de goteo, incluso con aplicaciones de agua un 25-30% superiores a las usuales en otras plantaciones con desarrollo normal. En todos los casos pudo medirse el porcentaje de suelo mojado y evaluarse la respuesta al incremento del mismo, al aumentar el numero de puntos de emisión de agua, aplicando la misma dosis de riego y en muchos casos reduciendola, como resultado de un importante incremento en la eficiencia de riego. Es importante señalar aqui que nosotros modificamos la definición de porcentaje de suelo mojado dada anteriormente, midiendo el area media mojada por planta y refiriendola al valor medio del area sombreada por la planta. Con esta modificación pretendemos encontrar valores de P independientes de la distancia entre plantas y de la edad de los arboles en el caso de plantaciones frutales. Al porcentaje de suelo mojado asi definido lo llamaremos P', y su relación con P sera:

$$P' = P \cdot \frac{\text{Area Sombreada por una Planta}}{\text{Area Correspondiente a una Planta}}$$

Cuanto mayor sea la densidad de plantación, mas similares seran ambos valores.

El estudio de las plantaciones antes citadas ha permitido ir elaborando, con caracter tentativo, unos niveles de respuesta, en terminos de producción, para diversos valores de P', en plantaciones de Banana de las Islas Canarias, que se presentan en el Cuadro I. Se carece de datos de respuesta para valores de P' mayor que 60%, pues en estas condiciones el cultivo se desarrolla a satisfacción de los agricultores que no han incrementado, por tanto, el numero de emisores. Es interesante señalar que practicamente todos los casos estudiados correspondieron a instalaciones con una linea de emisores por linea de plantas (plantación de 2'5 x 2'5 m.) y con distancia entre emisores de 70-80 centimetros. Generalmente las zonas humedas no se unian bajo la superficie

del suelo, y en estas condiciones no existían raíces en la zona húmeda situada entre dos plantas, no siendo utilizada por el cultivo el agua aplicada por esos emisores. En la actualidad, prácticamente todas las plantaciones con esas distancias entre plantas, se riegan con los emisores dispuestos en ~~el~~ alrededor de cada planta.

LA ESTIMACION CON FINES DE DISEÑO DE LA FORMA Y DIMENSIONES DEL VOLUMEN DE SUELO MOJADO

La forma y dimensiones del volumen de suelo mojado desde un emisor depende, ante todo, de las propiedades físicas del suelo y, para un suelo dado, del volumen de agua aplicado, caudal del emisor y topografía del terreno (GOLDBERG, GORNAT & RIMON, 1976; ROTH, 1974). Se entiende que se hace abstracción de la presencia del cultivo (sistema sin sumidero de agua), y de la tasa de evapotranspiración.

Los modelos matemáticos para el flujo de agua en el suelo desde una fuente puntual o lineal han recibido considerable atención en los últimos años. La base de partida la constituye la ecuación del flujo del agua en el suelo. BRANDT et al. (1971) propuso una solución numérica basada en diferencias finitas. Otros autores (LOMEN & WARRICK, 1974, 1976; WARRICK, 1974; WARRICK & LOMEN, 1976; RAATS, 1977) han seguido una técnica alternativa, asumiendo que en un sistema de goteo, operado frecuentemente con periodos de aplicación de agua suficientemente largos, sería aplicable la relación exponencial entre conductividad hidráulica y la carga de presión del agua en el suelo según GARDNER (1958), llegando a soluciones analíticas a la ecuación de flujo. BEN-ASHER, LOMEN & WARRICK (1978) compararon ambas soluciones, encontrando respuestas similares en términos generales.

Sin embargo, estos modelos implican una serie de restricciones que hacen que sea muy variable su correspondencia con los valores obtenidos en campo, debido a factores como la dimensión de la zona saturada bajo el gotero (MERRIL, RAATS & DIRKSEN, 1978), volúmenes de agua aplicados respecto a la ET y distribución de raíces (MILLER, 1975;

BAR-YOSEF & SHEKHOLSLAMI, 1976; JURY & EARL, 1977; BRESLER, 1978). Una dificultad adicional para la utilización de estos modelos es la de que los diseñadores de riegos localizados, en muchas areas del mundo, no encuentran facilidades para utilizar computadoras de suficiente capacidad, necesarias para resolver estas ecuaciones.

Unas aproximaciones que se usan frecuentemente la constituyen unos datos medios, usualmente en función de la textura del suelo, que en forma de tablas aparecen en algunos manuales de riego. La utilización de estas tablas debe hacerse con mucha precaución, tras comprobar que las condiciones en que se diseña son muy similares a aquellas para las que las tablas fueran calculadas. Parece interesante recordar aqui que el movimiento del agua en el suelo no depende tanto de la distribución del tamaño del diametro efectivo de sus particulas (textura), como de una serie de propiedades inherentes a su estructura y sobre todo a la existencia de discontinuidades en el perfil fisico del suelo (suelos no homogeneos, estratificados).

Quizas, el metodo mas simple y seguro que puede utilizarse, hoy por hoy, para estimar la forma y dimensiones del volumen de suelo mojado desde un emisor, con fines de diseño, sea realizar una prueba en campo. Si es posible, puede usarse una plantación proxima, con el mismo cultivo y suelo, para realizar la evaluación. Si no, basta con un dispositivo sencillo compuesto de:

- Deposito para agua de unos 100 litros de capacidad;
- Soporte para el deposito de aproximadamente 1'50 m. de altura;
- Tuberia de polietileno ϕ 12 ó 16 mm. de 3 a 5 metros de longitud;
- Emisores de flujo turbulento.

Con este equipo puede aplicarse varias veces la cantidad de agua estimada en los calculos previos como necesaria, con lcs mismos intervalos a que, posteriormente, se aplicarian los riegos. Al final de este proceso, se abre una zanja segun una linea recta que pase por el punto donde estaba situado el emisor y se toman las medidas necesarias para dibujar con exactitud la forma del suelo mojado. Esta medida debe

repetirse tantas veces como la variabilidad del suelo aconseje. La primera limitación al diseño la constituye la profundidad mojada, que no debe superar en más de un 10 ó 20% la profundidad radicular del cultivo, si se quiere conseguir una alta eficiencia de aplicación en parcela. Un 10 ó 20% más de profundidad mojada puede ser deseable como fracción de lavado para control de sales (STEVENSON & TAIT, 1974). Si la profundidad mojada obtenida no coincide con la deseada, y se trata de un suelo muy homogéneo, puede estimarse cuál sería el radio y por tanto el área mojada para la profundidad deseada, calculando en el perfil obtenido la relación radio:profundidad y multiplicándola por el nuevo valor de la profundidad. Si el suelo no fuera homogéneo, sería necesario repetir la prueba con mayor o menor cantidad de agua, pues la forma del volumen de suelo mojado puede variar considerablemente según el frente húmedo alcance o no determinadas capas del suelo. Un sistema de tanteos permitirá obtener las condiciones adecuadas de diseño, satisfaciendo las siguientes relaciones:

- Necesidad de agua por planta y día x Intervalo entre riegos en días = Volumen de agua aplicado por emisor x Número de emisores por planta.
- Área que se desea mojar por planta = Área que moja un emisor x Número de emisores por planta.
- Profundidad mojada = Profundidad de raíces x K, variando K entre 1 y 1'2.

La realización de esta prueba en campo presenta otras ventajas adicionales, como son:

- Permite dar unas normas razonablemente aproximadas para el posterior manejo del Programa de Riegos;
- Permite evaluar económicamente el diseño de la instalación, si se dispone de una buena estimación del incremento en costo de la instalación por nuevo punto de emisión añadido y se conoce el precio del agua. Si el número de puntos de emisión por planta necesarios fuese alto, puede optarse por reducir el número de emisores a costa de perder agua en profundidad, o incluso sustituir el sistema de goteo por

aquellos como la miniaspersión o aspersión localizada que, en algunas ocasiones, pueden presentar importantes ventajas.

El el Cuadro II se presenta, a modo de ilustración, una estimación del número de puntos de emisión por planta necesarios en diversos tipos de suelos de las Islas Canarias. De su análisis se deduce que el número de emisores necesarios para un adecuado diseño de riego, para unas mismas condiciones de clima y cultivo, depende en gran parte de las características del flujo del agua en el suelo, y de ahí la importancia de conocer estas propiedades antes de ejecutar el diseño. Para unas condiciones dadas, a partir de un determinado valor de la relación radio mojado / profundidad mojado (r/p), el número de emisores necesario aumenta considerablemente para pequeñas disminuciones del valor (r/p), y en esas condiciones la adaptabilidad del riego por goteo comienza a ser mala y comienzan a ser ventajosos otros sistemas de riego.

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

- 1) BAR-YOSEF, B., & M.R. SHEIKHOLSLAMI. 1976. Distribution of water and ions in soils irrigated and fertilized from a trickle source. Soil. Sci. Soc. Am. J. 40(4): 575-582.
- 2) BEN-ASHER, J., D.O. LOMEN & A.W. WARRICK. 1978. Linear and nonlinear models of infiltration from a point source. Soil Sci. Soc. Am. J. 42(1): 3-6.
- 3) BRANDT, A., et al. 1971. Infiltration from a trickle source: I Mathematical models. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35: 675-682.
- 4) BRESLER, E. 1978. Analysis of trickle irrigation with application to design problems. Irrigt. Sci. 1(1): 3-17.
- 5) GARDNER, W.R. 1958. Some steady-state solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from a water table. Soil Sci. 85: :228-232.
- 6) GOLDBERG, D., B. GORNAT & D. RIMON. 1976. Drip irrigation principles, design and agricultural practices. Drip Irrigation Scientific Publications; Israel. 296 pp.
- 7) JURY, W.A., & K.D. EARL. 1977. Water movement in bare and cropped soil under isolated trickle emitters: I Analysis of bare soil experiments. Soil Sci. Am. J. 41(5): 852-856.
- 8) KELLER, J., & D. KARMELI. 1974. Trickle irrigation design for optimal soil wetting. In 2nd Intern Drip Irrigation Congress Proceedings, California, USA: :240-245.
- 9) LOMEN, D.O., & A.W. WARRICK. 1974. Time dependent linearized infiltration II: Linear Sources. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 38(4): 568-572.
- 10) _____ 1976. Solution of the one-dimensional linear moisture flow equation with implicit water extraction functions. Soil Sci. Am. J. 40(3): 342-344.
- 11) MERRIAM, J.L., & J. KELLER. 1978. Farm irrigation system evaluation: a guide for management. Utah State Univ., Logan, USA.
- 12) MERRIL, S.D., P.A. RAATS & C. DIRKSEN. 1978. Laterally confined flow from a point source at the surface of an inhomogeneous soil column. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 851-857.

- 13) MILLER, D.E. 1975. Effect of daily irrigation on water content and suction profiles in soils of three textures. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39(3): 512-515.
- 14) RAATS, P.A. 1977. Laterally confined, steady flows of water from sources and to sinks in unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41(2): 294-304.
- 15) ROTH, R.L. 1974. Soil moisture distribution and wetting pattern from a point source. In 2nd Intern. Drip Irrigation Congress Proceedings, California, USA: 246-251.
- 16) STEVENSON, D.S., & R.S. TAIT. 1974. Edaphic microtubular continuous flow irrigation in Canada. In 2nd Intern. Drip Irrigation Congress Proceedings, California, USA: 86-90.
- 17) VAN DEN HONERT, T.M. 1948. Water transport in plants as a catenary process. *Discuss. Faraday Soc.* 3: 146-153.
- 18) WARRICK, A.W. 1974. Time dependent linearized infiltration I: Point sources. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 38(3): 383-386.
- 19) WARRICK, A.W. & D.O. LOMEN. 1976. Time dependent linearized infiltration III: Strip and disc sources. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40(5): 639-643.

CUADRO I - NIVELES TENTATIVOS DE RESPUESTA DE BANANA (CV. DWARF CAVENTISH) EN LAS ISLAS CANARIAS A VALORES DE P'

P % (ESTIMADO)	P' %	RESPUESTA
Menor que 15	Menor que 20	Daños graves
15-20	20-30	Daños apreciables
20-30	30-40	Respuesta muy probable
30-35	40-50	Respuesta probable
35-40	50-60	Respuesta poco probable
Mayor que 40	Mayor que 60	Sin datos

CUADRO II - ESTIMACION DEL NUMERO DE PUNTOS DE EMISION POR PLANTA NECESARIOS PARA BANANA EN LAS ISLAS CANARIAS

Area Sombreada por el Cultivo (estimada): 3'2 m2
 Porcentaje de suelo mojado minimo adecuado (estimado): 40% - 1'3 m2
 Profundidad a mojar: 50 cms.
 Dosis maxima de riego: 25 litros por planta y dia
 Intervalo entre riegos: 1-3 dias

RELACION RADIO/PROFUNDIDAD MOJADO	RADIO MOJADO (cm.)	SUPERFICIE MOJADA POR GOTERO (m2)	NUMERO DE GOTEROS NECESARIOS	ADAPTABILIDAD AL GOTEO
1'30	65	1'33	1	Buena
1'15	57'5	1'04	2	Buena
1'00	50	0'78	2	Buena
0'90	45	0'63	2	Buena
0'80	40	0'50	3	Buena
0'70	35	0'38	4	Media
0'60	30	0'28	5	Media
0'50	25	0'20	7	Mala
0'40	20	0'12	10	Mala

III SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE RIEGO POR GOTEO

DOCUMENTO TECNICO 17

ESTUDIO DE ALGUNAS CARACTERISTICAS DE FRICCION EN
TUBERIAS DE PEQUEÑO DIAMETRO PARA
LATERALES DE RIEGO POR GOTEO

Por: Ing. Agr. Jesús R. Paraqueima (*)

(*) Ing. Agr. MS. Director del Proyecto MAC 76-1 del Tigre. CIARNO

ESTUDIO DE ALGUNAS CARACTERISTICAS DE FRICCIÓN
EN TUBERIAS DE PEQUEÑO DIAMETRO PARA LATERALES
DE RIEGO POR GOTEO.

Por: Ing^o Agr^o. M.S. Jesús Paraqueima 1/

El presente estudio se realizó con el objeto de evaluar algunas características de fricción en tuberías de pequeños diámetro, las cuales son utilizadas en laterales de riego por goteo. En la parte experimental se hicieron pruebas con tuberías de 1/2 pulgada de diámetro de los siguientes materiales: PVC, Cobre y Polybutileno.

La tubería de PVC fue utilizada para establecer las características de fricción para tubos lisos, rectos, circulares y diámetro uniforme.

La tubería de cobre fue utilizada para determinar el efecto de la variación de la sección transversal del tubo sobre el factor de fricción. Para ello se hicieron pruebas con tres diferentes figuras de la sección transversal del tubo: tubo original (circular), tubo con dos deformaciones de su sección transversal, 10.8% y 18.3% de achatamiento.

El efecto de achatamiento de la tubería sobre las características de fricción en mangueras de polybutileno fue determinado mediante pruebas a baja presión (manguera relativamente achatada) y a alta presión (manguera de sección transversal circular).

Además, también se probó el efecto de la alineación en mangueras de polybutileno mediante la realización de pruebas con mangueras en dirección recta y mangueras libres.

1/ Investigador en riego y drenaje, Estación Experimental Guanipa, FONAIAP, Venezuela.

Los resultados experimentales fueron analizados en función de la relación entre el factor de fricción y el número de Reynolds, y cuando fueron graficados se notó que las curvas tenían la misma tendencia de las curvas del Diagrama de Moody. Esto demuestra que la ecuación de Darcy - Weisbach puede ser usada para calcular pérdida de carga en tuberías de pequeño diámetro.

Es interesante señalar que la tubería de PVC, la tubería de cobre no deformada y la manguera de polybutileno a alta presión se comportaron más lisos que la tubería "hidráulicamente lisa" del diagrama de Moody.

También se encontró que el coeficiente de rugosidad de Hazen-Willianes es directamente proporcional al número de Reynolds; por lo tanto, el valor de C debe ser variado en función del gasto cuando se use la fórmula de Hazen-Williams para determinar pérdidas de carga.

Se determinó que el achatamiento de la tubería es un importante factor que influye sobre las pérdidas de carga. Niveles de achatamiento entre 3.0 y 18.0 % aumentan las pérdidas de carga entre 7.0 y 12.0 %.

Las variaciones en la alineación aumentan ligeramente las pérdidas por fricción en mangueras de polybutileno.

El gradiente de pérdida de carga para mangueras sometidas a baja presión y yaciendo libre sobre el suelo (situación práctica más típica en riego por goteo) puede ser calculada por medio de la ecuación: $J = 0.673 Q^{1.69}$, donde J es la pérdida de carga expresada en pies por cada 100 pies de tubería, y Q es el gasto en galones por minuto. Cuando se usa la fórmula de Hazen-Williams el valor de C varía de 132 para un gasto de 1.0 GPM a 147 para un gasto de 4.0 GPM.

Cuando se usa la ecuación de Darcy-Weisbach para calcular pérdidas por fricción en mangueras yaciendo libre y a baja presión, el factor de fricción puede ser calculado de la curva para tubos lisos del diagrama de Moody.

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

El riego por goteo es un método de irrigación relativamente nuevo mediante el cual se suministra continuamente toda el agua que el cultivo requiere para cubrir las demandas de transpiración.

Un sistema de riego por goteo consiste de un control de carga, tubería principal, manifolds, laterales y goteros. Es uno de los métodos de riego que ofrece integralmente ventajas de tipo agrónomo, agrotécnico y económico para un uso eficiente del agua .

Su gran desventaja es la sensibilidad de obstrucción de los goteros por impurezas en el agua y acumulación de sales .

También requiere una buena uniformidad de descarga del gotero, ya que sólo una parte del area es mojada durante el riego.

La pérdida de carga por fricción es una de las principales causas de diferencias de presión resultantes en descargas desuniformes; por lo tanto, se requiere un buen conocimiento de los factores que determinan las pérdidas de carga antes de diseñar un sistema de riego por goteo eficiente .

Entre estos factores están las conexiones de los goteros, achatamiento de las mangueras, irregularidades en la sección transversal del tubo y los flujos secundarios causados por las ondulaciones del terreno.

Este estudio consiste principalmente en la determinación del efecto de algunos factores geométricos como **achatamiento, alineación y variaciones** en la sección transversal sobre las características de fricción de tubos muy lisos y mangueras de polybutileno .

Para ello se establecerán dichas características de pérdidas por fricción en tubos lisos, rectos, circulares y sección transversal uniforme; así como también se demostrarán los efectos de las variaciones en la sección transversal, achatamiento y sinuosidades causadas por la flexibilidad de las mangueras de polybutileno o polyetileno comunmente usada en laterales de riego por goteo.

REVISION DE LITERATURA

La relación entre los factores que determinan las pérdidas de carga han sido establecidas mediante la realización de innumerables experimentos con el flujo de agua a través de tuberías largas, rectas y cilíndricas. Darcy, Weisbach y otros propusieron una ecuación de la forma :

$$H_L = F \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (1)$$

donde, H_L es la pérdida de carga, L es la longitud de la tubería, D el diámetro interno, V la velocidad promedio, g la fuerza de gravedad y F el factor de fricción.

Muchos autores han establecido que el factor de fricción, F , depende de el número de Reynolds, R , y de la rugosidad relativa del tubo, e/D . Un análisis dimensional ha generado la siguiente ecuación :

$$F = F (R, e/D) \dots\dots\dots (2)$$

Esta relación funcional sólo es válida para flúidos newtonianos fluyendo a través de tuberías circulares (11). La misma fué estudiada ampliamente por NIKURADSE (1933) trabajando con tuberías de rugosidad causada artificialmente . Sus resultados no pueden ser usados directamente en problemas de ingeniería debido a la gran diferencia entre la rugosidad artificial de las tuberías usadas por Nikuradse y las tuberías comerciales producidas por la tecnología moderna; sin embargo, proveen una buena base para el análisis cuantitativo de los efectos de la rugosidad sobre el flujo del líquido (7,8,9,11) .

Colebrook (Citado por Moody) en colaboración con C.M. White desarrollo una función la cual proporciona valores adecuados del factor de fricción para la mayoría de los tipos comerciales de tuberías.

Debido a los inconvenientes para la solución algebraica de esa ecuación, Moody (6) ploteó el factor de fricción como una función del número de Reynolds con curvas de rugosidad relativa correspondientes a varios valores de e/D . Estas curvas constituyen el conocido Diagrama de Moody y son ampliamente utilizadas para la

solución de problemas de ingeniería . Para el cómputo del factor de fricción pueden ser utilizadas las siguientes ecuaciones, según el caso :

a. Flujo laminar (R menor de 2.000), se usa la ecuación de Hagen - Poiseuille :

$$F = \frac{64}{R} \dots\dots\dots (3)$$

b. Flujo turbulento en tubos lisos (R entre 3.000 y 100.000) se usa la ecuación de Blasius :

$$F = \frac{0.316}{R^{0.25}} \dots\dots\dots (4)$$

también puede ser usada la ecuación de Von Karman-Nikuradse :

$$\frac{1}{\sqrt{F}} = 2 \log_{10} (R \sqrt{F}) - 0.80 \dots\dots\dots (5)$$

c. Zona de transición, se usa la función de Collebrook-White :

$$\frac{1}{\sqrt{F}} - 2 \log_{10} (D/e) = 1.14 - 2 \log_{10} (1 + \frac{9.28}{R (e/D) \sqrt{F}}) \dots (6)$$

d. Zona completamente turbulenta, se usa la ecuación de Nikuradse:

$$\frac{1}{\sqrt{F}} - 2 \log_{10} D/e = 1.14 \dots\dots\dots (7)$$

HIDRAULICA DE LATERALES DE RIEGO POR GOTEO

En un sistema de riego por goteo los materiales más utilizados en líneas principales y laterales son, respectivamente, tubos de PVC (plástico rígido) y mangueras de polyetileno (plástico flexible).

Para el cálculo de pérdida de carga a lo largo de los laterales de riego por goteo se ha venido utilizando la fórmula empírica de Hazen-Williams :

$$J = \frac{H_F}{L} 100 = K (\frac{Q}{C})^{1.852} D^{-4.87} \dots\dots\dots (8)$$

donde J es el gradiente de pérdida de carga (m/100 m ó pie/100 pies), L es la longitud de la tubería (m, pies), C es el coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams, H_F es la pérdida de carga (m, pies), Q es la descarga en la tubería (l.p.s. o G.P.M.), D es el diámetro interno del tubo (mm., pulgadas) y K es una constante que depende del sistema de medida utilizado (1.21×10^{12} en

el sistema métrico, y 1050 en el sistema inglés) (2) .

Según Morris y Wiggert (7), esta fórmula no es recomendable para calcular pérdidas de carga en tubos de diámetro pequeño y a bajos valores del número de Reynolds porque es dimensionalmente no homogénea, no toma en cuenta la viscosidad del fluido y está basada en datos obtenidos a altos valores del número de Reynolds y a un alto grado de turbulencia .

La mayoría de los diseñadores de sistema de riego por goteo han usado un valor de 150 para el coeficiente C de Hazen-Williams. Howelly y Hiler (1) determinaron experimentalmente un valor aproximado a 130 para este coeficiente en mangueras de polietileno de 1/2 pulgada de diámetro.

Urbina (10), trabajando sobre las características de pérdidas de carga en mangueras de polietileno con goteros, encontró que las mangueras de 3/8 de pulgadas de diámetro eran más lisas que los tubos "hidráulicamente lisos" del diagrama de Moody, pero las mangueras de diámetro mayor (1/2, 3/4 y 1") se comportaron como tubos ligeramente rugosos .

Estos resultados indican que la rugosidad relativa no es el único parámetro que gobierna las características de pérdidas de carga en mangueras plásticas . Por lo tanto, se requiere estudiar el efecto que tienen el achatamiento de la manguera y las irregularidades en el diámetro sobre las características de fricción de mangueras de pequeño diámetro.

EFFECTO DE LOS FACTORES GEOMETRICOS SOBRE LAS PERDIDAS DE CARGA.

El efecto de flexibilidad de la tubería, achatamiento e irregularidades en la sección transversal como una consecuencia de variaciones en el diámetro están entre las causas de pérdidas de carga menos estudiadas .

Variaciones en el diámetro causan un incremento en las pérdidas de energía porque el fluido aumenta y disminuye de velocidad alternadamente a medida que pasa a lo largo de la tubería. Estos reajustes de velocidad causan alguna disipación de energía, incrementando así el factor de fricción (3, 4).

Malaika (5) introduce en las condiciones limitantes del flujo a través de tuberías un parámetro adimensional relacionado con

la forma geométrica de la sección transversal del tubo.
El mismo autor, trabajando con conductos no circulares, encontró que el factor de fricción aumenta con la reducción del diámetro del círculo inscrito. En otras palabras, mientras más achatado sea el tubo, mayor será el factor de fricción.

MATERIALES Y METODOS

El sistema mostrado en la figura 1 fué conectado a la línea de agua del laboratorio de hidráulica de la Universidad del Estado de Utah . La presión de trabajo se mantuvo constante mediante un regulador de presión. La descarga fué calculada midiendo el tiempo necesario para acumular un peso determinado de agua .

Para las mediciones de las pérdidas de carga se utilizaron dos manómetros. Uno con un fluido de gravedad específica de 1.75 para el regimen laminar hasta un número de Reynolds de 7.000 ; y el otro, cuyo flujo correspondiente a un número de Reynolds entre 7.000 y 20.000.

Se utilizaron tres diferentes tuberías del mismo diámetro nominal : PVC de 1/2 pulgada, cobre de 1/2 pulgada y manguera de polybutileno de 1/2 pulgada de diámetro, PB, grado 2110.

El diámetro interno, calibre y otras dimensiones de la las tuberías son mostrados en la tabla 1.

" El porcentaje promedio de achatamiento " (tabla 1, columna 7) fue calculada dividiendo el promedio de las diferencias, entre varias medidas, del maximo y mínimo diámetro externo promedio y multiplicando por 100.

El area de la sección transversal fue calculada mediante la fórmula :

$$A = \frac{\pi}{4} \times (\text{Diámetro Interno Maximo} \times \text{Diámetro Interno Mínimo}) \dots\dots\dots (9)$$

El porcentaje de variación del area a lo largo del tubo (tabla 1, columna 8) fue calculada dividiendo la desviación standard de varios valores de area entre el diámetro interno promedio y multiplicando por 100.

PROCEDIMIENTO

1. Prueba con la tubería de PVC: Se empleó una tubería de PVC de 80 pies de largo. La conexión de presión aguas arriba fue colocada a 10 pies de la conexión con la línea principal a fin de evitar el efecto disturbador del flujo causado por la derivación, codos, válvulas y otros accesorios. La conexión de presión aguas abajo fué conectada a 10 pies de la válvula de des

TABLA 1.- Dimensiones de los Tubos Utilizados.

Tipo de Tubo (1)	Diámetro Nominal (Pulg.) (2)	Diámetro Interno Promedio		Grosor de las Paredes Promedio		Porcentaje de Achatamiento Promedio (7)	Porcentaje de Variación del Área (8)
		(Pulg.) (3)	(Cms.) (4)	(Pulg.) (5)	(Cms.) (6)		
PVC	1/2	0.693	1.760	0.082	0.208	0.97	0.78
Cobre (Tubo Original)	1/2	0.559	1.420	0.040	0.102	0.72	1.09
Cobre (1ra. Deformación)	1/2	0.553	1.405	0.040	0.102	10.84	3.36
Cobre (2da. Deformación)	1/2	0.550	1.397	0.040	0.102	18.32	0.76
Polybutileno (Baja Presión)	1/2	0.611	1.552	0.035	0.089	8.67	1.51
Polybutileno (Alta Presión)	1/2	0.611	1.552	0.035	0.089	2.91	0.71

carga, dejando una sección de prueba de 60 pies (ver fig. 1)

La válvula de suministro de agua se mantuvo abierta totalmente y la velocidad de flujo era controlada con la válvula de descarga. El rango de las descargas probadas estaba limitado por el rango de medición de los manómetros.

El conjunto de medidas fueron tomadas variando la velocidad de flujo de menor a mayor descarga y luego de mayor a menor descarga. Para los cálculos se usó el promedio de dos medidas para cada descarga, así como también, en cada medida se tomó la temperatura del agua.

2. Prueba con la tubería de cobre. El efecto del achatamiento de la tubería sobre el factor de fricción se determinó mediante el uso de tuberías de cobre con tres diferentes figuras de la sección transversal.

El primer test se hizo con la tubería en su estado original. Para los otros dos test se causaron en el tubo original dos niveles de deformación artificial con el objeto de alterar la figura de la sección transversal. Estas deformaciones fueron hechas golpeando la tubería con un martillo de goma. Los niveles de las deformaciones usadas en el experimento pueden observarse en la columna 7 de la tabla 1.

3. Prueba con la manguera de polybutileno. El efecto del achatamiento en tuberías flexibles fué determinado corriendo un test a baja presión (menos de 5 P.S.I.) y otro test a alta presión (alrededor de 60 P.S.I.). La prueba a baja presión se realizó controlando la velocidad de flujo con la válvula de suministro y la válvula de descarga permanecía totalmente abierta. La alta presión se obtuvo controlando la velocidad de flujo con la válvula de descarga manteniendo la válvula de suministro completamente abierta. En ambos casos la manguera permaneció libre en el piso a fin de mantener las sinuosidades normales en las mangueras flexibles.

Se hicieron otros dos tests, a baja y alta presión, para estudiar el efecto de la flexibilidad de la manguera sobre el factor de fricción. En este caso la manguera se mantuvo recta introduciéndola en el tubo de PVC.

Para todos los tests, los datos fueron recopilados, procesados en computadora y ploteados en el Diagrama de Moody.

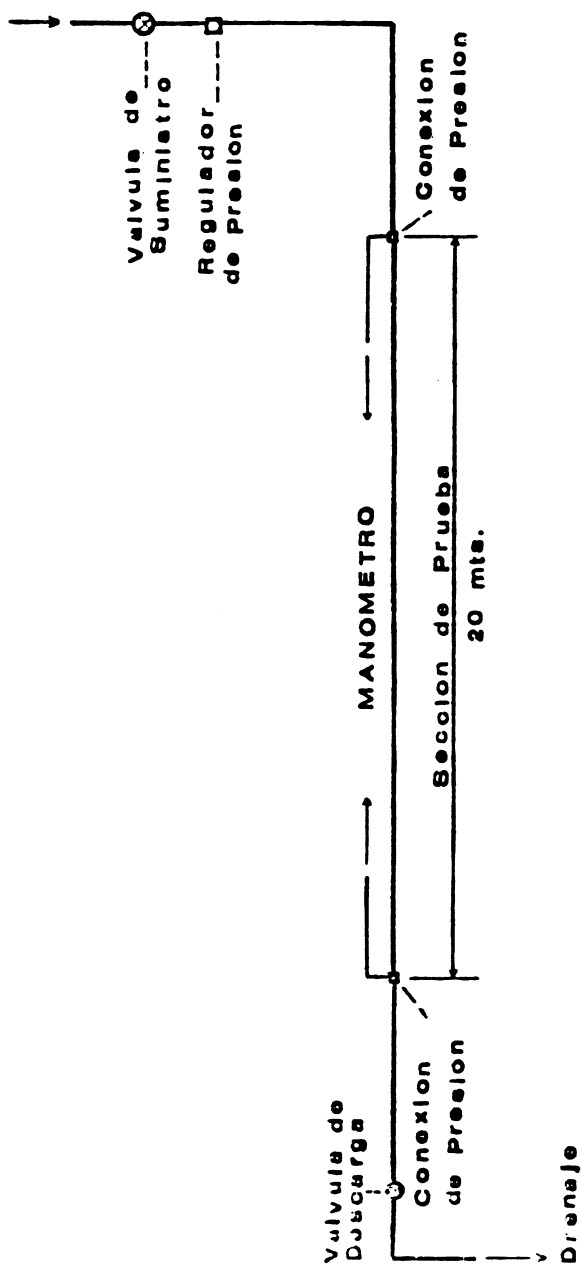
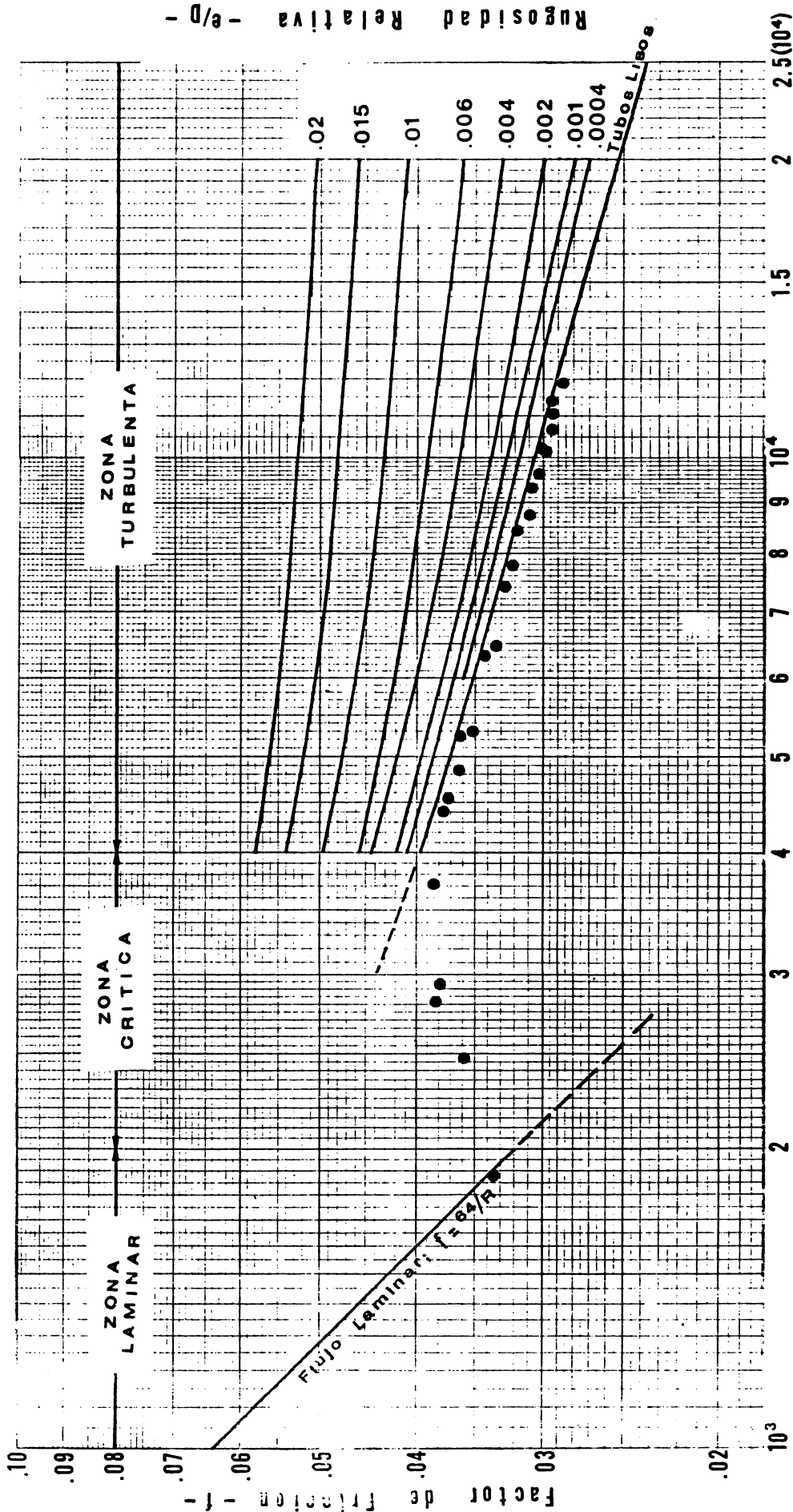


Figura 1. Diagrama del aparato experimental.



Numero de Reynolds - R -

FIGURA 2. Características de pérdida de carga de una tubería de PVC de 1/2 pulgada de diámetro.

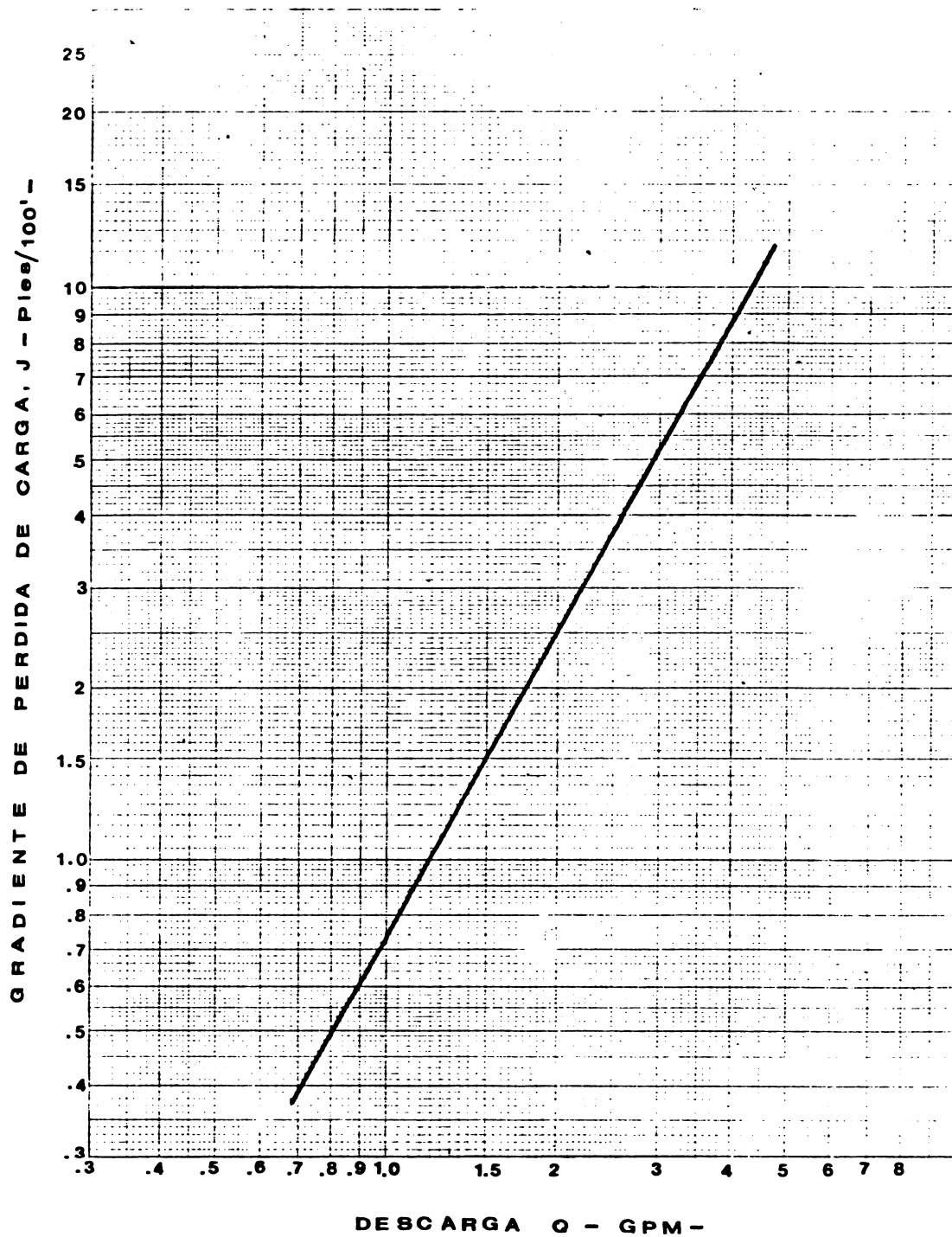


FIGURA 3. Gradiente de pérdida de carga como una función de la descarga para una tubería de PVC de 1/2 pulgada de diámetro.

TABLA 2.- Características de Perdidas de carga de los tubos utilizados.

Prueba (I)	Ecuación del Gradiente de Perdida de carga $J = a Q^b$ (#)		Coeficiente C de Hazen - Williams			Valor Promedio de C (7)
	a (2)	b (3)	Numero de Reynolds (# *)			
			5,000 (4)	12,000 (5)	20,000 (6)	
PVC	0.727	1.782	138	141	--	139
Cobre (Tubo Original)	0.668	1.736	138	146	153	144
Cobre (1ra. Deformación)	0.694	1.766	139	144	149	143
Cobre (2da. Deformación)	0.743	1.743	134	141	146	139
Polybutileno (Baja Presión, libre)	0.673	1.691	132	142	147	140
Polybutileno (Alta Presión, libre)	0.623	1.703	133	144	151	143
Polybutileno (Baja Presión, recta)	0.644	1.717	135	142	148	140
Polybutileno (Alta Presión, recta)	0.581	1.744	139	145	151	144

* Número de Reynolds entre 4.000 y 20.000

* * Número de Reynolds correspondiente a descargas de 1.0 , 2.5 y 4.0 G.P.M. respectivamente.

riego por goteo, normalmente se usa un valor de 150 para el coeficiente C ; sin embargo en este test se encontró un valor promedio de 139 para tubos de PVC de 1/2 pulgada de diámetro, lo cual quiere decir que un valor de 150 para C subestima significativamente la pérdida de carga en dicha tubería.

2. Prueba de la tubería de cobre.

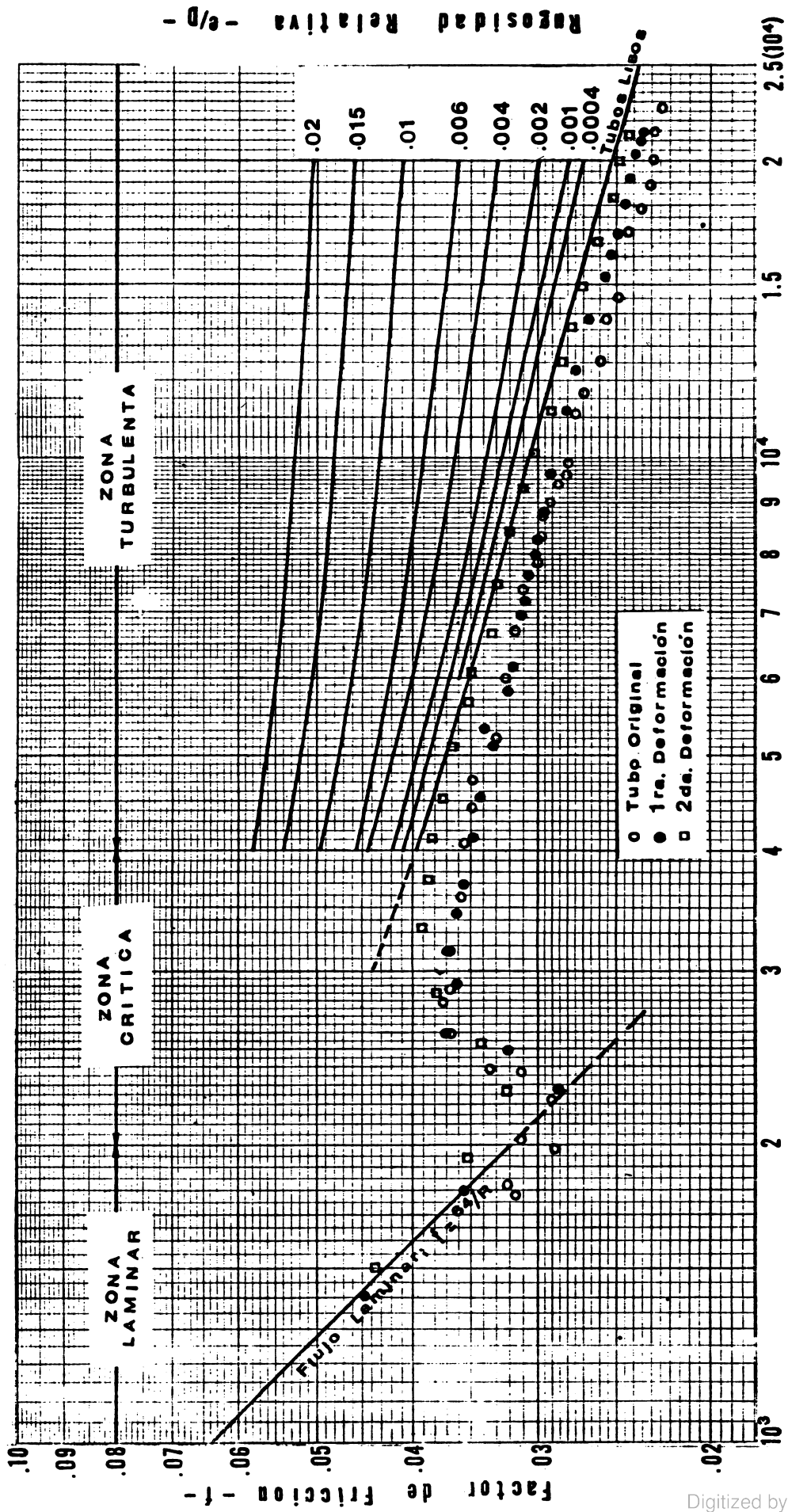
Los resultados correspondientes al tubo original y deformado fueron graficados en la figura 4, en la cual se observa que los tres tests siguen una trayectoria sistemática en la zona crítica. También es notable que en la zona turbulenta el tubo original y el tubo con la primera deformación (10.84% de achatamiento) se comportaron más lisos que los "hidráulicos lisos" del diagrama de Moody; en cambio, el tubo con la segunda deformación (18.3% de achatamiento) sí cae perfectamente en la curva de los "tubos lisos" de dicho diagrama.

En la figura 5 se muestra el gradiente de pérdida de carga como una función de la descarga para los tres tests con la tubería de cobre.

Para efectos prácticos se elaboró la Tabla 3 con el fin de ilustrar el efecto del achatamiento de la tubería sobre las características de fricción en tubos de cobre. Para ello se calculó el gradiente J correspondiente a una descarga de 2.5 GPM. Se asume que un gasto de 2.5 GPM es un punto de referencia razonable por ser una descarga típica en un lateral de riego por goteo, teniendo una longitud de 150 m, con un espaciamiento de 1 m. entre goteros y una descarga de 1 galón por hora por gotero.

Los resultados indican que al aumentar el achatamiento del tubo en un 10.8%, el gradiente J aumenta un 6.7%, y cuando el achatamiento fué aumentado en un 18.3% (segunda deformación), el gradiente J fué de un 11.9% más alto.

Considerando que la lisura de la superficie interna del tubo no cambió con la deformación de la figura geométrica de la sección transversal del mismo, se puede concluir que la rugosidad relativa no es el factor determinante de la posición que tienen las curvas del gradiente J mostradas en la figura 4. También



Numero de Reynolds - R -

FIGURA 4. Características de pérdida de carga de una tubería de cobre de 1/2 pulgada de diámetro.

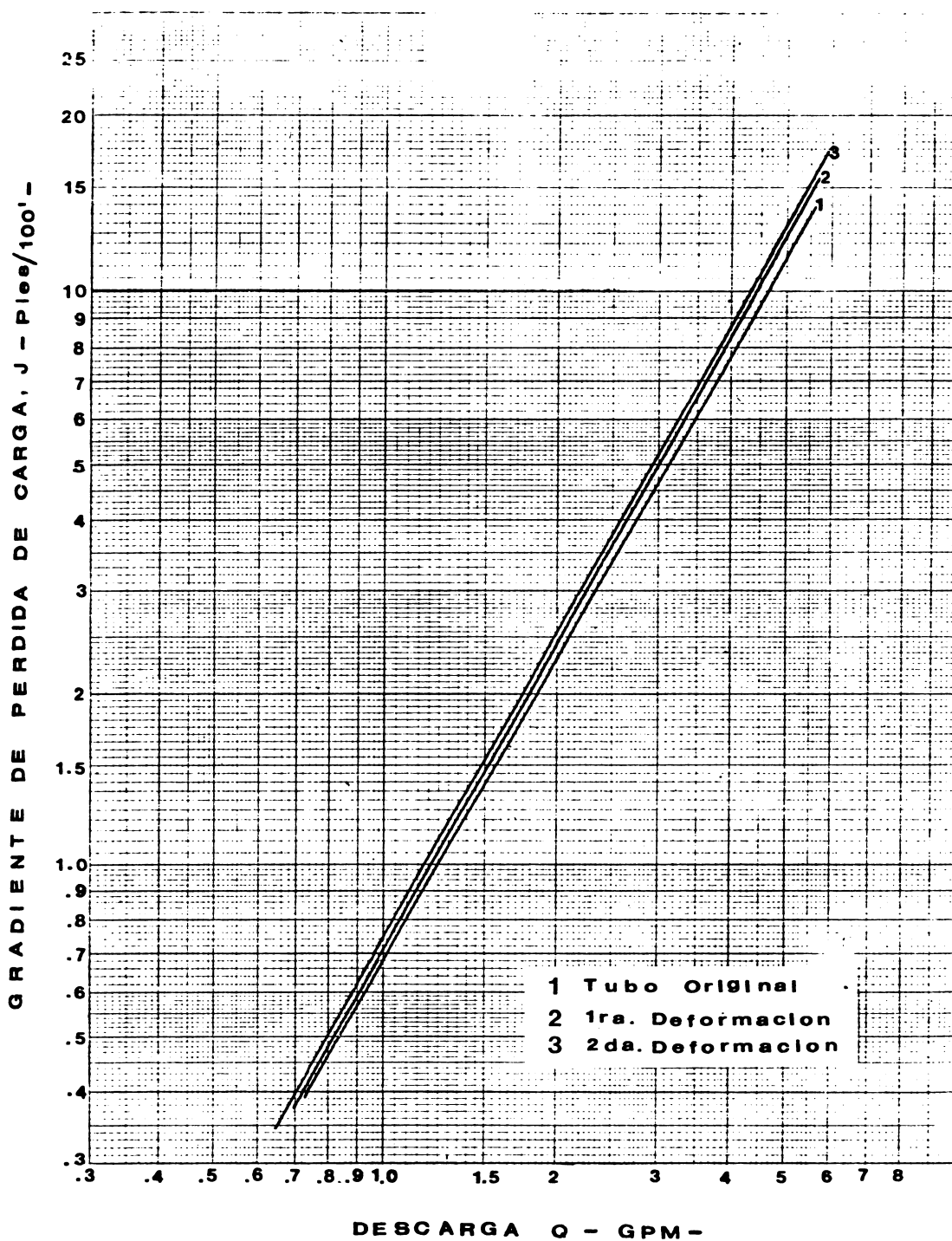


FIG.5. Gradiente de pérdida de carga como una función de la descarga para una tubería de cobre de 1/2 pulgada de diámetro.

se puede concluir que definitivamente el achatamiento de las tuberías aumenta las pérdidas de carga.

Tabla 3. Efecto del achatamiento de la tubería sobre las características de fricción en tubos de cobre de 1/2 pulgada de diámetro.

Tubo	Achatamiento Promedio %	Valor de J (Q=2.5 GPM)	Variación de J %
Original	0.7	3.28	0.00
1ra. deformación	10.8	3.50	6.70
2da. deformación	18.3	3.67	11.89

3. Prueba con las mangueras de polybutileno.

Los resultados de este test son mostrados en la figura 6, en la cual también se trazaron líneas de referencia representando valores del coeficiente de Hazen-Williams C de 130, 140 y 150.

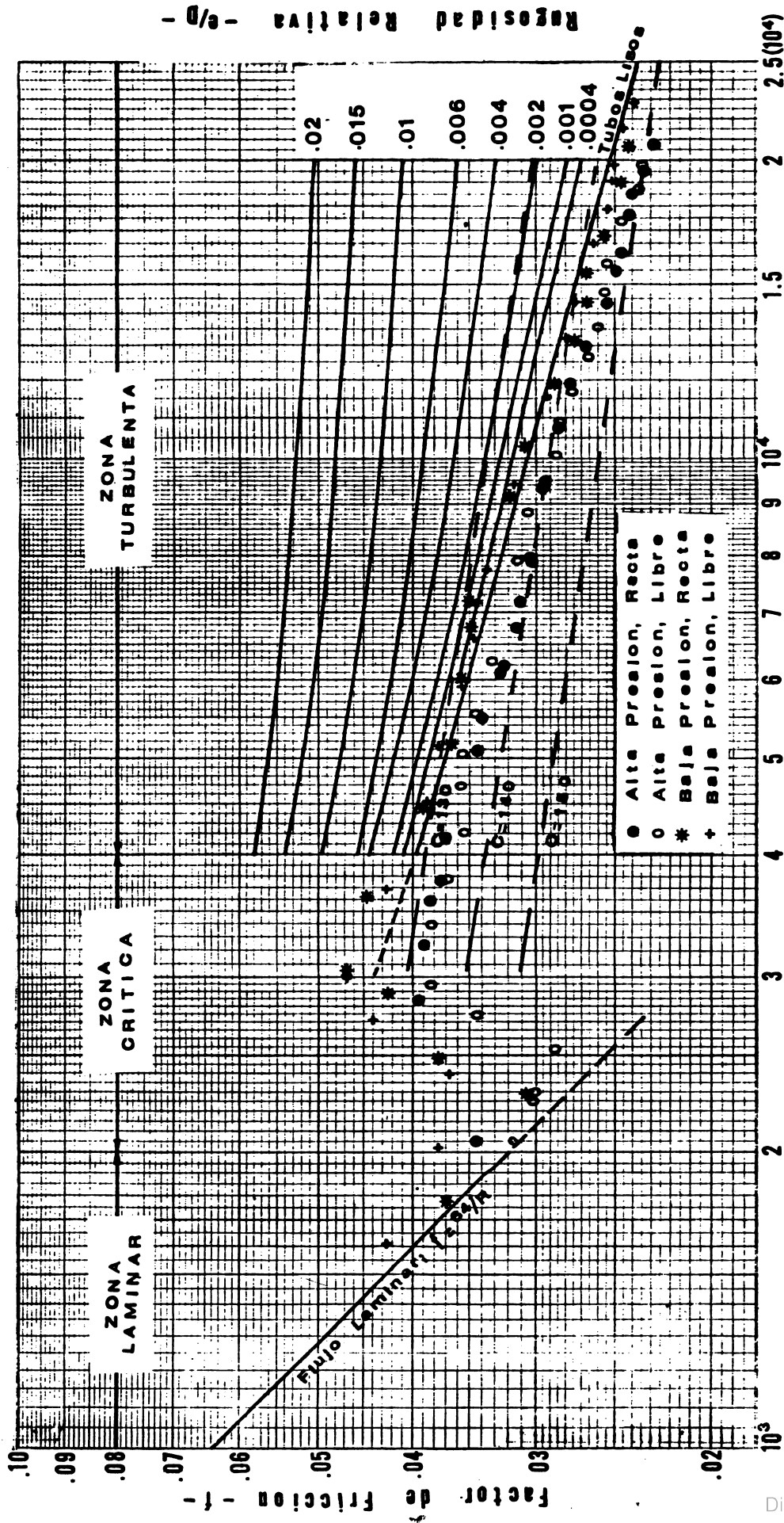
También se computaron los gradientes de pérdida de carga para cada caso y se plotearon en la figura 7.

En la figura 6 se observa que en la zona laminar los puntos - tuvieron un comportamiento razonable. En la zona crítica se observa la misma trayectoria característica de los tests anteriores y después de un Número de Reynolds mayor de 3000 las curvas calculadas comienzan a comportarse adecuadamente con las del - diagrama de Moody.

Es muy notable el hecho de que para una curva calculada dada el valor de \bar{C} no es constante; al contrario, depende mucho del Número de Reynolds.

Para ilustrar el efecto del achatamiento de las mangueras - plásticas sobre las características de fricción se elaboró la Tabla 4, usando como punto de referencia valores de J para una descarga típica en riego por goteo (Q= 2.5 GPM).

En la Tabla 4 se observa que tanto para las mangueras libres como rectas se suceden cambios significativos en el valor de J



Numero de Reynolds - R -

FIGURA. 6 Características de perdida de carga de una manguera de polibutileno de 1/2 pulgada de diámetro.

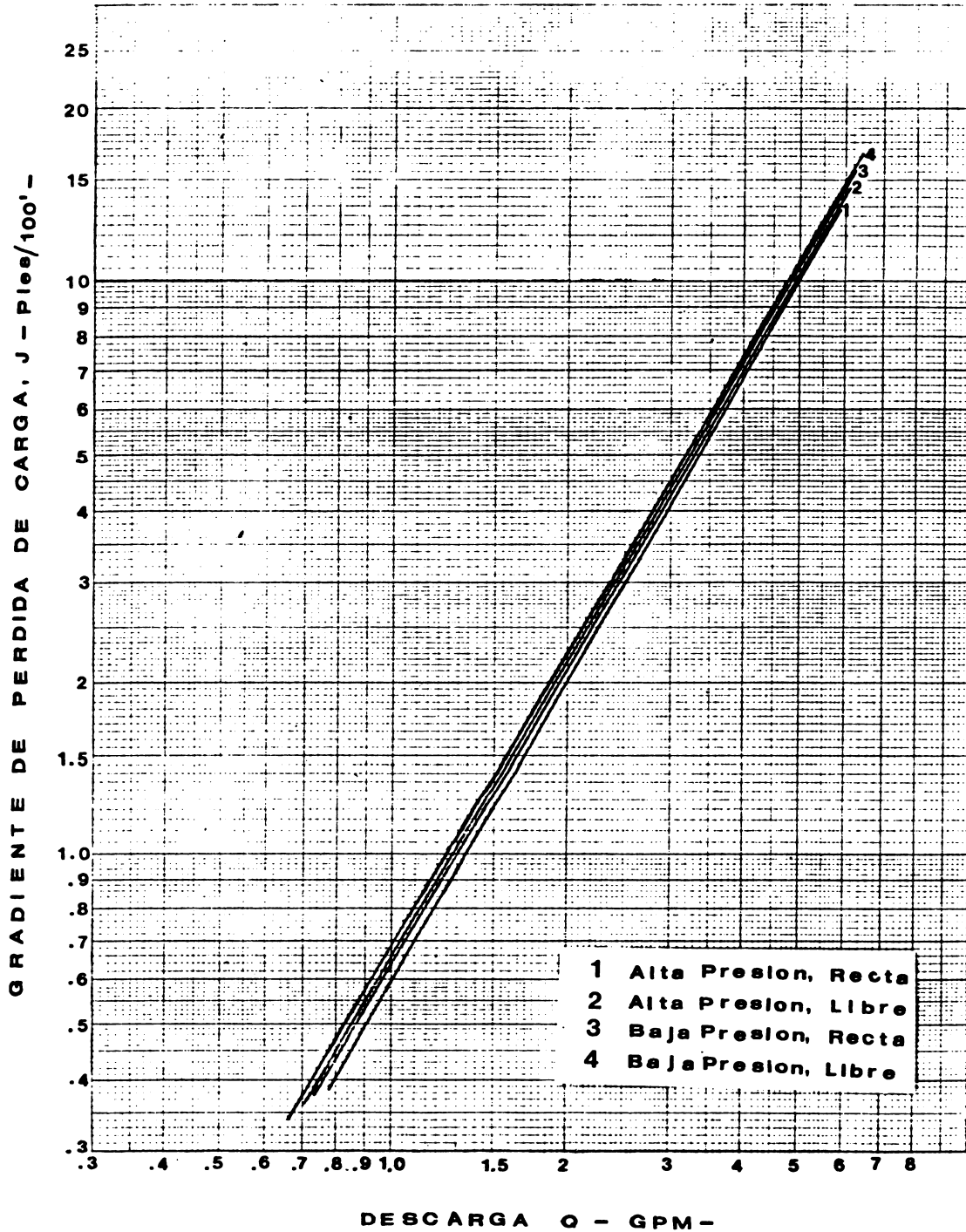


FIGURA 7. Gradiente de pérdida de carga como una función de la descarga para una manguera de polybutileno de 1/2 pulgada de diámetro.

cuando se trabaja a alta y baja presión. La alta presión dentro de la manguera hace que esta sea mas circular, aumentando el área de la sección transversal y disminuyendo, como consecuencia, las pérdidas por fricción.

Tabla 4. Efecto del achatamiento sobre las características de fricción de mangueras de Polybutileno de 1/2 pulgada de diámetro.

Test	Achatamiento %	Valor de J (Q=2.5 GPM)	Variación de J %
Alta presión, recta	2.91	2.87	0.00
Baja presión, recta	8.67	3.11	8.36
Alta presión, libre	2.91	2.97	3.48
Baja presión, libre	8.67	3.17	10.45

El efecto de la flexibilidad de la manguera sobre las características de fricción se ilustra en la Tabla 4, y de la misma se deduce que la manguera sostenida recta se comportó un 3.5% "más lisa" que la manguera yaciendo libremente trabajando a alta presión. La misma tendencia se observa a baja presión.

A pesar de que en el diagrama de Moody la diferencia no es distinguible, por lo menos en el experimento se demostró un ligero efecto de la flexibilidad de la manguera.

Con fines de uso práctico se elaboró la tabla 5. El gradiente J se computó para las descargas más comunes en laterales de riego por goteo.

TABLA 5.- Gradiente de pérdida de carga, J, para diferentes descargas.

Tipo de Tubo (1)	J en pies/100 pies ó en m/100m.				
	1 GPM (2)	2 GPM (3)	3 GPM (4)	4 GPM (5)	5 GPM (6)
1. PVC	0.727	2.500	5.149	8.598	12.797
2. Cobre (Tubo Original)	0.668	2.225	4.498	7.412	10.919
3. Cobre (lra. Deformación)	0.694	2.360	4.830	8.028	11.905
4. Cobre (2da. Deformación)	0.743	2.487	5.042	8.325	12.283
5. Polybutileno (Baja Presión, libre)	0.673	2.173	4.313	7.016	10.232
6. Polybutileno (Alta Presión, libre)	0.623	2.028	4.046	6.604	9.657
7. Polybutileno (Baja presión, recta)	0.644	2.117	4.247	6.960	10.210
8. Polybutileno (Alta presión, recta)	0.581	1.946	3.947	6.519	9.620

De acuerdo a los resultados, los cálculos de pérdida de carga por fricción en tuberías de PVC y mangueras de polybutileno pueden hacerse utilizando la fórmula de Darcy-Weisbach. Considerando que se ha demostrado que el valor del coeficiente de Hazen-Williams C varía directamente proporcional con el número de Reynolds, se recomienda variar el valor de C de acuerdo a la descarga cuando se use la fórmula de Hazen-Williams.

Al igual que en estudios anteriores, los resultados del presente experimento demostraron que la rugosidad relativa no es determinante en el factor de fricción en mangueras de polybutileno para un dado número de Reynolds. Considerando que todas las tuberías usadas en el experimento son sumamente lisas, el factor de fricción debió haber sido obtenido de la curva para tubos lisos del Diagrama de Moody; sin embargo, se demostró que el achatamiento en la tubería de cobre deformada y en la manguera de polybutileno a baja presión tienen un evidente efecto sobre las características de fricción en dichas tuberías.

También se demostró un ligero efecto de la alineación y flexibilidad de las mangueras sobre las características de fricción. Las mangueras rectas son ligeramente "más lisas" que las libres.

CITAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Howell, T.A., and Hiler, A., "Trickle Irrigation Lateral Design," Transactions, American Society of Agricultural Engineers, Vol. 17, No. 5, 1974, pp. 902-908.
- 2.- Keller, J., and Karmeli, D., Trickle Irrigation Design, 1st ed., Rain Bird Manufacturing Co., California, 1975, 133p.
- 3.- Kemler, E., "A Study of the Data on the Fluid in Pipes," Transactions, American Society of Mechanical Engineers, Vol. 55, 1933, pp. HYD7-32.
- 4.- Laird, A. D. K., Brunner, R. K., and Haughton, K.E., "Laminar-Turbulent Transition in Waved Tubes," Proceedings, American Society of Civil Engineers, Engineers, Hydraulics Division, Vol. 88, January 1962, pp. 1-8.
- 5.- Malaika, J., "Flow in Noncircular Conduits," Proceedings, American Society of Civil Engineers, Hydraulics Division, Vol. 88, November, 1962, pp. 1-30.
- 6.- Moody, L.F., "Friction Factors for Pipe Flow;" Transactions, American Society of Mechanical Engineers, Vol. 66, November, 1944, pp. 671-684.
- 7.- Morris, H. M., and Wiggert, J. M., "Hydraulics of Flow in Closed Conduits," Applied Hydraulics in Engineering, 2nd Ed., The Ronald Press Company, New York, N. Y., 1972, pp. 57-83.
- 8.- Pefley, R.K., and Murray, R. I., Thermofluids Mechanics, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, N. Y., 1966, 430 p.
- 9.- Streeter, V.L., "Closed-Conduit Flow," Fluid Mechanics, 3rd Edition, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, N.Y., pp. 433-440.

- 10.- Urbina, J. L., "Head Loss Characteristic of Trickle Irrigation Hose With Emitters ," Thesis presented to Utah State University at Logan, Utah, in 1976, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Agricultural and Irrigation Engineering.

- 11.- Vennard, J. K., and Street, R.L., Elementary Fluid Mechanics, John Willey and Sons, Inc., New York, N. Y., 1975, 740 p.

DOCUMENTO TECNICO 18

EFEITO DA LÂMINA D'AGUA E DA FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO
NA PRODUÇÃO DE TOMATE, COM UTILIZAÇÃO
DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Por: Eng^o Salassier Bernardo (*)
Eng^o José Francisco da Silva (*)
Eng^o Márcio Mota Ramos (*)
Eng^o Tarciso José Caixeta (*)

(*) Professores da Universidade Federal de Viçosa e Pesquisadores da Empresa de Pesquisas Agropecuárias de Minas Gerais.

EFEITO DA LÂMINA D'ÁGUA E DA FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DO TOMATE, COM A UTILIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Salassier Bernardo
José Francisco da Silva
Márcio Mota Ramos
Tarciso José Caixeta *

O efeito desse método de irrigação sobre várias culturas tem sido relatado por diversos autores. Mas são, ainda, relativamente poucas, no País, as pesquisas com esse método de irrigação.

No cultivo do tomate para consumo "in matura", o importante não é somente a produção total de biomassa, mas também algumas características do produto, tais como rachaduras, coloração, tamanho e formato dos frutos, visto que estas características podem influenciar muito o valor comercial da produção.

Embora o tomate possa ser transportado a distâncias relativamente longas, grandes concentrações de cultivos encontram-se nos "cinturões verdes", próximos aos grandes centros, locais em que, na maioria das vezes, a água é fator limitante em quantidade e/ou qualidade, o que justifica a necessidade de irrigações mais eficientes, como, por exemplo, as irrigações por gotejamento.

Um experimento para avaliar os efeitos de duas lâminas d'água, 3 e 6 mm/dia, e três frequências de irrigação, 1, 2 e 4 dias, sobre a produção e as características do fruto da variedade de tomate tipo sala da (Floralou), foi instalado no "Campus" da Universidade Federal de Viçosa.

* Respectivamente, Professores da Universidade Federal de Viçosa e Pesquisador da Empresa de Pesquisas Agropecuárias de Minas Gerais.

A cultura foi plantada em fileiras, com espaçamento de 1 metro uma da outra e 0,50 m entre plantas, ao longo das fileiras, e irrigada por um sistema de gotejamento, com gotejadores de quatro saídas, sendo uma para cada planta. O solo da área experimental foi classificado, texturalmente, como argiloso.

De acordo com os resultados obtidos, constatou-se:

1 - Efeito da lâmina d'água e da frequência de irrigação sobre a produção e o número de frutos comerciais.

2 - Efeito somente da frequência de irrigação sobre a precocidade de produção.

3 - Efeito da lâmina d'água e da frequência de irrigação sobre a produção e o número de frutos pequenos e miudos.

4 - Não houve efeito diferencial dos tratamentos sobre produção de frutos refugados e produção e número de frutos grandes.

DOCUMENTO TECNICO 19

EQUIPAMENTOS NACIONAIS PARA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Por: Eng^o Carlos Vieira Pinheiro Neto (*)
Eng^o Celso Zanchetta (**)
Eng^o Luiz Duarte de Souza (***)

-
- (*) Engenheiro Agrônomo - Técnico da IRTEC, São Paulo - SP.
(**) Engenheiro Agrônomo - Técnico da IRTEC, São Paulo - SP.
(***) Agrimensor - Projetista da IRTEC, São Paulo - SP.

Ao se implantar uma tecnologia avançada, é comum depender-se, em grande parte, de produtos importados.

Porém com a continuidade das pesquisas e desenvolvimento do sistema de Irrigação por Gotejamento aliado à crescente demanda, não só o transformou no mais eficiente método de rega, como também tornou necessária a produção de equipamentos genuinamente nacionais.

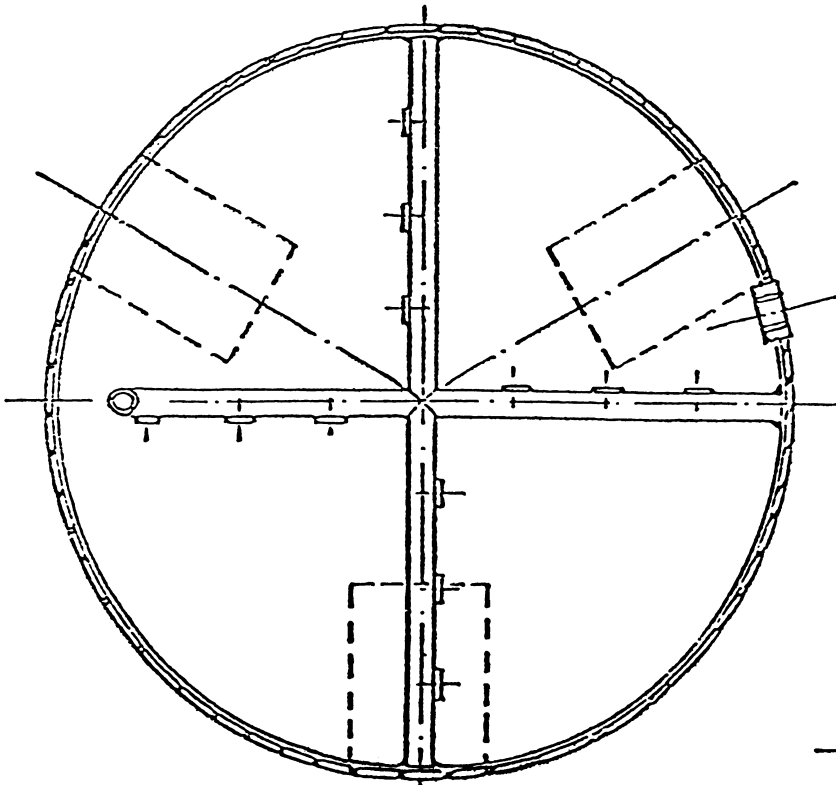
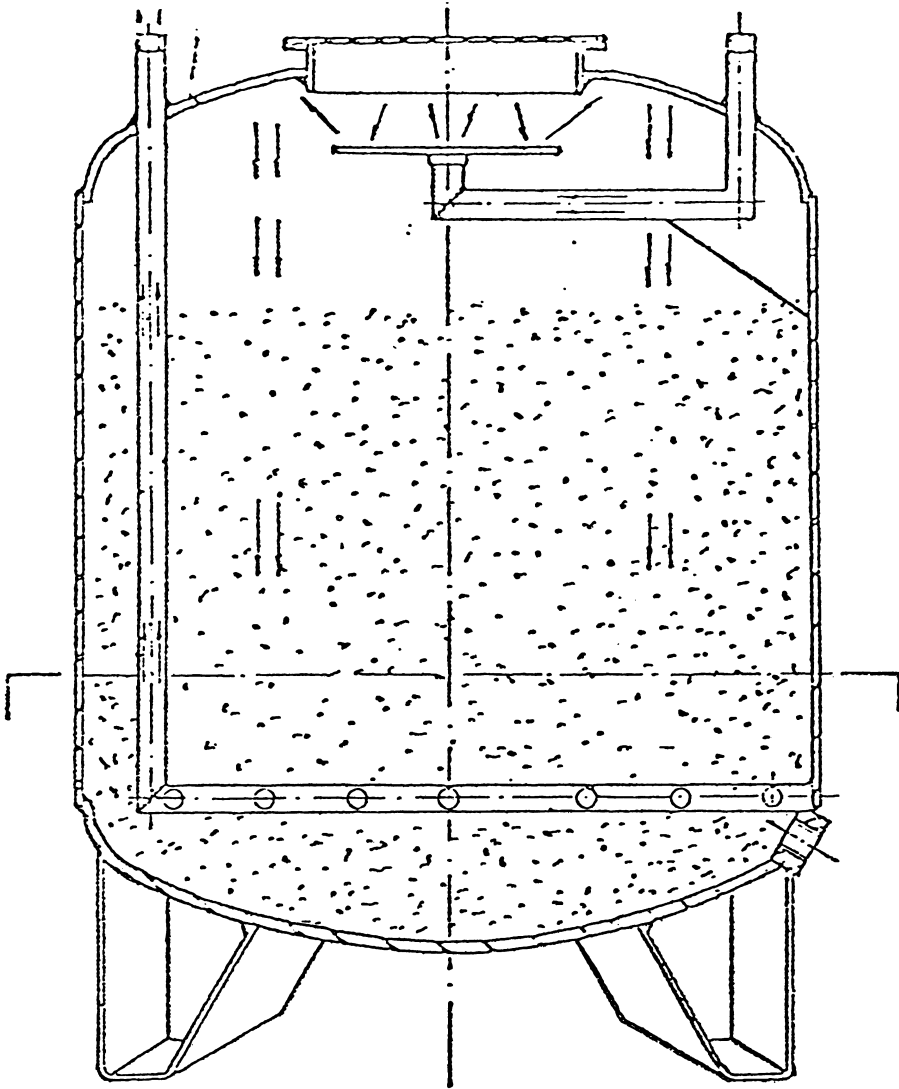
Este moderno e revolucionário sistema apresenta a característica' de amoldar-se à multiplicidade de fatores e às inúmeras variáveis existentes na agricultura (solo, planta, clima, etc...), adaptando-se a sofisticada metodologia de controle, que ainda se encontra em processo de desenvolvimento.

Embora seu custo inicial possa significar um investimento mais elevado em relação aos sistemas mais antiquados e de menor flexibilidade, seu baixo custo operacional, economia de energia e eficiência no uso de água o torna uma alternativa rentável, levando-se em consideração a certeza de um substancial aumento de produção por unidade de área, e uma melhora sensível na qualidade da safra.

O presente trabalho demonstra o resultado das pesquisas desenvolvidas pela Indústria Nacional, no campo da Irrigação por Gotejamento, com uma finalidade básica: minimizar o investimento inicial do projeto, sem alterar a qualidade e eficiência dos materiais utilizados.

Em se tratando de equipamentos, o trabalho está dividido em quatro itens básicos: filtragem e fertilização; controle; gotejadores e T.C.S.; conexões.

Dois enfoques serão destacados: um esquema geral de uma instalação comercial, onde se visa a economicidade, simplicidade e funcionalidade dos equipamentos e um esquema experimental que fornece subsídios científicos para a aplicação do método.



FILTRO DE AREIA

2.1.2. Filtro de Tela

A necessidade da utilização do filtro de tela é devido a presença de impurezas de menor granulometria não retidas pelo filtro de areia e de partículas não solúveis oriundas dos fertilizantes aplicados no sistema.

Seu funcionamento baseia-se no fluxo da água através de um cilindro revestido de uma tela de nylon.

O modelo apresentado possui as seguintes características técnicas

Pêso - 6,0 kg

Corpo-plástico de alto impacto

Tela - 150 mesh

Pressão máxima de serviço - 6,0 kg/cm²

Vazão - 15 m³/h

2.1.3. Injetor de Fertilizantes

A injeção de fertilizantes baseia-se na passagem da água através do tanque por meio de um sistema diferencial de pressão.

O fertilizante nele colocado é diluído e gradativamente injetado na tubulação.

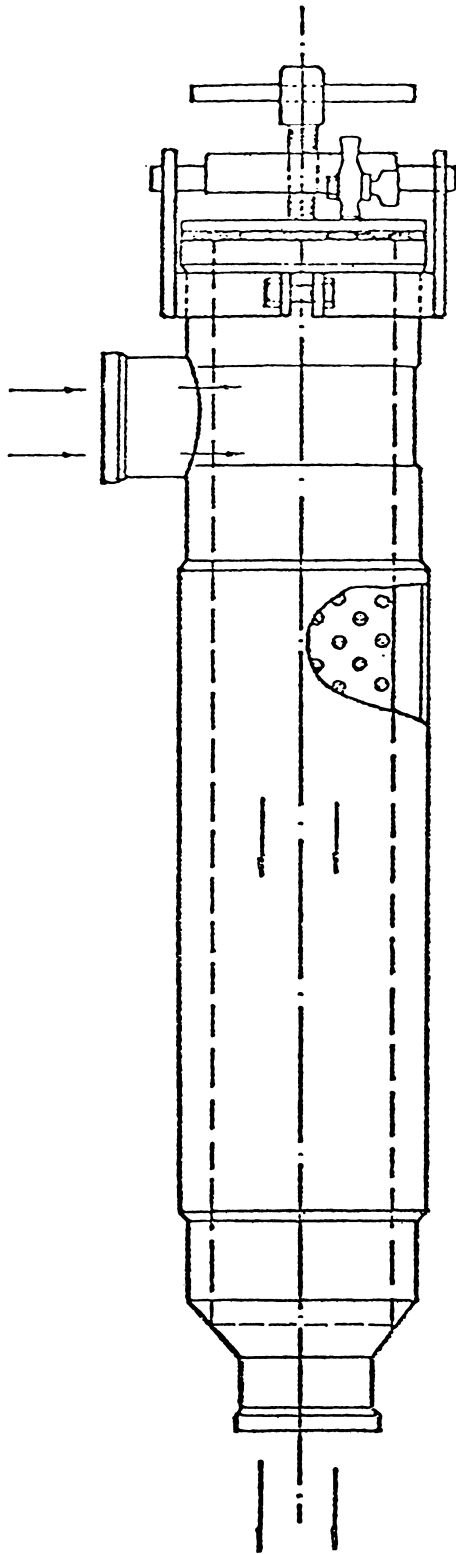
Localiza-se entre o filtro de areia e o de tela.

O modelo apresentado possui as seguintes características técnicas

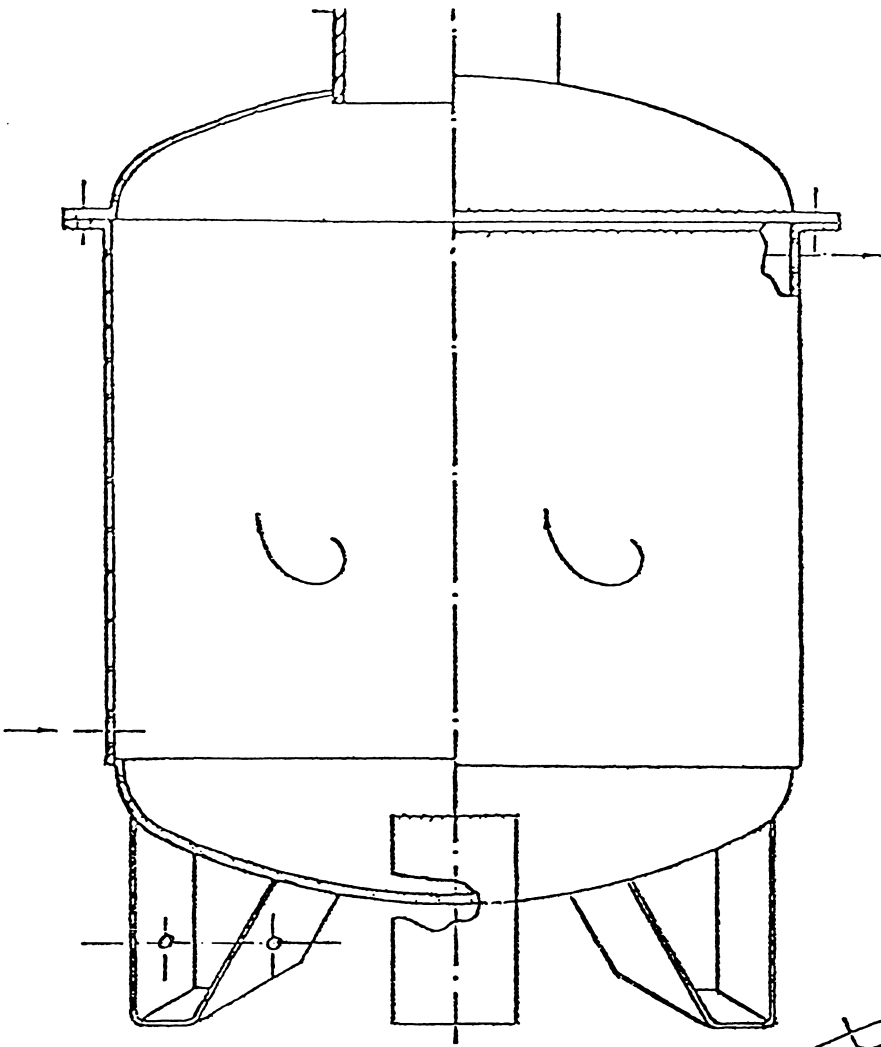
Peso - 28,0 kg

Volume - 55L

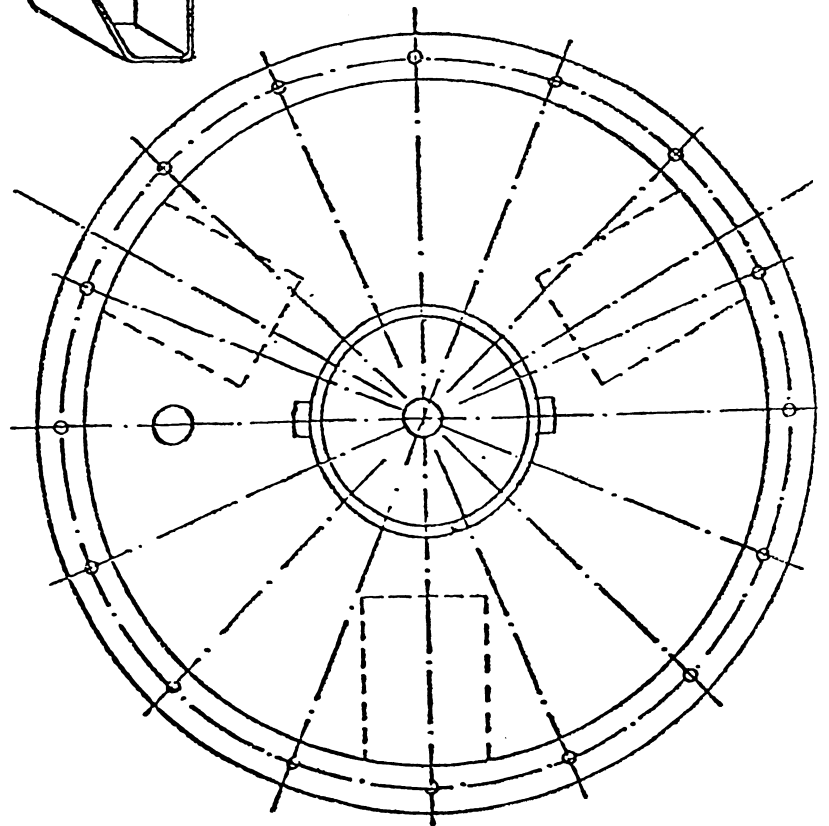
Pressão máxima de serviço - 6,0 kg/cm²



FILTRO DE TELA



INJETOR
DE
FERTILIZANTES



2.2. Contrôles

Uma importante característica do método de irrigação por gotejamento é a manutenção de água no solo em níveis ideais.

Desta forma a planta economiza energia ao retirá-la, energia esta que é revertida em maior desenvolvimento vegetativo, floração e frutificação.

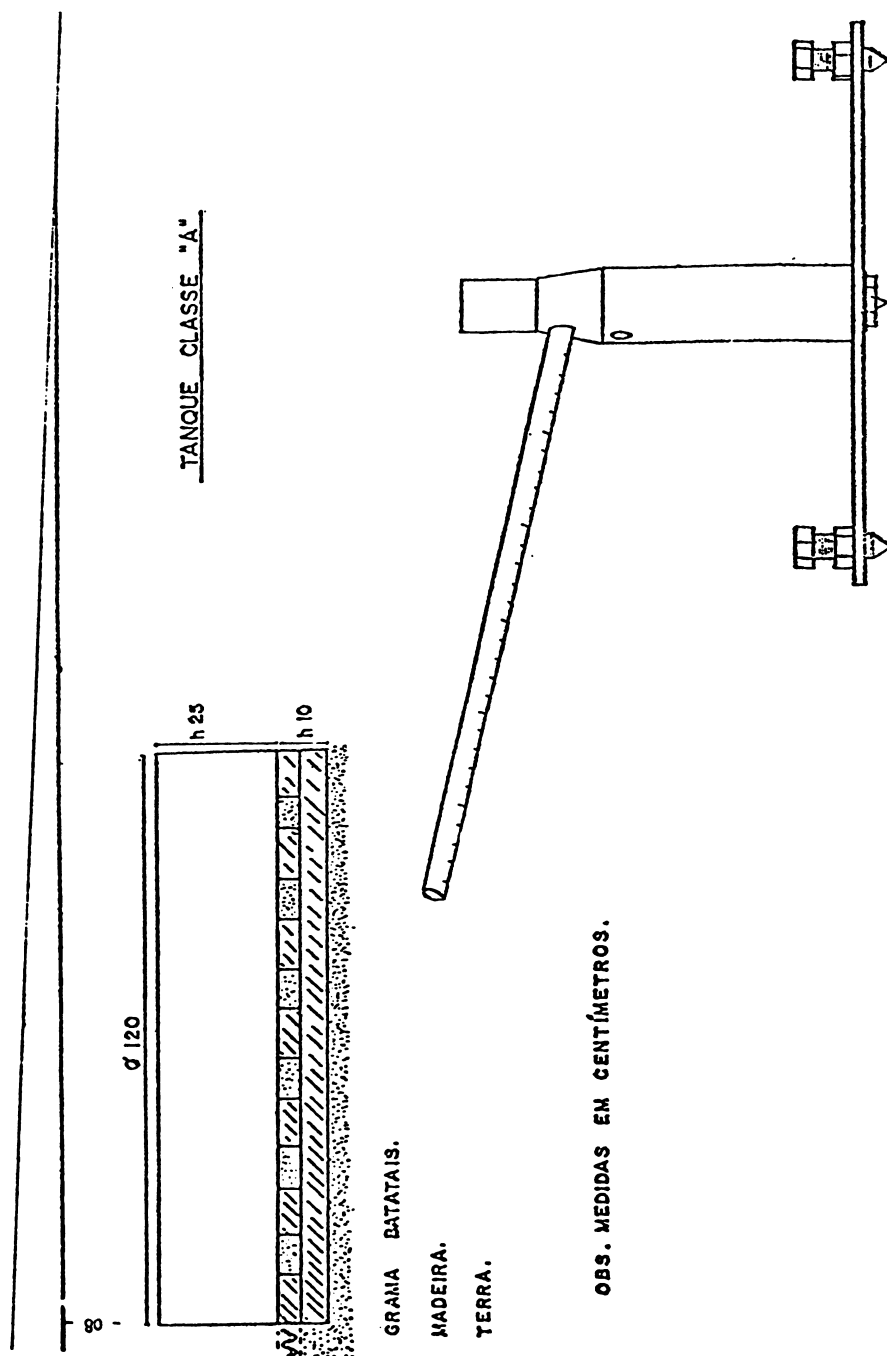
Para isto, deve-se utilizar aparelhos que forneçam dados referentes a evaporação e precipitação, com a finalidade de se repor o déficit hídrico do solo.

2.2.1. Tanque Classe "A"

O tanque classe "A" é um aparelho utilizado para a medição da evaporação.

Com o coeficiente (K) da cultura (obtido experimentalmente) transforma-se a evaporação em evapotranspiração, podendo-se assim determinar o momento da irrigação de acordo com a exigência da planta.

O tanque classe "A" possui dimensões padronizadas internacionalmente, apenas a leitura utilizada apresenta algumas variações. O modelo apresentado adaptado a irrigação é de leitura direta, por intermédio de um tubete graduado.



2.2.2. Pluviômetro

O pluviômetro é um aparelho destinado a medição da precipitação.

A sua leitura é feita com o auxílio de um proveta graduada.

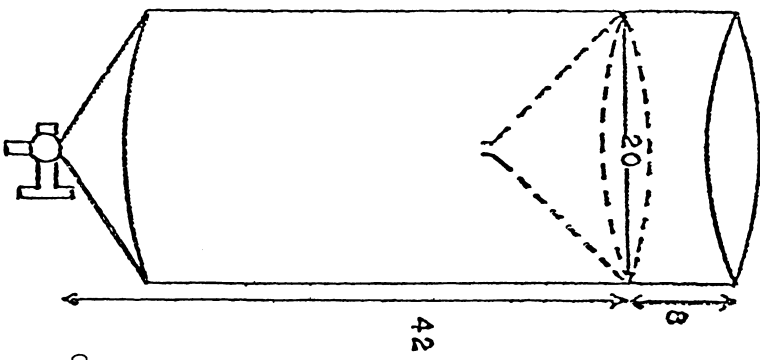
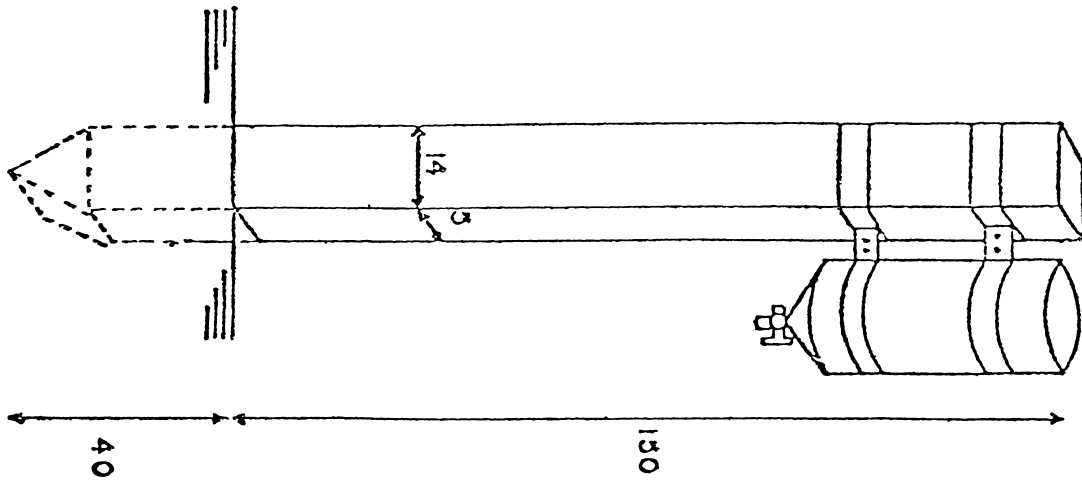
O modelo apresentado é todo em aço inoxidável e suas dimensões e instalação estão representadas no esquema anexo.

2.3. Gotejadores e T.C.S

O principal componente de um sistema de irrigação por gotejamento é o gotejador.

O gotejador é uma peça que tem como finalidade básica, fornecer água e fertilizantes ao vegetal diretamente no sistema radicular, sob a forma de gotas.

Uma série de características técnicas devem ser observadas, tais como: uniformidade, pressão de serviço e vazão.



OBS: MEDIDAS EM CENTIMETROS

PLUVIÔMETRO

2.3.1. Gotejador nº 1

349

O modelo apresentado é fabricado em copolímero especial, pesando 5 (cinco) gramas e é constituído de quatro componentes: corpo, a gulha, bucha e tampa.

Destes, o principal é a bucha, pois na sua parte superior existe um micro-canalete que regula o fluxo da água.

Possui dispositivo de auto-desentupimento, podendo ser fixado em tubos de qualquer diâmetro e apresenta em seu corpo um orifício de fixação.

Características técnicas:

Pressão de serviço: 0,5 a 2,0 kg/cm²

Vazão: 1 gal/hora (3,785 L/h)

2.3.2. Gotejador nº 2 (micro-gotejador)

Uma série de vantagens foram acrescentadas a este tipo de gotejador.

Além de apresentar desentupimento automático (dispensa qualquer auxílio manual), podemos a ele aplicar um micro tubo (espagete) opcional, para deslocamento do ponto de gotejo.

Um simples vazador é suficiente para perfuração necessária a sua colocação.

Características técnicas:

Pressão de serviço: 0,5 a 3,0 kg/cm²

Vazão: 1 gal/hora (3,785 L/h)

Peso: 0,26g

2.3.3. T.C.S.

O T.C.S é um tubo de câmara simples, perfurado por raio laser.

Foi projetado para culturas de alta densidade nas quais a utilização de gotejadores individuais requer excessiva mão-de-obra, acarretando uma elevação do custo do projeto.

O tubo é de fabricação especial sendo extrudado em polietileno, quimicamente inerte (inquebrável e resistente aos raios ultravioleta).

Os furos são perfeitos (o raio laser vaporiza a matéria prima), obedecendo a um critério de espaçamentos precisos (20,40,60, 80 cm).

Características técnicas:

Diâmetro interno do tubo: 13 mm

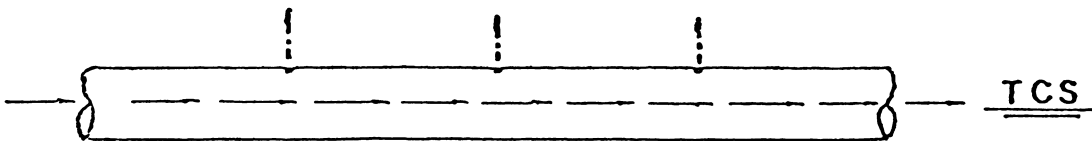
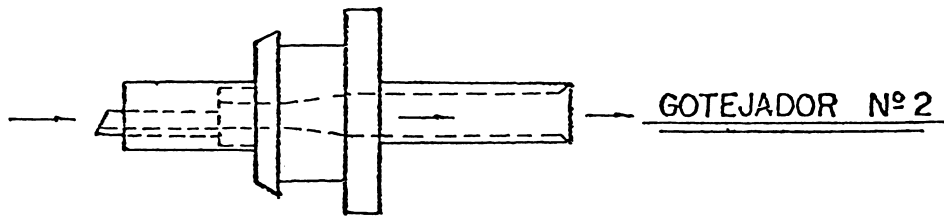
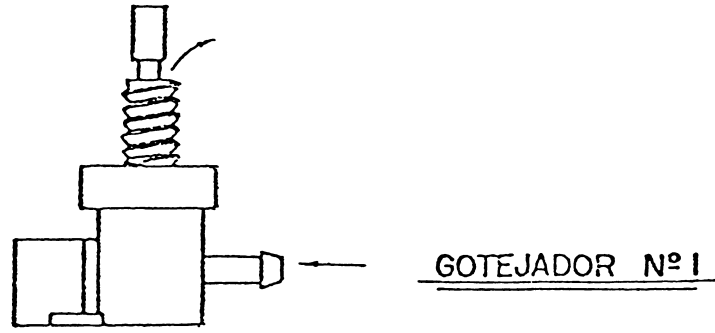
Espessura da parede: 0,38 mm

Diâmetro do orifício: 0,30 mm

Pressão de serviço: 3,5 a 5,0 m.c.a.

Vazão média por orifício: 1,62 L/h

Tolerância de vazão entre orifícios: $\pm 12\%$



2.4. Conexões

Uma série de conexões especiais foram desenvolvidas para que uma instalação de irrigação por gotejamento possa ser executada de uma maneira simples e prática.

Tais conexões visam atender as necessidades específicas de um projeto, economizando peças complementares, mão-de-obra, vedadores e ferramentas especiais.

Nos modelos apresentados podemos observar suas funções e utilizações de uma maneira esquemática.

2.4.1. Te de 1/2"

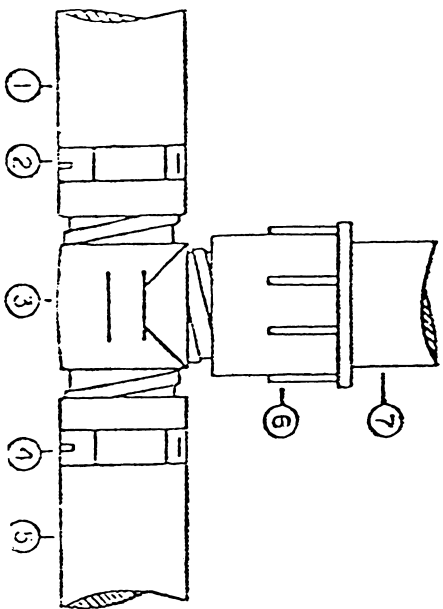
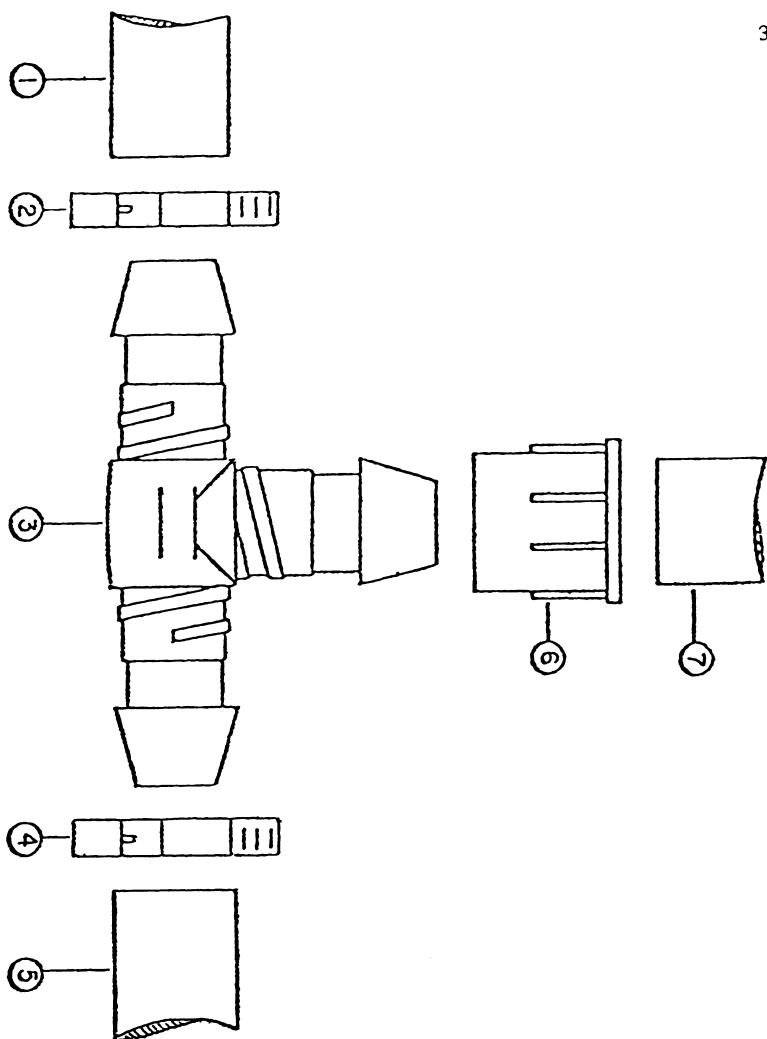
2.4.2. Te de 1" x 1/2"

2.4.3. Conector para adaptador

2.4.4. Adaptador de 1/2"

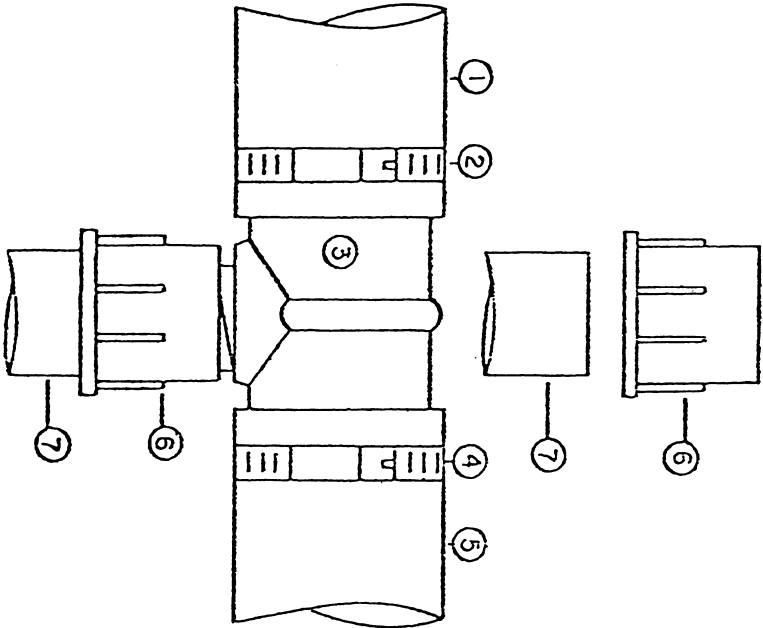
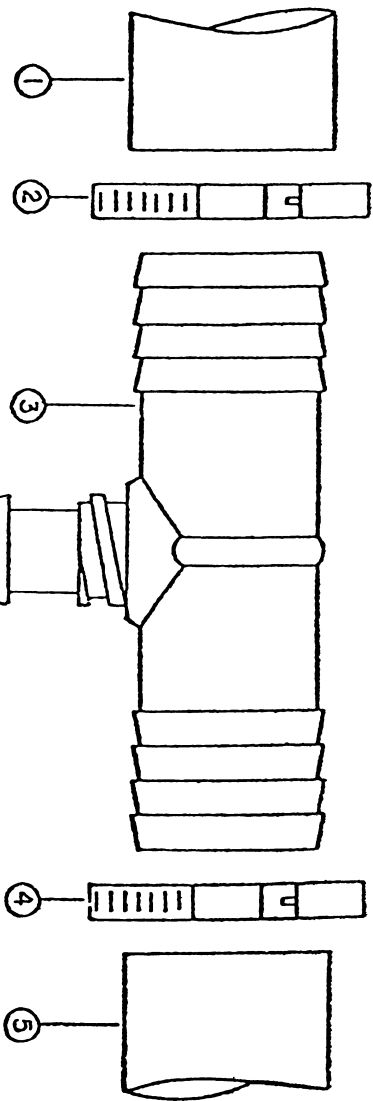
2.4.5. União de 1/2"

Nota: vide lay-outs



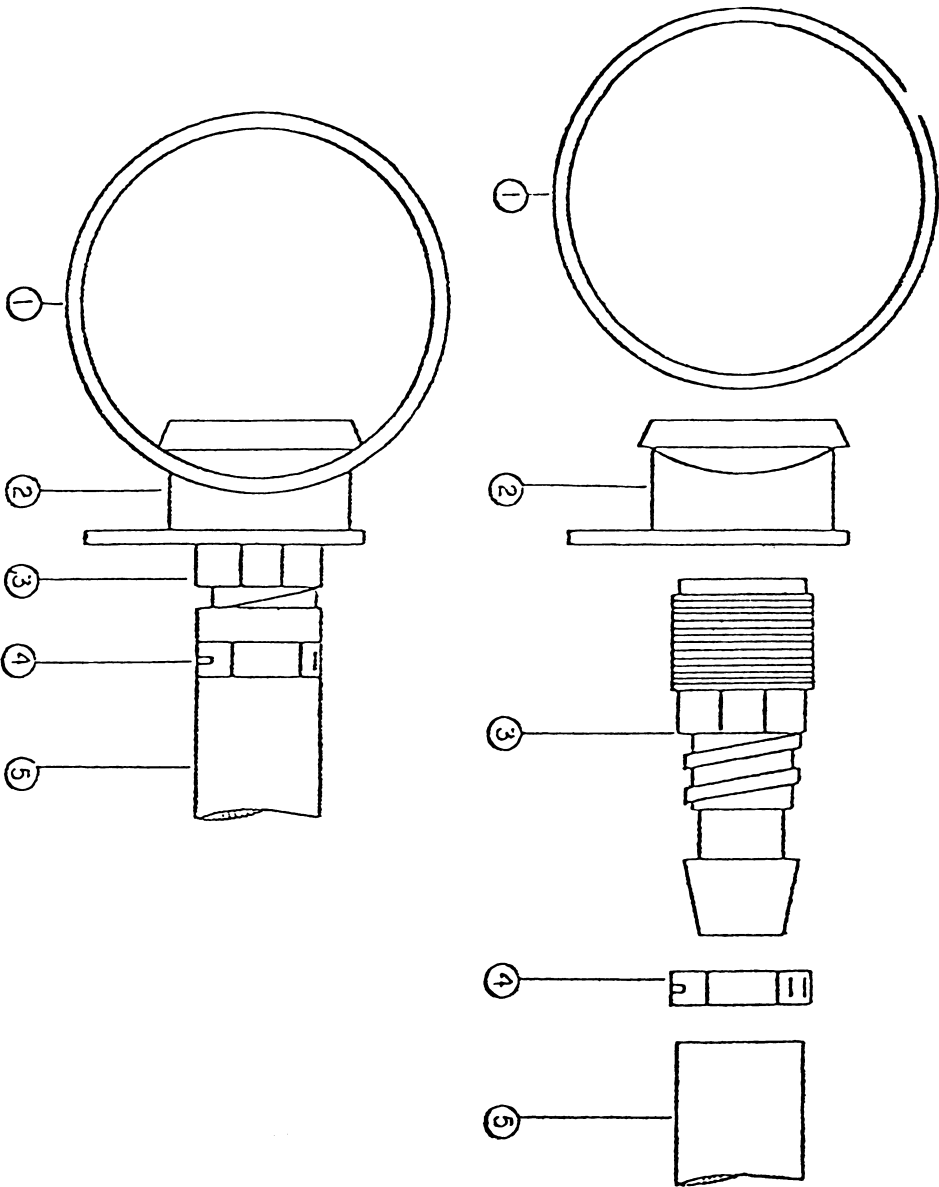
ITEM	ESPECIFICAÇÃO
01	LINHA DE LIMPEZA
02	ABRACADEIRA
03	1" DE 1/2"
04	ABRACADEIRA
05	LINHA DE LIMPEZA
06	PORCA DE 1/2"
07	LINHA LATERAL

TE - Ø 1/2"



ITEM	ESPECIFICAÇÃO
01	LINHA DE DERIVAÇÃO
02	ABRACAÇÃO DEIRA
03	1/4" DE 1" X 1/2"
04	ABRACAÇÃO DEIRA
05	LINHA DE DERIVAÇÃO
06	FORÇA DE 1/2"
07	LINHA LATERAL

TE - Ø 1" X 1/2"

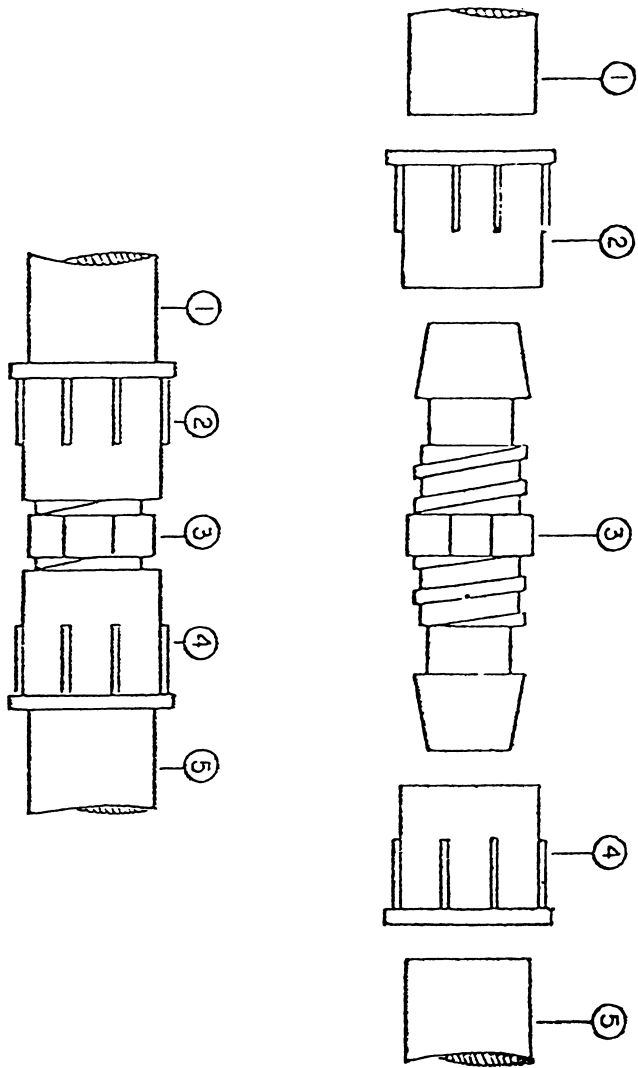


ITEM	ESPECIFICAÇÃO
01	LINHA DE DERIVAÇÃO
02	CONECTOR PARA ADAPTADOR
03	ADAPTADOR DE 1/2"
04	ABRACADEIRA
05	LINHA LATERAL

CONECTOR P/ ADAPTADOR

E

ADAPTADOR - Ø 1/2"



ITEM	ESPECIFICAÇÃO
01	LINHA LATERAL
02	PORCA DE 1/2"
03	UNIÃO DE 1/2"
04	PORCA DE 1/2"
05	LINHA LATERAL

UNIÃO - Ø 1/2"

A observação global dos produtos apresentados estão esquematizados em dois lay-outs.

O primeiro demonstra um projeto comercial numa área pré-determinada.

O segundo representa um projeto experimental em que a finalidade básica é a obtenção de subsídios científicos para uma instalação comercial de uma determinada cultura.

3.1. Instalação Comercial

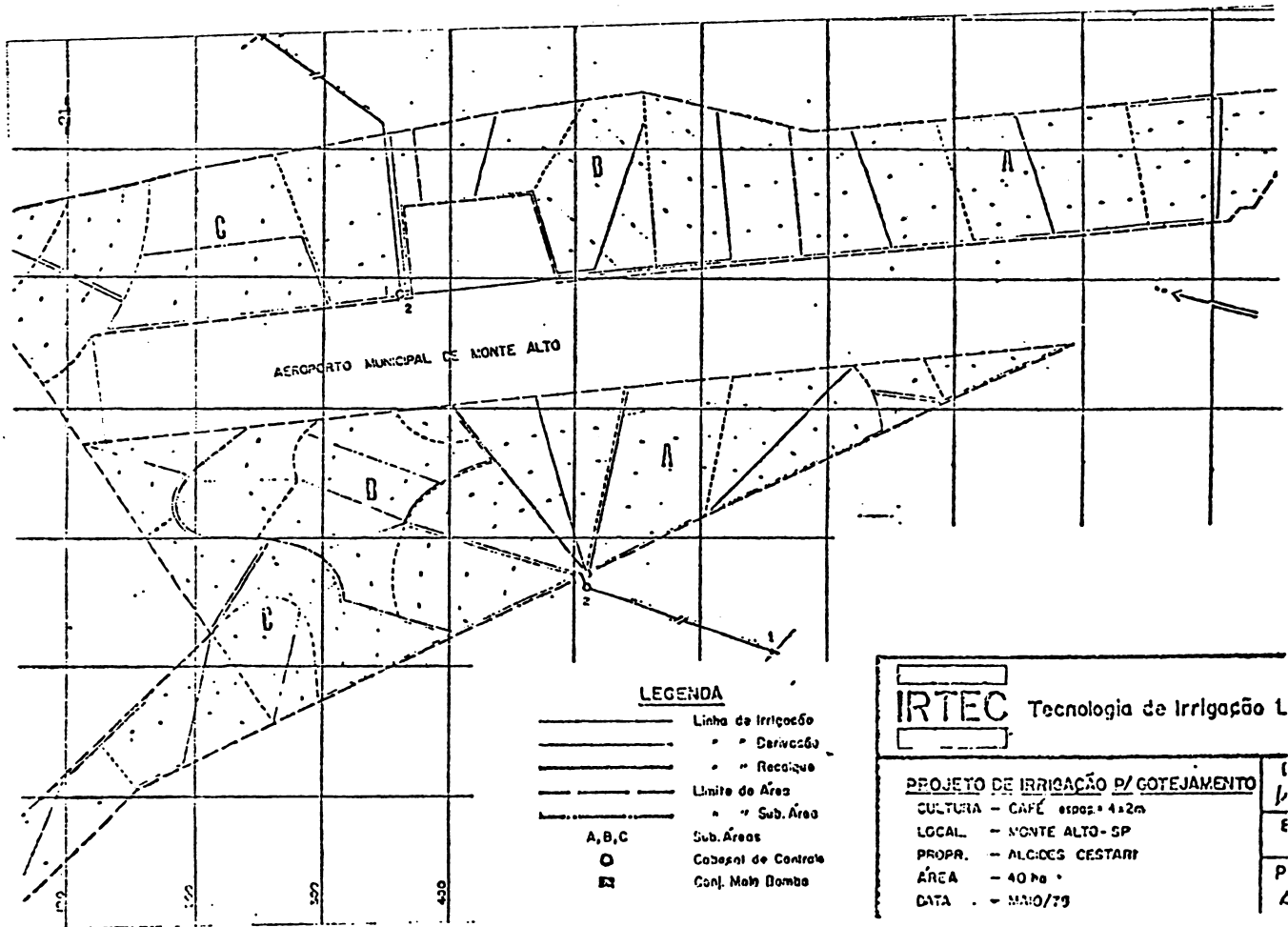
Uma série de dados preliminares são necessários para a elaboração de um projeto comercial de irrigação por gotejamento, a saber:

- dados meteorológicos
 - precipitação
 - evapotranspiração
- dados edáficos
 - capacidade de campo
 - ponto de murcha permanente
 - densidade aparente
- levantamento topográfico
 - planimetria
 - perímetro da área a ser irrigada.
 - sentido das linhas de plantio da cultura.
 - distância da área ao manancial.
 - detalhes que interferem a cultura (ex: linhas de transmissão, carreadores, etc)
 - altimetria
 - orografia (relevo) da área em curvas de nível de um metro
 - nivelamento da área até o manancial
 - outros cálculos
 - cálculo da área em hectares ou m^2
 - desenho do levantamento em escala.
 - cálculo da vazão do manancial.

No projeto apresentado podemos observar uma série de detalhes tais como: conjunto moto-bomba (1), sistema de filtragem e fertilização (2), sub-áreas (A,B,C) e distribuição das linhas de derivação, de recalque e de irrigação.

O funcionamento do sistema apresenta as seguintes etapas:

- a. leituras dos índices do tanque classe "A" e pluviômetro.
- b. consulta da tabela adequada para a determinação do tempo de funcionamento.
- c. determinação da primeira sub-área (A,B,C) a ser irrigado.
- d. acionamento do conjunto moto-bomba.



LEGENDA

- Linha de Irrigação
- Derivação
- Recolha
- Limite de Área
- Sub. Área
- A, B, C Sub. Áreas
- O Gabinete de Controle
- E Cant. Mata D'Água

IRTEC

Tecnologia de Irrigação L

PROJETO DE IRRIGAÇÃO P/ GOTEJAMENTO

CULTURA - CAFÉ espaz. = 4x2m
 LOCAL - MONTE ALTO - SP
 PROPR. - ALGODES CESTARI
 ÁREA - 40 ha
 DATA - MAIO/79

1
 2
 E
 P
 2

3.2. Instalação Experimental

Para a execução de um projeto experimental deve-se estudar, a priori, a finalidade da pesquisa.

No exemplo esquematizado para cultura do tomate, duas variáveis, com três alternativas cada uma, estão em estudo: nível de água e dosagem de fertilizantes.

Baseando-se nisso podemos determinar a presença de nove tratamentos com quatro repetições.

Para se determinar a locação dos canteiros deve ser feito uma distribuição aleatória.

Relação dos tratamentos:

$T_1 - N_1 D_1$ $T_4 - N_1 D_2$ $T_7 - N_1 D_3$

$T_2 - N_2 D_1$ $T_5 - N_2 D_2$ $T_8 - N_2 D_3$

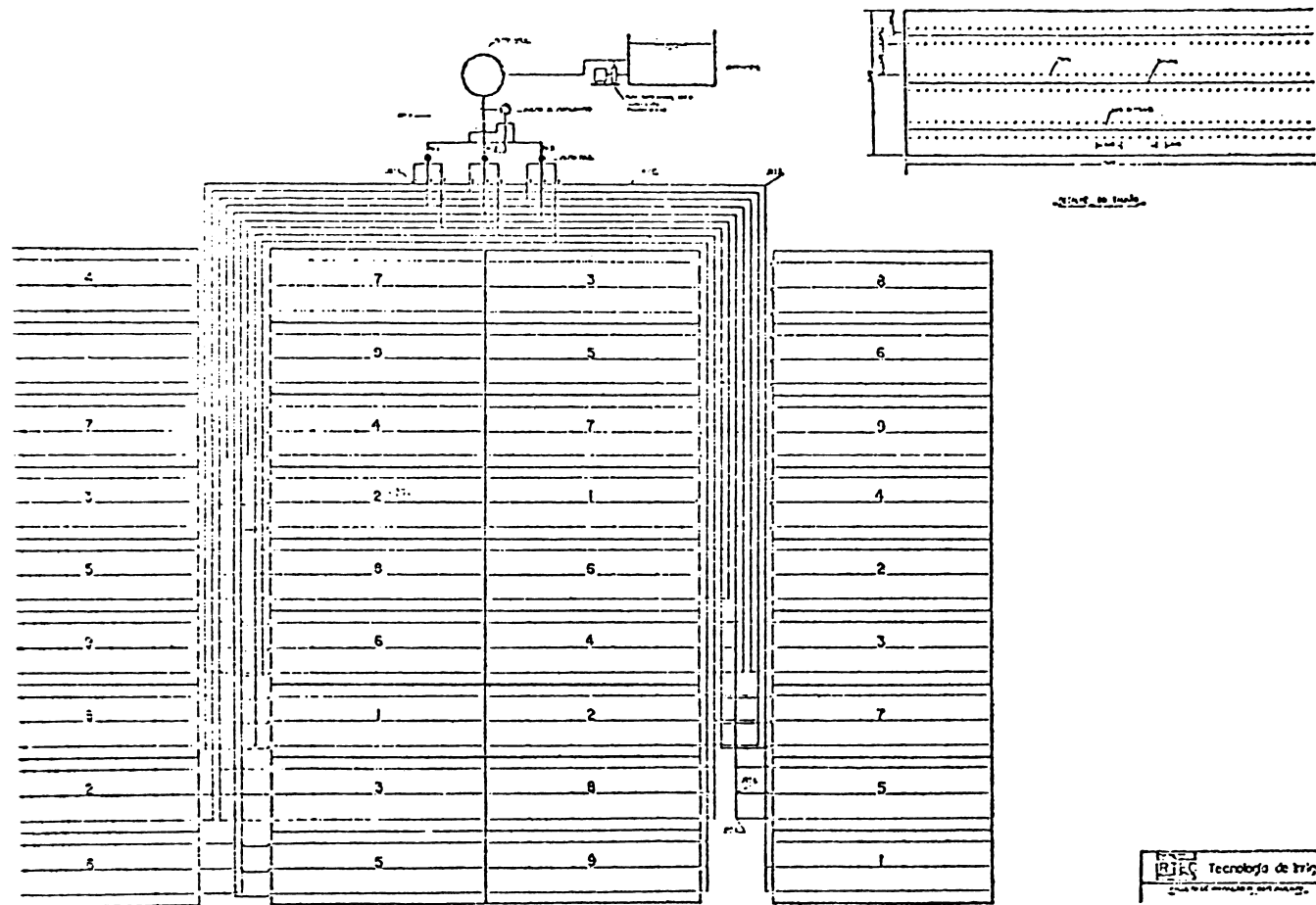
$T_3 - N_3 D_1$ $T_6 - N_3 D_2$ $T_9 - N_3 D_3$

T - Tratamento

N - Nível de água

D - Dosagem de fertilizantes

No final do ciclo da cultura, tabulados os dados e efetuadas as análises estatísticas adequadas, pode-se então determinar o nível ideal de água e dosagem do fertilizante para o solo e a região em estudo.



4. CONCLUSÕES

362

A indústria nacional nos últimos anos desenvolveu uma série de estudos no campo da irrigação por gotejamento, com a finalidade básica de minimizar o investimento inicial do projeto sem alterar a qualidade e eficiência dos materiais utilizados.

Pode-se atualmente afirmar que o seu objetivo foi alcançado, principalmente pelos fabricantes de plásticos.

Observamos que embora os materiais utilizados na irrigação por gotejamento, apresentam boa qualidade, ainda não cessaram as pesquisas nesse campo.

Uma série de novos estudos ainda encontram-se em andamento, para que se possa aprimorar ainda mais o método de irrigação por gotejamento.

5. BIBLIOGRAFIA

1. KELLER, J. And Karmeli; 1974. Trickle irrigation design, Rainbrid sprinkler Mfg. Co., Glendora, California.
2. OLLITA, A.F.; 1977. Os métodos de irrigação. Livraria Nobel S/A. São Paulo, SP. 267p.
3. MYRES, L.E. and Bucks; 1972. Uniform Irrigation with low pressure trickle systems, Journal of the irrigation and drainagem.
4. DAKER, A; 1973. Água na agricultura. São Paulo, SP. Livrarias Freitas Bastos S/A. Vol.3. 453 p.

DOCUMENTO TECNICO 20

MICRO IRRIGACION AGRICOLA

Por: Dr. Jaime Leal Díaz (*)

(*) Director General AGROX de México.

L A M I C R O I R R I G A C I O N A G R I C O L A

Dr. Jaime Leal Diaz. 1/GENERALIDADES:

A partir de la primera parte de la década de los 60s, como resultado de los progresos en la industria de los plásticos y del reconocimiento a nivel mundial de la importancia de la economía del agua en la agricultura, se desarrolló una etapa de grandes progresos en la implementación y en la tecnología de la irrigación.

A fin de reducir los costos de esta implementación se intentó igualar la capacidad de conducción de las redes con la demanda de agua de los cultivos agrícolas, minimizando el volumen de suelo humedecido a fin de reducir también las pérdidas de agua por evaporación que se presentan en él. Esta demanda considera el agua evapotranspirada, la de composición de los tejidos vegetales y la necesaria para mantener el substrato propio para el desarrollo del cultivar.

Cada vez que nos aproximamos a esto, se establece una concepción de lo que podría llamarse microirrigación en donde cada planta se atiende casi en lo individual y cotidianamente. Obsérvese por lo tanto que los intervalos de riego, y el volumen de suelo mojado y de agua aplicada se reducen a solo lo necesario para obtener el producto vegetal deseado.

Dentro de la microirrigación se incluyen todos los medios que se requieren para los sistemas de goteo, microaspersión, nebulización, atomización, difusión capilar, inyección y cualquier otro que tendiese a lo aquí establecido.

1/ Director General. AGROX DE MEXICO Ave. Revolución # 450, Col. Contry
Tel. 58-44-10 Monterrey, N. L. México

Estos sistemas pretenden además de aplicar el agua a los cultivos con gran eficiencia, mejorar alguna otra característica del medio; por ejemplo; temperatura ambiente, incidencia de parásitos y organismos competitivos, y riqueza nutricional y acumulación de residuos solubles en el substrato, entre otras.

En general, todos los sistemas de microirrigación son permanentes o semipermanentes, reduciendo los requisitos de mano de obra y haciendo posible la automatización controlada, ya sea por el cultivar o por sensores que responden a las condiciones del medio ambiente.

Aplicar el agua casi a nivel individual, racionalmente, en función estricta de la demanda y con gran uniformidad, exige elementos de gran precisión con conductos u orificios pequeños. La alta superficie expuesta y los bajos caudales y velocidades de flujo favorecen la sedimentación de materiales suspendidos y la deposición o formación de sólidos que llegan a obstruir estos orificios y conductos.

Esta problemática establece que se tomen en cuenta las propiedades química y física del agua de riego; como son: los componentes disueltos y los sólidos no solubles que pudiesen precipitar en el sistema, y la temperatura y viscosidad del agua. El tratamiento del agua y la filtración son por lo tanto prácticas obligadas en casi la totalidad de los equipos, y olvidarlas puede significar el total fracaso.

A medida que el volumen de suelo mojado y de agua se reducen, la suplementación nutricional y el control del substrato se hacen más críticos, por lo que se recomienda avanzar gradualmente en la microirrigación, en la medida

que se cuenta con los medios y procedimientos confiables, y en lo posible, utilizar las experiencias desarrolladas en el cultivo de vegetales bajo invernaderos, cobertizos, y/o hidroponía.

COSTOS Y ECONOMIA:

En la mayoría de las áreas irrigadas por estos medios se explotan especies frutícolas y hortalizas de alto valor, un 70% o más corresponden a las primeras, debido a que por su amplio espaciamiento, la cantidad de tuberías y de elementos de microirrigación es menor y es más factible su aplicación.

En las hortalizas se requiere una inversión notablemente mayor, y su consideración depende del valor del producto, de la ganancia marginal que se obtenga con la referida inversión, y del financiamiento disponible.

Para bajar costos los sistemas de microirrigación siguen diversas posibilidades; por ejemplo:

- a) utilizar tuberías de bajo diámetro, de pared delgada, de materiales baratos y de larga duración.
- b) disponer de elementos reguladores determinantes de la descarga de agua de precisión, confiables y de bajo costo, y de ser posible, que estén preparados para adaptarse a una gran variedad de condiciones de trabajo, y por tiempo prolongado.
- c) utilizar la red de conducción el máximo del tiempo.
- d) minimizar los requisitos de operación y mantenimiento de los sistemas.
- e) decrecer las inversiones y gastos complementarios de maquinaria, Parasitocidas, fertilizantes, reguladores de crecimiento y demás que inciden en los costos de producción.

El cuadro económico demanda a su vez que se atienda cuidadosamente el valor del producto obtenido, a fin de que a cada insumo corresponda una utilidad marginal, y se trabaje en todas las prácticas agrícolas complementarias para que el proceso aumente la productividad. Se estima que el mejoramiento de la calidad y cantidad de cosecha, la reducción de mano de obra, el ahorro de fertilizantes, la facilidad de controlar plagas y enfermedades y malas hierbas, la mejor nutrición del cultivar y el extender la agricultura bajo irrigación a mayores superficies, son las principales razones que determinan la conveniencia de la microirrigación.

Los avances son tan significativos que se prevee hasta la posibilidad de microirrigar pastos y cultivos de cereales a niveles económicos, en áreas en donde por ahora se aplican otros medios de riego, se desarrolla agricultura de temporal, o no se tiene agricultura.

APLICADORES O EMISORES DE AGUA:

Se incluyen en la microirrigación desde orificios en la pared de las tuberías o mangueras de riego hasta elementos complejos que permiten la descarga del agua en forma relativamente precisa tanto en forma como en cantidad.

El perfil del conducto con orificios varía desde tubos porosos más o menos cilíndricos hasta mangueras colapsibles formadas por películas simples o múltiples; todos estos elementos de polímeros orgánicos termoplásticos.

Los emisores pueden permitir la descarga del agua a gran velocidad, dividiendo o no el torrente en gotas de mayor o menor tamaño, o dejar salir el fluido a baja velocidad ya sea en chorro o en gotas.

Cuando la descarga es a gran velocidad, la distancia a que se proyecta el agua permite el riego por aspersion que bajo microirrigación normalmente se denomina microaspersión. Esta aspersion puede ser desde gotas grandes hasta gotas microscópicas por lo que se contemplan aquí los atomizadores y los nebulizadores además de los microaspersores.

Al reducirse la velocidad, el agua se lanza a muy corta distancia y se proyecta como un pequeño chorro o una serie de gotas. En este grupo pueden contemplarse "goteros", "escupidores", "burbujeadores", "chorreadores" y "sudadores".

La variedad de estos elementos es tan grande que podría aceptarse su número posible como $(n + 1)$ ya que siempre se puede conceptuar uno más.

Su comportamiento es muy diverso, pero en general se pretenden elementos baratos, confiables, uniformes, de larga duración y fácil manejo y mantenimiento, bajo una amplia gama de condiciones de trabajo.

En la microirrigación los orificios se miniaturizan, llegando desde cavidades capilares como las de tuberías porosas hasta ductos de varios milímetros cuadrados de sección, en donde tanto la resistencia al flujo del agua, el área transversal como el potencial hidráulico determinan la descarga del agua.

La emisión del fluido en casi todos los casos esta basada en la fórmula siguiente:

$$Q = c.a. \sqrt{h}$$

en donde Q es igual al caudal, "c" es un factor de emisión, "a" es el área de la sección y "h" es el gradiente hidráulico.

Existen unidades de sección constante y unidades de sección variable y unidades de flujo laminar y unidades de flujo turbulento, encontrando emisores que varían tanto en la sección como en su condición de flujo.

Al respecto se tienen emisores de flujo prácticamente constante bajo un amplio rango de gradientes hidráulicos y de viscosidad del agua.

El gradiente hidráulico a que trabajan los diversos emisores varía desde casi unos cuantos gramos/cm² hasta 4 a 6 Kg/cm², siendo las presiones normales, en general, entre 0.1 y 4 Kg/cm². Las velocidades de descarga varían comúnmente de 1 a 20 metros/segundo.

CALIDAD DEL AGUA:

La microirrigación exige una alta calidad de agua de riego en lo relativo a sólidos no solubles que contenga o bien que pudiesen formarse dentro del sistema de conductos. Las zonas en donde se presenta menor velocidad de flujo permiten en general la mayor acumulación de ellos; sin embargo, el mayor problema se encuentra referido en los emisores y orificios de salida que tienen la menor sección y en forma relativa la mayor área expuesta, aún cuando no presenten la menor velocidad del fluido.

Cuando los sólidos no solubles se forman dentro de la red o en los emisores, la filtración no es efectiva y debe recurrirse al tratamiento del agua. Entre los cuerpos que se forman pueden incluirse algunos gelatinosos y combinaciones de estos con sólidos, algunos de origen mineral y otros orgánicos.

La inclusión de fertilizantes y el cambio de condiciones del agua durante el tiempo que permanecen dentro de la red hasta su expulsión al exterior, complican a su vez esta situación. En la mayoría de los casos se debe contemplar la calidad del agua tanto en su composición orgánica (incluyendo microorganismos) como mineral hasta llegar al suelo.

La filtración y el tratamiento del agua son conjuntamente las alternativas más viables para resolver estas complicaciones, incluyendo dentro de la primera también las prácticas de sedimentación.

Los filtros más comunes comprenden tanques sedimentadores y elementos de mallas, arenas y ciclones; los cuales se combinan según sea necesario, considerándose efectivos solamente para partículas mayores a las 20 micras.

Los sólidos solubles del agua deben conocerse en su comportamiento dentro de la red del sistema, así como en su toxicidad para las plantas cultivadas y en su proceso de acumulación en el suelo, a fin de desarrollar las tecnologías necesarias para controlarlos, ya que de otra manera se podría generar un problema limitante de la productividad del proceso agrícola.

El tratamiento de agua es muy variado pero los más comunes consisten en solventes, dispersantes, reductores u oxidantes; supresores de tensión superficial e inhibidores microbianos.

OPERACION DE LOS SISTEMAS:

Los déficits evapotranspirativos del cultivar, la necesidad de nutrimentos de las plantas, la conveniencia de eliminar algún compuesto contaminante de

substrato, y otras exigencias del acondicionamiento ambiental, definen la cantidad de agua requerida y la operación del sistema. Esto ligando en forma directa a la respuesta que tuviese el cultivar.

La operación implica controles, los cuales pueden ser desde totalmente automatizados hasta manuales. Todos ellos se apoyan en medios de alguna naturaleza y mecanismos que abren o cierran circuitos según los vectores de referencia.

La automatización puede justificarse cuando la mano de obra es costosa, cuando es escasa o cuando no es capacitada para realizar las operaciones establecidas.

IMPACTO SOCIAL:

Si acepta la microirrigación como una tecnología que hace más segura la actividad agrícola, en cultivos de alto valor y de mercado confiable.

La implementación actual es segura pudiendo operarse desde automática hasta manualmente, obedeciendo tecnologías accesibles.

Se adapta a todos los niveles culturales, permitiendo aumentar las tierras irrigadas y mejorar en forma substancial grandes áreas bajo riego. Zonas de escasa disponibilidad de agua y suelos agrícolas, pueden incorporarse al progreso y participar en la economía. La infraestructura industrial necesaria para apoyarla puede establecerse casi a nivel regional en casi todo el orbe, lo cual debe de tomarse en cuenta primordialmente por los países en desarrollo.

III SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE RIEGO POR GOTEIO

DOCUMENTO TECNICO 21

IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EM CANA-
DE-AÇÚCAR COM TRÊS NÍVEIS DE ÁGUA
A PARTIR DO TANQUE DE EVAPORAÇÃO
CLASSE A.

EQUIPE TÉCNICA

ENGº AGRº VIDAL VALENTIM TULER

ENGº AGRº ANTONIO CESAR SALIBE

ENGº AGRº JOÃO SOARES LIMA

I N D I C E

1. Resumo
2. Introdução
3. Material e Métodos
 - 3.1. Localização
 - 3.2. Características do solo
 - 3.2.1. Características físicas
 - 3.2.2. Propriedades químicas
 - 3.2.3. Água do solo
 - 3.3. Dados Climatológicos
 - 3.4. Delineamento Experimental
 - 3.5. Variedade
 - 3.6. Equipamentos de Irrigação
 - 3.7. Determinação do volume de água aplicada
 - 3.8. Atividades Agronômicas
4. Resultados e Discussões
 - 4.1. Manejo do Equipamento
 - 4.2. Durabilidade do Equipamento
 - 4.3. Eficiência do Equipamento
 - 4.4. Produção de Cana-de-Açúcar em toneladas por hectare
5. Conclusões
6. Summary
7. Literatura citada.

Lista de Tabelas

<u>Tabela</u>	<u>Página</u>
01- Análise Granulométrica e Massa Específica Aparente.	6
02- Análise química do solo, da área experimental à profundidade 0 - 20cm.	6
03- Umidades (%/peso solo seco) à capacidade de campo, umidade de murchamento e água disponível (%).	7
04- Dados climatológicos durante o experimento.	7
05- Volumes de água aplicados e balanço hídrico do experimento.	10
06- Eficiência de funcionamento.	12
07- Produções médias de cana e açúcar, em ton/ha, em função dos níveis de água aplicados.	13

Irrigação por Gotejamento em Cana-de-Açúcar com três Níveis de Água a partir do Tanque de Evaporação Classe A.

VIDAL VALENTIM TULER*

ANTONIO CESAR SALIBE*

JOÃO SOARES LIMA*

1- Resumo.

O experimento foi conduzido em solo aluvial, localizado na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do IAA, em Campos RJ. A variedade de cana utilizada foi a Na 56-79. O plantio foi realizado em 20/04/78 e os tratamentos das parcelas irrigadas se iniciaram em 30/08/78. O delineamento experimental, foi de blocos ao acaso, com 4 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram estabelecidos, tomando-se por base a reposição ao solo de 0, 50, 70 e 100% da água evaporada no tanque de evaporação classe A. A colheita foi realizada em 4 de setembro de 1979 e os resultados obtidos, indicam o tratamento 100% como o melhor, tanto para cana como para açúcar em t/ha. Os acréscimos verificados em relação ao tratamento 0% (testemunha) foram de 33,8% ou 37,11 ton de cana/ha e 23,7% ou 4,62 ton de açúcar/ha.

O volume de água aplicado no período estudado foi de 259.860 litros em 112 irrigações.

* Eng^{os}. Agrônomos, pesquisadores da Seção de Irrigação e Climatologia do IAA-PLANALSUCAR - Campos/RJ.

2- Introdução.

A irrigação por gotejamento é um dos métodos mais modernos de se aplicar a água ao solo, a fim de que a mesma seja absorvida pelas plantas. Apresenta alta eficiência técnica - 90 a 95% - no aproveitamento da água, e é um sistema praticamente automatizado, com baixo custo operacional. Seu uso no Brasil, especificamente na cana-de-açúcar ainda é uma incógnita, embora algumas tentativas estejam sendo feitas com equipamentos diversos.

No presente trabalho, está sendo testado o manejo, eficiência e durabilidade do equipamento com tubo câmara simples de polietileno perfurado e cabeçal de controle de fabricação nacional.

Embora seja um método de alta eficiência técnica e de baixo custo operacional, o investimento de implantação do projeto, é bastante alto por área irrigada. Sua introdução em escala comercial, só se justifica com alto rendimento de cana e açúcar /ha, que é o objetivo principal de estudo deste trabalho.

Scardua et alii (1976) desenvolveram um trabalho em Araras, Brasil, para verificar o comportamento da cultura de cana-de-açúcar, submetida à irrigação por gotejamento. Concluíram que a melhor resposta de produção se dava com a dotação de água de 60% da evaporação do tanque classe A; as medições da altura do 1º "dewlap" visível, mostraram ser o parâmetro fisiológico mais indicativo da produção de cana; para efeito de irrigação, a profundidade efetiva correspondente a 80% do sistema radicular atingiu 60 cm no tratamento com dotação de 60% da evaporação do tanque Classe A; o tratamento recomendado (60% do tanque Classe A) deu um aumento de produção em relação ao não irrigado de 32,84

t/cana/ha e de 4,85 t/açúcar/ha.

Segundo Vaziri (1971) citado por Gibson (1974) a primeira instalação de irrigação por gotejamento, com sucesso, no Hawaí, foi desenvolvida na sub-estação de Kunia, pela Estação do Departamento de Engenharia, em março de 1970. Este sistema era enterrado a cerca de 30 a 45 cm de profundidade, sendo os tubos de polietileno de 12,7 mm de diâmetro e espaçados de 1,5 m com orifícios a cada 1,5 m ao longo do tubo. A cana foi colhida aos 19 meses, dando aproximadamente 2,7 t/ha/mês, sendo considerada excelente, e os tubos comportaram-se bem.

Tuler et alii (1979) conduziram em Campos, Brasil, um experimento de irrigação por gotejamento em cana-de-açúcar com 3 diferentes espaçamentos (1,40 x 1,40m, 0,90 x 1,90m e 0,60 x 1,40m). Na cana-planta, conseguiram no tratamento 0,60 x 1,40m, irrigado, considerado o melhor, acréscimos de 63,30% ou 69,30 t de cana/ha e 54,00% ou 10,00 t de açúcar/ha sobre o tratamento 1,40 x 1,40m não irrigado, tradicional na região.

Isobe (1969), em experimento realizado no Hawaí, constatou que a eficiência do uso da água na irrigação, varia de 2,2 a 3,0 t/ha de cana, para cada 25 mm de água aplicada, correspondendo 0,26 a 0,30 toneladas de açúcar.

Gerard (1974), comparando em um experimento de irrigação por sulcos de infiltração e por gotejamento, verificou que os tratamentos irrigados por sulcos, apresentaram uma produção compreendida entre as produções obtidas pela irrigação por gotejamento, com dotações de água correspondentes a 0,25 e 0,50 da evaporação do tanque classe A.

Early (1974), conduziu um experimento nas Filipinas, submetendo a cana-de-açúcar a 6 diferentes dotações de água e

obteve um acréscimo de produção entre o melhor tratamento irrigado e os não irrigados da ordem de 12,7 T de cana/ha e 3,0 Ton de açúcar/ha.

Demétrio (1978), conduziu em Piracicaba SP um experimento de Irrigação por Gotejamento com 4 níveis de água a partir do tanque de evaporação Classe A. Concluiu que o melhor tratamento foi o que recebeu 60% da ECA. Determinou ainda que o consumo de água para produzir uma tonelada de cana e uma de pol, foi respectivamente 8,8 mm e 48,0 mm de altura de água.

3. Material e métodos

3.1. Localização:

O experimento foi instalado na Estação Experimental de Goitacazes do IAA-PLANALSUCAR, km 1 da Rodovia do Açúcar, (Campos Farol de S. Tomé), com latitude de $21^{\circ}48'S$, longitude de $41^{\circ}20'W$, altitude de 11m e topografia plana.

3.2. Características do solo:

3.2.1. Características físicas

Segundo levantamento realizado pela FUNDENOR (1971), o solo da Estação Experimental de Goitacazes pertence ao grande grupo aluvial. A análise granulométrica foi realizada segundo THOMAS e GARDNEER (1922) e a determinação da Massa Específica Aparente através do cilindro de UHLAND (1949).

Os dados obtidos, encontram-se na tabela 1.

Tabela 1: Análise Granulométrica e Massa Específica Aparente.

Profundidade cm	Granulometria			Classe	Massa Específica
	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Textural	Aparente g/cm ³
0 - 20	22	36	42	Argilosa	1,0
20 - 40	16	40	44	Argilosiltosa	1,2
40 - 60	11	44	45	Argilosa	1,3

3.2.2. Propriedades Químicas

Tabela 2: Análise química do solo da área experimental à profundidade de 0 - 20 cm.

Determinações	Unidade	Quantidade
pH	-	5,60
Carbono	-	1,58
Fósforo	ppm	40
Potássio	ppm	80
Cálcio	Eq.mg/100 g	9,00
Magnésio	Eq.mg/100 g	1,40
Alumínio	Eq.mg/100 g	0,20
Argila Natural	-	11,00

3.2.3. Água do Solo

A umidade do solo à capacidade de campo foi determinada segundo método de laboratório, Richard e Weaver (1944) e o ponto

de Murchamento Permanente segundo Método de Laboratório, Richard (1947).

Tabela 3: Umidades (% peso solo seco) à Capacidade de Campo, Umidade de Murchamento e Água Disponível (%).

Profundidade cm	Umidade à Capacidade de Campo	Umidade de Murchamento	Água Disponível
0 - 40	43,8	26,3	17,5

3.3. Dados Climatológicos

Os dados climatológicos obtidos durante o experimento, em estação próxima do local de estudo, são apresentados na tabela 4.

Tabela 4: Dados climatológicos durante o experimento.

Meses	Chuva mm	ECA mm	Temperaturas °C*			* U.Rel. %	Ventos km/h	Insolação horas/to- tais. -
			Máx.	Mín.	Méd.			
Abril/78	77	143	29,2	19,0	24,5	83	5,2	168
Maio	11	87	27,2	17,2	22,5	80	-	180
Junho	9	100	25,7	15,0	20,9	78	3,2	117
Julho	81	95	26,5	16,3	21,8	80	3,6	150
Agosto	37	147	26,9	15,6	21,7	73	6,2	215
Setembro	30	154	26,7	16,8	22,4	81	9,7	133
Outubro	36	202	28,6	18,5	24,3	81	9,0	187
Novembro	167	196	28,7	20,5	24,7	88	12,9	142
Dezembro	130	235	30,1	21,3	25,6	86	11,5	178
Jan/79	320	153	28,0	20,6	23,6	88	8,9	103
Fev.	146	163	28,9	21,8	25,7	88	10,4	140
Março	43	191	30,0	20,2	25,6	86	7,2	190
Abril	47	150	28,5	18,8	24,1	86	6,9	153
Maio	45	157	29,2	18,1	24,4	80	7,1	204
Junho	46	104	25,6	14,8	20,8	84	5,8	170
Julho	28	110	24,1	15,9	21,0	86	6,8	110
Agosto	16	147	27,7	17,3	22,9	85	7,0	206

Média mensal

3.4. Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 4 tratamentos e 4 repetições.

Tratamentos:

T₁- Sem irrigação

T₂- Irrigado com 50% da evaporação do tanque classe A.

T₃- Irrigado com 70% da evaporação do tanque classe A.

T₄- Irrigado com 100% da evaporação do tanque classe A.

Cada parcela total, era constituída de 5 sulcos de 30 m de comprimento com 1 linha de irrigação e a parcela útil, de 2 sulcos de 30 m de comprimento. O espaçamento utilizado foi de 0,90 x 1,90m.

3.5. Variedade

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a Na 56-79, introduzida na região a cerca de 4 anos, porém em franca expansão quanto à área plantada.

3.6. Equipamentos de Irrigação

O equipamento utilizado, de fabricação nacional, era composto de:

- a) Cabeçal de controle: filtro de areia, filtro de tela, injetor de adubo, válvula de controle de pressão e vazão, manômetro, registros e hidrômetros.
- b) Tubos plásticos PVC com diâmetro de 1" para a linha mestra e de 1/2" para linhas de derivação e de limpeza.
- c) Tubos de Polietileno, câmara simples (T.C.S.), perfurados com raio laser de 0,60 em 0,60 m, com orifícios de 0,254mm de diâmetro e Vazão média medida de 3,09 l/hora.

As linhas de irrigação foram distribuídas superficialmente, situando-se no meio da entrelinha, irrigando dois sulcos laterais.

3.7. Determinação do volume de água aplicado.

O volume de água a ser aplicado, determinado através da contagem do número de orifícios das linhas de irrigação, da vazão total, do tempo de irrigação, da área irrigada e dos dados do tanque de evaporação classe A, são mostrados na tabela 5 , que ao final apresenta o balanço hídrico diário do experimento.

3.8. Atividades Agronômicas

No preparo do solo, foram utilizadas as atividades normais da região, ou seja 2 arações e 2 gradeações para eliminar a soqueira e 2 gradeações de acabamento antes do plantio.

As parcelas foram sulcadas com 0,30m de profundidade e com espaçamento de 0,90 x 1,90m entre sulcos. O plantio foi realizado no dia 20 de abril de 1978, utilizando-se toletes de 3 gemas, na base de 12 gemas por metro de sulco, tratados por imersão em solução de Benlate e Biagro e distribuídos manualmente nos sulcos. A adubação foi feita com a fórmula 8-28-16 na base de 42 g/metro de sulco. Foram feitos 2 tratamentos culturais manuais e a colheita efetuou-se dias 3 e 4 de setembro de 1979.

4. Resultados e Discussões

Atendendo aos objetivos do trabalho, foram observados os aspectos de manejo e durabilidade do equipamento, bem como avaliadas a eficiência do equipamento e a produção final em termos de cana e açúcar por hectare.

4.1. Manejo do equipamento

O cabeçal, foi montado sobre uma plataforma de concreto. As linhas mestra, de derivação e de limpeza, foram enterradas, e as linhas de irrigação, instaladas superficialmente entre 2 sulcos.

Tabela 5: Volumes de água aplicados e balanço hídrico do experimento.

TRATA- MENTOS	Mês	Chuva mm	ECA mm	Nº de Irrig.	C A L C U L A D O			M E D I D O	
					Vazão l/h	Tempo	Volume l	Volume l	Vazão l/h
50% do Tanque (ECA)	09/78	30,6	153,2	17	937	15:14:00	14.336	147.79	970
	10/78	37,1	202,0	10	937	13:20:00	12.465	127.49	956
	11/78	167,1	196,5	6	937	13:45:30	12.921	12.763	928
	12/78	129,8	235,4	5	937	4:05:30	3.831	4.079	997
	01/79	318,9	157,7	8	937	11:54:00	11.472	11.697	983
	02/79	145,4	163,1	0	---	-----	-----	-----	---
	03/79	43,1	195,5	16	937	33:38:30	31.513	30.874	918
	04/79	46,7	150,8	16	937	18:48:00	17.624	19.287	1.025
	05/79	45,4	156,8	15	937	17:28:00	16.358	18.330	1.049
	06/78	46,4	92,1	16	937	10:37:00	9.926	10.717	1.009
Totais	xxxx	1.010,5	1.703,1	109	xxx	138:50:30	130.446	135.275	xxx
70% do Tanque (ECA)	09/78	30,6	153,2	17	757	26:33:30	20.105	17.873	673
	10/78	37,1	202,0	11	757	23:07:20	17.504	15.510	671
	11/78	167,1	196,5	7	757	22:39:10	17.148	14.940	660
	12/78	129,8	235,4	5	757	8:59:30	6.807	5.838	649
	01/79	318,9	157,7	8	757	18:53:50	14.305	12.518	662
	02/79	145,4	163,1	0	---	-----	-----	-----	---
	03/79	43,1	195,5	17	757	56:07:40	42.489	36.756	655
	04/79	46,7	150,8	16	757	32:37:40	24.699	23.323	715
	05/79	45,4	156,8	15	757	28:53:10	21.867	21.770	754
	06/79	46,4	92,1	16	757	18:06:30	13.708	13.025	719
Totais	xxxx	1.010,5	1.703,1	112	xxx	235:58:20	178.632	161.553	xxx
100% do Tanque (ECA)	09/78	30,6	153,2	16	838	34:15:00	28.702	28.331	817
	10/78	37,1	202,1	13	838	39:36:00	33.185	32.192	813
	11/78	167,1	196,5	8	838	21:58:00	18.408	19.315	879
	12/78	129,8	235,4	3	838	14:43:30	123.40	12.011	816
	01/79	318,9	157,7	8	838	24:28:30	205,10	195,75	800
	02/79	145,4	163,1	0	---	-----	-----	-----	---
	03/79	43,1	195,5	17	838	74:20:30	62.298	59.349	798
	04/79	46,7	150,8	16	838	42:04:30	32.259	35.638	847
	05/79	45,4	156,8	15	838	37:44:00	31.621	33.052	876
	06/79	46,4	92,1	16	838	23:13:30	19.462	19.551	842
Totais	xxxx	1.010,5	1.703,1	112	xxx	312:23:30	261.785	259.014	xxx

Esta instalação é muito prática, rápida e exige pouca mão de obra.

O controle diário da irrigação, exige apenas o trabalho de um homem para abrir os registros, controlar o tempo e corrigir alguns entupimentos.

Durante o ciclo da cana planta só ocorreu um defeito no equipamento: rompimento da engrenagem de distribuição de água dentro do filtro de areia. Substituiu-se a peça avariada, mas a irrigação foi prejudicada durante o mês de fevereiro de 1979.

4.2. Durabilidade do equipamento

Antes da colheita as mangueiras das linhas de irrigação, que eram superficiais, foram retiradas, enroladas em carretéis e guardadas para serem reinstaladas após a colheita. A cana foi colhida crua e o palhiço queimado logo após a retirada das canas. O aproveitamento das mangueiras foi total e o cabeçal se manteve em bom estado de conservação.

4.3. Eficiência do equipamento

Foram feitas algumas contagens de entupimentos, a partir de março de 1979. O número de entupimentos era relativamente alto nesta época. Porém, a limpeza estava sendo feita com $0,2 \text{ kg/cm}^2$ de pressão, com o sistema funcionando sob gravidade.

Substituindo este sistema por bombeamento sob pressão, a limpeza passou a ser operada com $0,4 \text{ kg/cm}^2$, o número de entupimentos diminuiu consideravelmente, e a eficiência do sistema pode ser considerada muito boa, conforme os dados da tabela 6.

Tabela 6: Eficiência de funcionamento

Datas	Número de furos do T.C.S.			Número de furos entupidos			Eficiência (%)		
	T ₂	T ₃	T ₄	T ₂	T ₃	T ₄	T ₂	T ₃	T ₄
02/03/79	209	207	212	5	14	7	98	93	97
12/03/79	209	207	212	0	3	7	100	99	97
28/03/79	209	207	212	3	3	1	99	99	100
10/04/79	209	207	212	0	1	1	100	100	100
26/04/79	209	207	212	0	0	1	100	100	100
11/05/79	209	207	212	0	1	0	100	100	100
25/05/79	209	207	212	0	1	2	100	100	99
12/06/79	209	207	212	1	4	0	100	98	100
Totais	209	207	212	9	27	19	xxx	xxx	xxx
Médias	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	99	97	98

T₂ - Irrigado com 50% da evaporação do tanque Classe A

T₃ - Irrigado com 70% da evaporação do tanque Classe A

T₄ - Irrigado com 100% da evaporação do tanque Classe A.

4.4. Produção de cana-de-açúcar em toneladas por hectare

Os resultados de produtividade em cana e açúcar, obtidos nos tratamentos do experimento, são mostrados na tabela 7.

Tabela 7: Produções médias de cana e açúcar, em ton/ha, em função dos níveis de água aplicados.

Tratamentos	Produção de cana	Produção de açúcar
Testemunha	109,65	19,50
50%	139,22	22,70
70%	128,86	21,35
100%	146,76	24,12
F	9,29**	4,71*
D.M.S. 5%	30,35	10,42
C.V. %	8	9

Pela análise da tabela 7 verifica-se que os coeficientes de variação do ensaio foram de 8% para cana e de 9% para açúcar, o que demonstra boa precisão; as médias apresentaram erros padrão de 5,27 t ca/ha e 0,90 t açúcar/ha; as diferenças mínimas significativas, calculadas pelo método de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, foram de 30,5 t cana/ha e 10,42 t açúcar/ha; houve significância estatística entre tratamentos, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade; o tratamento 4 (100%) foi o único entre os irrigados a diferir significativamente da testemunha, em ton de cana/ha.

Em ton de açúcar/ha não houve diferença significativa entre tratamentos. Estes resultados diferem dos apresentados por Scardua e Souza (1976) e do de Demétrio (1978), onde o tratamento 60% foi o mais eficiente.

5- Conclusões

Os dados pesquisados neste trabalho e discutidos no capítulo

anterior, permitem após as análises, chegar às seguintes conclusões:

5.1. O tratamento 4 (100%), considerado o melhor, diferiu estatisticamente do tratamento 1 (não irrigado), em ton de cana/ha.

5.2. Não houve diferença estatística entre os tratamentos quando considerada a ton de açúcar/ha.

5.3. O manejo do sistema de irrigação pelo processo de reposição do volume de água evaporada no tanque classe A, é simples , prático e de certa precisão na relação volume de água calculado e medido e vazão calculada e medida.

5.4. O equipamento utilizado mostrou-se eficiente, considerando-se o baixo número de entupimentos e a diferença de no máximo 10% entre o volume de água calculado e medido.

5.5. A recuperação das mangueiras após o 19 ano de uso foi total.

6. SUMMARY

The experiment was conducted in an Aluvial soil, at the sugarcane Experiment Station of the I.A.A. (Sugar and Alcohol Institute), in Campos, State of Rio de Janeiro, Brazil. The sugarcane variety used was Na 56-79. The test was planted on April 20, 1978 and the irrigation treatments begun on August 30, of the some year. The Layout used was random blocks, with 4 treatments and 4 replications. The treatments were assigned, according to the volum of water applied to the soil and in function of the evaporation of the Class A tank. The treatments were stablished, using as a base the reposition to the soil of 0, 50, 70 e 100% of the water evaporated from the Classe A evaporation tank.

The cane was harvested on September 4, 1979 and the results indicated that the treatment 4 (100%), was the best in tons of cane and sugar per hectare. This treatment showed increases of 33,8% or 37,11 tons of cane and 23,7% or 4,62 tons of sugar per hectare, over the treatment 1 (0,0%).

The volum of water applied in the studied period, was 259.860 liters per treatment in 112 irrigations.

7. Literatura citada

1. EARLY, A.C. The yield response of sugarcane to irrigation in the Phillipines. In: CONGRESS of ISSCT, 15, Durban, 1974, Proceedings. p. 679-693.
2. GERARD, C.J. Drip and furrow irrigation studies on sugarcane. in: INT. DRIP IRRIGATION CONGR., 2., San Diego, 1974. p. 329-334.
3. GIBSON, W. Hidraulics, mechanics and economics of subsurface and drip irrigation of hawaiian sugarcane. In: CONGRESS of ISSCT, 15, Durban, 1974. Proceedings. p. 639-648.
4. ISOBE, M. Water utilization. II. Yield-Water relationship. In: CONGRESS of ISSCT, 13., Taiwan, 1972. Proceedings. p. 49-54.
5. JAIME, J.R.R. Riego por goteo del Chile Caribe en el Distrito de Riego del Rio yaqui. México, Secretaria de Recursos Hidráulicos, 1973. 63 p. (Memorandum Técnico, 320).
6. SCARDUA, R & SOUZA J.A.G.C. Comportamento da cultura da cana-de açúcar irrigada por gotejamento. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 87 (3): 57-69, mar. 1976.
7. TULER, V.V.; SALIBE, A.C.; LIMA, J.S. Irrigação por gotejamento em cana-de-açúcar com três diferentes espaçamentos. Campos ,

1979. p. Trabalho apresentado no III Congresso Interamericano sobre Irrigação por Gotejamento. Campinas, S.P., Outubro 1979.

DOCUMENTO TECNICO 22

EFEITO DA LÂMINA DE ÁGUA E FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO
POR GOTEJAMENTO NA CULTURA DE PIMENTÃO,

II - PRODUÇÃO DE SEMENTES

Por: Eng. Tarciso José Caixeta
Eng. Vicente Wagner Dias Casali
Eng. Salassier Bernardo
Eng. Laede Maffia de Oliveira

(*) Pesquisadores da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais e
Professores Titulares da Universidade Federal de Viçosa

EFEITO DA LÂMINA DE ÁGUA E FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NA CULTURA DE PIMENTÃO. II - PRODUÇÃO DE SEMENTES*.

Tarciso José Caixeta

Vicente Wagner Dias Casali

Salassier Bernardo

Laede Maffia de Oliveira

1. INTRODUÇÃO

Entre as culturas promissoras para a região da Zona da Mata de Minas Gerais, cita-se o pimentão (*Capsicum anuum*, L.) para o consumo "in natura", bem como para produção de sementes de boa qualidade. Porém são poucas as informações de caráter experimental, no que diz respeito ao uso de água na cultura e aos efeitos que a mesma pode provocar na produção e qualidade das sementes.

A utilização de irrigação em culturas olerícolas é uma necessidade, mesmo na estação chuvosa, haja visto que tais culturas são bastante susceptíveis a deficiências de água ocasionada pela má distribuição das chuvas.

A demanda de sementes de boa qualidade tem aumentado, verificando-se a necessidade de produção em escala comercial.

Os rendimentos obtidos na produção de sementes em campos de produção e na experimentação, para as condições ecológicas da Região, tem-se mostrado promissores (100 a 300 kg/ha), quando comparados com os valores médios obtidos em outros países (14).

A quantidade de água a ser colocada à disposição da planta é de grande importância, devido os custos do sistema de irrigação e dos efeitos sobre a cultura. De um modo geral tem-se observado um consumo de água pelas hortaliças da ordem de 2,5 a 5,0 mm de água por dia (5), tendo sido notado até 8,0 mm/dia em climas quentes e secos. Para a cultura do pimentão, tem-se observado um consumo de 2,5 a 5,0 mm/dia (2, 9, 10, 11). Algumas pesquisas indicam que maiores produtividades são alcançadas com maiores lâminas de água (8), sendo que quando são muito elevadas podem ocasionar efeito inverso (13).

* Parte da Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como uma das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, para obtenção do Grau de "Magister Scientiae".

** Respectivamente, Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais e Professores Titulares da Universidade Federal de Viçosa.

A frequência de irrigação é importante no dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação, influenciando na produtividade da cultura e nos custos operacionais. Seu valor varia de local para local dependendo das características do solo e clima.

Na irrigação por gotejamento, vários trabalhos (8, 12, 13) mostram maiores vantagens na irrigação diária, principalmente devido o sistema ser fixo e de fácil automatização.

A produção de sementes de pimentão tem-se mostrado viável para a região da Zona da Mata (14). Contudo são poucos os estudos que relacionam o fator água às características de produção e qualidades das sementes produzidas. É de esperar que haja efeito da quantidade de água e da frequência de irrigação nas características de germinação e produção de sementes, uma vez que tais variáveis tem influenciado a produção de frutos. BERENYI (1) obteve maiores produções de sementes quando a cultura era irrigada. HARRINGTON (6) observou baixos rendimentos de sementes quando havia deficiência de NPK e Ca, e plantas deficientes em K e Ca apresentavam menor percentagem de germinação, o que leva a crer que sob regime de baixos teores de umidade no solo, quando há menor disponibilidade de nutrientes, poderá haver queda na produção e piores características de germinação das sementes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na Estação Experimental de Ponte Nova, pertencente à rede de bases físicas de experimentação da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, localizada a 10 km da sede do município, Zona da Mata de Minas Gerais.

O ensaio foi conduzido em condições de campo, em solo classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço, de acordo com as normas da Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. O relevo é ligeiramente inclinado, apresentando boa drenagem.

As mudas de pimentão (*Capsicum annum* L.) cultivar 'Cascadura Ikeda' foram produzidas em copinhos de papel de jornal, com 6 cm de diâmetro e altura de 9 cm, previamente preenchidos com terriço, peneirado, esterelizado com brometo de metila e adubado com 10 kg da fórmula 4-16-8 para cada m³ de terriço.

O plantio foi feito semeando-se 5 sementes por copinho, a uma profundidade de aproximadamente 0,5 cm. Após o aparecimento da primeira folha definitiva, foi feito um desbaste, deixando-se a planta mais vigorosa. Durante a fase de produção de mudas, foram feitas irrigações diárias, com regador de crivo fino.

O terreno foi devidamente arado, gradeado e sulcado, e 2 dias antes do transplante foi feita a adubação inicial, que constou de 50,0 g da fórmula 6-14-8 (N-P-K) mais 1,0 g de sulfato de magnésio, por planta de pimentão, colocados no sulco de plantio.

O transplante foi realizado quando as mudas apresentavam de 6 a 8 folhas verdadeiras, em sulcos distanciados de 1,0 m e espaçados de 40 cm ao longo da fileira, dando uma população de 25.000 plantas por hectare.

Foram feitas três adubações em cobertura, espaçadas de 30 dias, constando de 20 g da fórmula 6-14-8 mais 0,4 g de sulfato de magnésio por planta e por adubação, colocados ao longo das fileiras das plantas. Aos 45 e 90 dias após o transplante, pulverizou-se com adubo foliar Quelado 8-16-8 + micronutrientes, na razão de 2 litros por hectare. Como fontes de nutrientes nas adubações utilizaram-se a uréia, o superfosfato simples e o cloreto de potássio.

A cultura foi mantida livre de ervas daninhas mediante 5 capinas manuais.

Brocas de frutos e insetos da folhagem foram combatidos por meio de pulverizações semanais com Parathion metílico (Folidol), Thiometon (Ekation) e Malation (Malatol), alternativamente. Para o controle de doenças fúngicas, utilizaram-se os fungicidas Maneb e Zineb, em aplicações semanais. Como espalhante adesivo usou-se o Extravon.

Todas as plantas foram estaqueadas individualmente, com estacas de bambu de 70 cm, com a finalidade de evitar a queda de plantas, em consequência da ação de ventos fortes.

As colheitas foram feitas semanalmente, os frutos foram colhidos quando estavam completamente maduros.

Os tratamentos foram dispostos num esquema 3 x 3 no delineamento em blocos ao acaso, com 4 repetições. O fatorial 3 x 3 representa as três lâminas diárias de água (2, 4 e 6 mm/dia) e os três intervalos de aplicação de água, em irrigação por gotejamento (1, 2 e 3 dias).

Cada parcela experimental foi constituída de três fileiras de plantas, espaçadas de 100 cm, com 8 m de comprimento, com 1 planta a cada 40 cm, na fileira, dando um total de 60 plantas por parcela. As duas fileiras laterais e as duas plantas das extremidades da fileira central constituíram a bordadura, ficando 18 plantas consideradas úteis, numa área de 7,20 m².

O sistema por gotejamento constou de motobomba, filtro de areia, linha de recalque, reservatório de 20.000 litros, caixa de nível constante, tubulação principal, linhas de gotejadores, sendo estes espaçados de 80 cm e em número de 10 por linha na parcela. Cada parcela era controlada independentemen

te, por meio de registros de gaveta, colocados no início da parcela. Periodicamente, revisava-se o equipamento e calibravam-se os gotejadores, de modo que fossem constantes as condições iniciais de funcionamento. A pressão média utilizada foi de 5 metros de coluna de água, condições em que o equipamento a apresentou um funcionamento aceitável.

Após a colheita, os frutos foram deixados em repouso durante 2 dias, para completa maturação. Foram classificados em frutos normais e frutos defeituosos, sendo considerados como tal os frutos muito pequenos ou com lesões, os doentes e os picados por pássaros. As sementes foram extraídas, de cada fruto individualmente, e colocadas à sombra, para secagem, durante uma semana, sendo colocados posteriormente em saquinhos de papel permeável e levados a um dessecador com sílica gel, onde permaneceram durante duas semanas.

Após a secagem das sementes, procedeu-se à pesagem, utilizando balança com precisão de 0,1 g. A umidade das sementes foi determinada pelo método da secagem direta em estufa, a 105-110°C, durante 48 horas, utilizando-se amostras de 4,0 g, com 4 repetições. As sementes apresentaram um teor médio de umidade de 9,17%, com desvio-padrão de $\pm 0,54$.

Para determinação do peso médio das sementes, tomaram-se 100 sementes, que foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,1 mg.

Os testes de germinação foram feitos de acordo com as recomendações das Regras de Análise de Sementes do Ministério da Agricultura (4), usando 50 sementes sobre papel de filtro, em placas de Petri esterilizadas, com 4 repetições por tratamento. Após distribuição das sementes e umedecimento, as placas foram colocadas em geminador e mantidas 16 horas sob a temperatura de 20°C e 8 horas sob a temperatura de 30°C. Foram feitas duas contagens, a primeira aos 6 e a segunda aos 14 dias depois do início do teste. A energia germinativa foi avaliada pela percentagem média de germinação obtida na primeira contagem, e a percentagem de germinação propriamente dita refere-se à percentagem média de sementes germinadas até os 14 dias.

Os efeitos dos tratamentos na produção de sementes e suas características de germinação foram testados por meio de análise de variância e ajustamento de equações de regressão aos dados observados.

O grau de ajustamento dos modelos aos dados, foi avaliado pelo coeficiente de determinação corrigido (\bar{R}^2), pela significância dos coeficientes de regressão testados pelo teste "t" e pela significância da regressão e dos desvios da regressão testados pelo teste F, a um nível aceitável de até 10% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 estão as médias de algumas características estudadas das sementes de pimentão, tomadas dos tratamentos do ensaio.

Comparando os valores das características das sementes dos frutos normais e dos defeituosos, observa-se que o peso médio das sementes de frutos defeituosos e sua capacidade de germinação tendem a ser menor, em relação aos normais, possivelmente por causa da paralisação do crescimento de fruto e das sementes, ocasionada pelo aparecimento de podridão apical e basal, principalmente. Resultados semelhantes foram observados por SILVA (14).

O rendimento da semente em relação ao fruto foi em torno de 2% , valor bem próximo do observado por SILVA (14) para a mesma cultivar.

QUADRO 1 - Resultados médios, obtidos com algumas características das sementes de pimentão.

Características das Sementes	Sem. Frutos Normais		Sem. Frutos defeituosos	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Produção de sementes - kg/ha	516	43	55	7
Energia germinativa - %	79	1,5	52	7,8
Porcentagem de germinação - %	90	1,7	70	7,5
Peso de 1000 sementes - gramas	7,339	0,167	6,667	0,203
Rendimento de sementes/frutos - %	1,97	0,78	2,26	0,13

A análise de regressão aplicada aos dados de produção de sementes de frutos normais (P^{SN}) indicou que o modelo linear descreve o fenômeno de modo aceitável, para os intervalos testados. A equação de produção estimada, cujos planos de regressão são mostrados na Figura 1, indica que tanto o aumento na quantidade de água como a diminuição no intervalo de irrigação são benéficos para a produção de sementes. Observa-se, também, que as quantidades de água estudadas não ocasionaram excessos suficientes para causar uma queda na produção.

Para as mesmas unidades dos parâmetros envolvidos, e baseando-se nas declividades da superfície de resposta, verifica-se que tanto a lâmina de água como o turno de rega, mostraram o mesmo efeito, com sentidos contrários, sobre a produção marginal das sementes, o que equivale a dizer que, para um mesmo valor absoluto na lâmina de água e turno de rega, os efeitos praticamente iriam anular-se, respeitando-se os intervalos estudados.

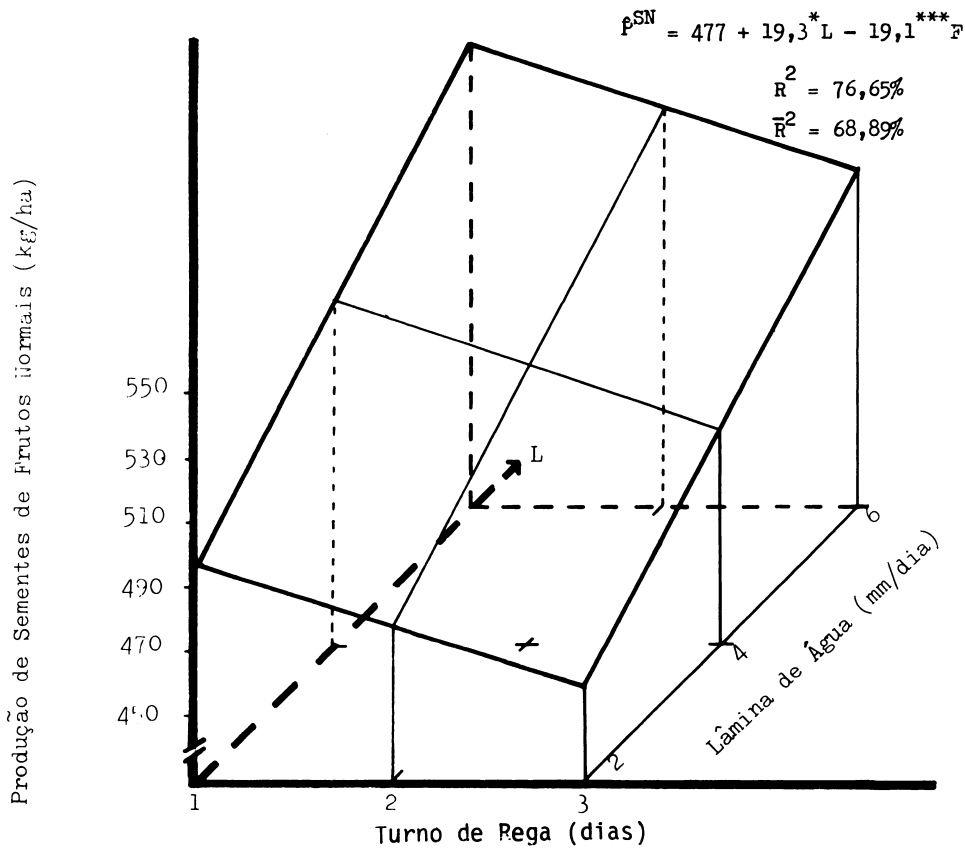


FIGURA 1 - Produção de sementes de frutos normais (\hat{p}^{SN}), em função da lâmina de água (L) e do turno de rega (F), em irrigação por gotejamento. (*, *** significativos aos níveis de 1% e 10% de probabilidade, respectivamente).

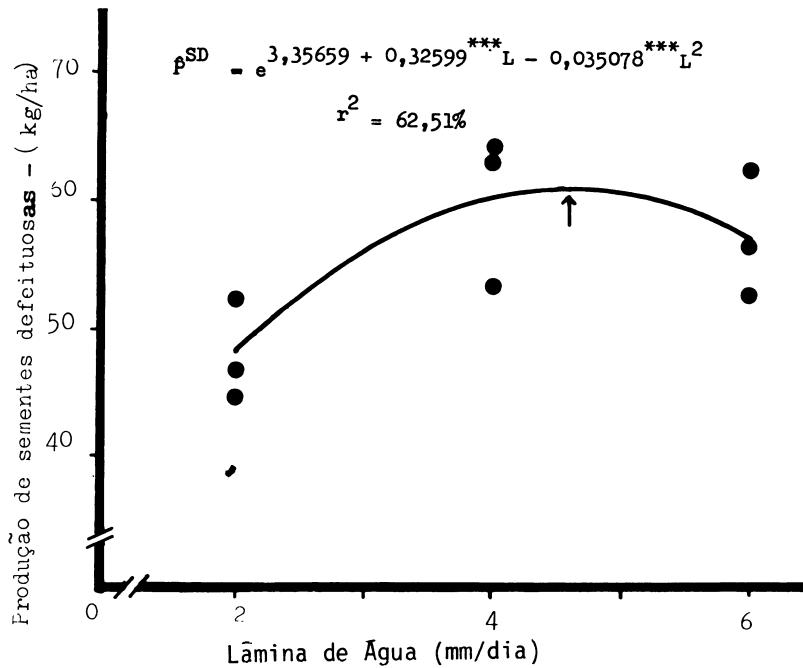


FIGURA 2 - Produção de sementes de frutos defeituosos (\hat{p}^{SD}), em função da lâmina de água aplicada (L), em irrigação por gotejamento. (***) significativo ao nível de 10% de probabilidade).

Maiores lâminas de água, aplicadas diariamente, acarretam maiores produções de sementes, ocorrendo o mesmo para a produção de frutos maduros e polpa para a indústria, graças, possivelmente, à maior disponibilidade de água e nutrientes solúveis (6, 14).

A Figura 2 mostra a função de produção de sementes de frutos defeituosos (\bar{p}^{SD}) em consequência da quantidade de água aplicada. A análise de regressão mostrou que o modelo exponencial quadrático para lâmina de água diária foi o que melhor se ajustou.

Pela função estimada, verifica-se que a produção máxima foi obtida com uma lâmina de água de 4,65 mm/dia, para uma produção de 61 kg/ha, sendo que os turnos de rega estudados não diferiram significativamente entre si. Com o aumento da lâmina de água, no intervalo de 2 a 4,65 mm/dia, houve um aumento na produção de sementes defeituosas. Considerando a não significância na produção dos frutos defeituosos, pode-se aceitar que o incremento da disponibilidade de água tenha provocado melhores condições de formação de sementes, mesmo em frutos com lesão, sendo que, acima desses níveis, houve um efeito negativo, indicando que maiores quantidades de água inibiram a formação e/ou crescimento das sementes, em razão, possivelmente, de melhores condições de desenvolvimento das lesões. Constatou-se, por meio de observações no campo, que, nos frutos que apresentavam lesões na fase de formação, o desenvolvimento das sementes era paralisado, sendo que esse efeito parecia ser mais acentuado naqueles com lesão basal.

As análises de variância das regressões e coeficientes de determinação, para as equações estimadas de produção de sementes de frutos normais e defeituosos, são mostradas no Quadro 2. Observa-se que os desvios da regressão não foram significativos, aos níveis de probabilidade previamente estabelecidos. A produção de sementes de frutos normais foi mais influenciada pelas lâminas de água (61,59%) que pela frequência de irrigação (15,06%), o que pode ser explicado pelo mesmo efeito determinante na produção de frutos. Para a produção de sementes defeituosas, apenas o efeito da lâmina pode ser detectado em níveis significativos.

A análise de regressão aplicada aos dados de energia germinativa e percentagem de germinação de sementes de frutos normais e defeituosos mostrou que, para os modelos testados, os coeficientes das variáveis independentes e quantitativas, lâmina de água e turno de rega, não foram significativos, pelo teste t, aos níveis de probabilidade preestabelecidos. Consequentemente, os valores observados, para cada característica não diferiram entre si.

Salienta-se que os valores de rapidez e capacidade de germinação das sementes de frutos normais superam os índices de padrão mínimo de germinação para a espécie em estudo, que é de 60 a 70% (3, 7).

QUADRO 2 - Análise de variância da regressão e coeficiente de determinação para as equações ajustadas de algumas características de produção de sementes.

Características (Variáveis dependentes)	Fonte de Variação	Graus de liberdade	Quadrados Médios	Variáveis independentes	Coeficientes de Determinação	
					Obtido	Corrigido
Produção de sementes de frutos normais	Devida à regressão	2	5559,11**	L,F	76,65	68,89
	Desvio da regressão	6	564,55n.s.	L	61,59	
	Erro	24	465,40	F	15,06	

Produção de sementes de frutos defeituosos	Devida à regressão	2	0,04438***	L ² ,L	62,51	
	Desvio da regressão	6	0,00887n.s.			
	Erro	24	0,09632			

** Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

*** Significativo, ao nível de 10% de probabilidade, pelo teste F.

n.s. Não significativo, aos níveis de probabilidade preestabelecidos, pelo teste F.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Em ensaio realizado no município de Ponte Nova - MG, estudou-se o efeito de 3 lâminas diárias de água, aplicadas em 3 intervalos de irrigação, em sistema de irrigação por gotejamento, sobre a produção de sementes de pimentão (*Capsicum annuum*, L.) bem como sobre a sua capacidade de germinação.

Foram aplicadas lâminas de água de 2, 4 e 6 mm/dia com frequência de irrigação de 1, 2 e 3 dias.

O plantio foi feito em solo Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço, com espaçamento de 1,0 m entre fileiras e 0,4 m entre plantas. As adubações constaram de 50 g da fórmula 6-14-8 (N-P-K) mais 1 g de sulfato de magnésio, por planta, no plantio e 3 adubações por cobertura, espaçadas de 30 dias, constando de 20 g por planta da mesma mistura. Utilizaram-se gotejadores de baixa pressão, espaçados de 80 cm na fileira.

Pelos resultados obtidos, observou-se que maiores lâminas de água, aplicadas diariamente, acarretam maiores produções de sementes de frutos normais. A produção de sementes de frutos refugos foi máxima quando a lâmina de água aplicada atingiu 4,6 mm/dia. Os turnos de rega testados não diferiram entre si.

A energia germinativa e percentagem de germinação das sementes de frutos normais e refugos não foram influenciadas pela quantidade de água e intervalos de irrigação testados. Os valores observados de rapidez e capacidade de germinação das sementes de frutos normais superaram os índices do padrão mínimo de germinação para a espécie em estudo.

SUMARY

TITLE: The effect of water height and irrigation frequency by trickle irrigation system on red pepper.

II - Seed production.

The effect of water height (2 - 4 - 6 mm/day) and irrigation frequency (1 - 2 - 3 days) were studied on the seed production and seed germination characteristics of red pepper (*Capsicum annum*, L. c.v. "Cascadura Ikeda") at the "Zona da Mata" of the State of Minas Gerais. The trickle irrigation system was used to supply water. The highest water height promoted higher seed yield than the others height of water in the healthy fruits, while the unhealthy fruits presented the maximum production at the water height of 4.6 mm/day. The irrigation frequency did not affect greatly the seed yield of the fruits. The germination energy and the percentage of seed germination of the fruits were not affected by both water height and irrigation frequency. The observed values for germination capacity of the seeds and the germination velocity of the seeds were greatly superior than the minimum standard germination indexes for the studied specie.

Index terms: irrigation frequency, water height, trickle irrigation, seed production, seed germination percentage, seed germination velocity, red pepper.

5. LITERATURA CITADA

01. BERENYI, M. The effect of irrigation on the quality and quantity of red pepper crops in two extremely raining years. Duna. Tirza Kozi Mezogazd. Kisert. Int. Bull, Kecskemet, 2:5-14. 1968. In Hort.Abstr. England. 39(3):598, abstr. 4947. 1969.
02. BOSWELL, R.W. and THORNE, M.D. The proper use of water in the Home Garden. U.S. Department of Agriculture, Yearbook of Agriculture. p.451-456, 1975.
03. BRASIL. Ministério da Agricultura. Legislação sobre Sementes. |s.l.|, 1968. 54p.
04. BRASIL. Ministério da Agricultura. Regras para análise de sementes. |s.i.|, |s.d.| 120p.
05. DAKER, A. A água na agricultura. Irrigação e Drenagem. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1973, v.3, 453p.
06. HARRINGTON, J.F. Germination of seeds from carrot, lettuce, and pepper plants grown under severe nutrient deficiencies. Hilgardia, Berkeley, California. 30:219-235, 1960.
07. INTERNATIONAL, Grop Emprovement Association. Minimum Seed Certification Standards. |s.l.|, |s.ed.|, 1963. 128p. (Publication nº 20).
08. _____. Riego por goteo del Chile Caribe en el Distrito de riego del Rio Yaqui - Son. México, DF, Secretaria de Recursos Hidráulicos, 1973. 63p. (Memorandum Técnico nº 320).
09. KOSEVSKI, B. A contribution to the solution of irrigation problems with peppers in the brugelija region. Sumarskiot Fakultet na Univerzitetot Skopje, Yugoslavia, 23:55-67, 1969. Hort.Abstr. England 42(8):479,abstr. 3975, 1972.
10. MASUDA, T. *et alii.* Ecological studies on pepper (*Capsicum annum* L.) (Mainly on the flowering and fruit bearing habits) Sci. Reps. Foc. Agric. Okayama nº 28 pp 37-42. 1966. In: Hort.Abstr. England 37(3):605,abstr. 5099. 1967.
11. PARWIN, P.E. and I. Wu. Trickle irrigation por intensive tomato production in Hawaii. HortScience, 7(3):337. 1972.
12. RUIZ, T.V. Princípios básicos del riego por goteo, México, DF. Secretaria de Recursos Hidráulicos, 1971. p. (Memorandum Técnico nº 296).

13. SHMUELI, M. e GOLDBERG, D. Response of trickle irrigated pepper in arid zone to various water regimes. HortScience, Virginia, 7(3)241-243. 1972.
14. SILVA, R.F. da. Efeito de espaçamento e níveis de adubação na produção de frutos maduros e sementes de pimentão. (*Capsicum annuum* L.) Viçosa, UFV, Imprensa Universitária. 1969. 51p. (Tese MS).

DOCUMENTO TECNICO 23

RESUMEN DEL ESTUDIO: BASES PARA EL DISEÑO
DEL SISTEMA YACUMBÚ QUIBOR

Por: Eng^o Jesús R. Dugarte (*)
Eng^o David Escalona (**)

-
- (*) Jefe Proyecto Yacumbú - Quibor, Dirección General de Riego. M.A.C.
(**) Coordinador Proyectos de Riego Lara - Yaracuy, Dirección General de Riego. M.A.C.

RESUMEN DEL ESTUDIO
BASES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA
YACAMBU - QUIBOR

1.- INTRODUCCION

El estudio "Bases para el Diseño del Sistema de Riego Yacambú-Quibor", fué realizado durante los años 1977-78, por un equipo multidisciplinario conformado por técnicos de las siguientes instituciones: CORPOCCIDENTE, FONAIAP, FUDECO, MAC, MARNR, MINDUR y con la asesoría de los especialistas Carlos Grassi (CIDIAT) y Arnaldo Lerma Anaya (Consultor Privado).

1.1.- CARACTERISTICAS DEL VALLE DE QUIBOR

El Valle de Quibor está localizado a unos 30 kms al oeste de Barquisimeto, en jurisdicción del Municipio Juan Bautista Rodríguez, Distrito Jimenez, Estado Lara, Venezuela.

El clima del Valle es semiárido, con baja nubosidad y precipitación promedio anual de 500 mm. La temperatura alcanza una media anual de 24.5 grados centígrados y oscila entre un máximo de 37 y un mínimo de 15 grados centígrados. Las escasas lluvias ocurren generalmente durante los meses de abril y junio e igualmente en octubre y noviembre. La evaporación media anual es de unos 3.000 mm/año.

El Valle de Quibor antiguamente era un lago y como consecuencia del azolvamiento del mismo se constituyó un acuífero muy rico en el subsuelo.

Las peculiaridades de su clima le confieren al Valle una importancia de primer orden en lo relativo a su participación en el abastecimiento nacional de ciertos productos agrícolas, así - en el caso de tomate y cebolla, el Valle de Quibor aporta en la actualidad, aproximadamente, una tercera parte de la producción nacional de cebolla y una quinta parte de la de tomate.

La población rural del área se incorpora a las actividades productivas mayoritariamente como obreros asalariados y algunos como aparceros y arrendatarios.

La actividad agrícola ha estado altamente limitada en su

crecimiento por la restringida disponibilidad de agua para riego, hasta el punto de que apenas se realiza agricultura de regadío en una sexta parte de la superficie apta para la aplicación de esta práctica agronómica.

1.2.- EL PROYECTO YACAMBU

A partir de 1959 se inicia la explotación de las aguas subterráneas, notándose al poco tiempo una marcada disminución del nivel freático, lo que amplió la idea de arribar a una solución que permitiera incrementar la superficie bajo riego en el Valle de Quibor. En este sentido, diversas instituciones públicas y privadas, durante los años que van hasta 1972, presentan sugerencias y estudios dirigidos a promover la idea sobre la necesidad y conveniencia de formular y ejecutar un proyecto de obras hidráulicas que posibilitara alcanzar el objetivo señalado, demostrándose así la factibilidad técnica y económica de ejecutar el proyecto Yacambú, que consiste en la construcción de un embalse sobre el río Yacambú y transvasar las aguas del mismo al Valle de Quibor.

La ejecución de este proyecto permitiría llevar el área bajo riego a unas 18.500 hectáreas e igualmente contempla dotar a Barquisimeto con 3.000 lps, a partir de 1985-90.

La presa y el túnel para el transvase del agua del río Yacambú, se encuentran en proceso de construcción y su culminación se prevé para el año 1983.

1.3.- JUSTIFICACION Y ENFOQUE DEL PRESENTE ESTUDIO "BASES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO YACAMBU-QUIBOR"

De acuerdo a lo que se mencionó en el punto anterior, el riego en el Valle de Quibor utilizando las aguas del río Yacambú comenzaría en el año 1983. Se considera fundamental que para ese año parte de sistema de riego deba estar construido, con lo cual se evitaría que una obra de tanta importancia para el desarrollo del estado Lara, la región centro-occidental y el país, permanezca ociosa durante años después que fuese terminada, como ha ocurrido con diversas obras hidráulicas en Venezuela.

Para lograr que para 1983 se tenga construida una parte importante del sistema de riego, es necesario iniciar su construcción a más tardar a comienzos de 1980.

En la elaboración del estudio, el equipo que en él participó, se encontró con un área atípica, si se compara con las áreas bajo riego en el país, por sus características de suelos extremadamente impermeables, altas pendientes y gran potencial erosivo.

2.- CARACTERIZACION FISICA DE SUELOS CON FINES DE RIEGO

En el Valle se han realizado varios estudios de suelos. En el estudio edafológico y de clasificación de tierras con fines de riego semidetallado de Zink y Suárez, se diferencian 37 unidades básicas de suelos (series) y 8 formas misceláneas de tierras en una superficie de 38.493 hectáreas, igualmente se hace una clasificación con fines de riego de acuerdo ^{con} las normas del USBR, con cluyéndose que 24.795 hectáreas son regables.

En estudios posteriores se agrupan las 37 unidades mencionadas en 9 unidades, utilizándose la clasificación Soil Taxonomy.

3.- ZONIFICACION DE TENENCIA

Las actuales características socioeconómicas del Valle de Quibor, la historia de su desarrollo agrícola, la Ley de Reforma Agraria y las experiencias obtenidas hasta el presente tanto en sistemas de riego del país como en zonas de secano, permiten sugerir que la alternativa de tenencia mas aconsejable para el desarrollo del Valle, es una en la cual participen empresas campesinas, pequeños y medianos productores.

El tamaño recomendable para las empresas campesinas está entre 100 y 200 hectáreas netas.

Para los pequeños y medianos productores se ha recomendado la unidad de producción individual, cuyo tamaño estaría entre 8 y 25 hectáreas aproximadamente, dependiendo de si es para un pequeño o mediano productor.

El área bruta total que sería ocupada por las unidades individuales ascendería a 6.328 hectáreas y las unidades colectivas desarrollarían 14.065 hectáreas.

4.- DETERMINACION DEL AGUA DISPONIBLE PARA RIEGO EN EL VALLE DE QUIBOR

Se cuantificó el agua que se dispondrá en el futuro para el riego del Valle, tanto de fuentes superficiales (embalse Yacambú, escorrentía de las quebradas que cruzan el Valle), como subterráneas, así como su localización.

La escorrentía media anual regulada por el embalse Yacambú y transvasada al Valle es de 9.1 m³/seg (287 x 10⁶ m³/año), sin embargo está previsto que de esa cantidad se utilicen 3 m³/seg para el abastecimiento de la ciudad de Barquisimeto, quedando 6.1 m³ - por seg (192.5 x 10⁶ m³/año) para el riego del Valle.

Actualmente se aprovechan mediante derivaciones de agua de

crecientes de diversas quebradas, 11.5×10^6 m³/año, siendo la -
escorrentía total estimada entre 51.7 y 63.24×10^6 m³/año.

La recarga natural del acuífero es de unos 20 a 30×10^6
m³/año y el volumen extraíble de agua, usando el criterio de ya-
cimiento es de unos 150×10^6 m³/año.

Se analizó en forma preliminar el uso conjunto de las a -
guas superficiales y subterráneas, mediante la formulación de un
modelo de balance anual.

La cuantificación y ubicación de las disponibilidades de
agua define el número de hectáreas regables y su localización, -
lo cual permite planificar el uso racional del recurso.

5.- LA SALINIDAD EN EL AGUA Y EL SUELO

En el estudio se llega a conclusiones prácticas que permi
ten definir cual puede ser la influencia de la calidad del agua
que se usa actualmente y que se utilizará en el futuro, en la sa
linización de los suelos del Valle, igualmente se dan recomenda-
ciones que permiten orientar el manejo de los suelos y aguas pa-
ra controlar la salinidad de las tierras de Quibor.

La calidad de las aguas superficiales que se usan actual-
mente y las que se usarán en el futuro son mejores que la de las
aguas subterráneas, las cuales desmejoran hacia el norte del Va-
lle, llegando a valores mayores de 1.500 ppm.

6.- CRITERIOS PARA LA SELECCION DE CULTIVOS Y ROTACIONES

Se determinaron los cultivos que pueden ser producidos en
el Valle de Quibor, de acuerdo a la capacidad productiva de los
suelos, a las experiencias de los agricultores, uso actual de -
los suelos, remuneración de los cultivos y adaptación a las con-
diciones climáticas de la zona.

Los principales cultivos del área son: tomate, cebolla y -
caña de azúcar. Otros cultivos son sembrados en menor escala co-
mo: pimentón, remolacha, repollo, pepino, caraota y frutales -
(mango, cítricos, uva y aguacate), también se ha sembrado melón,
patilla, cambur, algodón, lechoza y pasto elefante.

De entrevistas sostenidas con los agricultores y de diver-
sas consideraciones técnicas, se deduce que la zona reúne condi-
ciones para la siembra de otros cultivos, como el sorgo, soya y
berenjena, así como la producción de semilla certificada de maíz
caraota y sorgo, al igual que la actividad pecuaria (bovinos, ovi-
nos y caprinos).

Desde el punto de vista de manejo, se agrupan tres unidades de suelos (A,B,C) y cuatro niveles de salinidad (S0,S1,S2,S3) Se elaboró un plano a escala 1:25.000 con los 12 tipos de suelos y un cuadro con los cultivos seleccionados adaptables a cada tipo.

Se considera de gran importancia la rotación de cultivos, por cuanto facilita fundamentalmente la recuperación o mejoramiento de la estructura de los suelos y el rompimiento del ciclo biológico de plagas y enfermedades, además de permitir un mejor uso de la mano de obra y de la maquinaria.

7.- ESTUDIO DE LAS EXPERIENCIAS EN RIEGO Y HABILITACION DE TIERRAS

7.1.- EXPERIENCIAS EN RIEGO

El agua de riego en la zona, como se mencionó anteriormente, proviene de aguas subterráneas y derivaciones de crecientes de las quebradas. La infraestructura de captación que se utiliza son los pozos profundos y lagunas. Cada pozo tiene, por lo general, una laguna que permite su regulación, pues en la zona se bombea las 24 horas y se riega unas 8 horas al día.

El método de riego que fundamentalmente está siendo usado es el de gravedad.

En la utilización de las técnicas de riego por gravedad ha influido en forma determinante la tradición de los agricultores y las características físicas de los suelos, pues estos al ser muy poco permeables obliga a que se tenga que dejar el agua estancada en el surco.

Los caudales promedios manejados por un regante oscilan entre 7.5 lps, tanto para el tomate como para la cebolla, hasta 16.0 lps, para la caña de azúcar.

En relación con los métodos y formas de riego se encuentra lo siguiente: surcos a nivel con tapas, canteros, serpentines, surco corto lateral, riego por goteo y riego en surcos largos con pendiente.

Las diferentes formas de riego en el Valle, a excepción del riego por goteo y surcos con pendiente, son altamente intensivas en uso de mano de obra.

7.2.- EXPERIENCIA EN HABILITACION DE TIERRAS

Para la determinación del costo de las obras de habilitación de tierras, se han seguido los lineamientos y experien -

cias obtenidas en el desarrollo de cuatrocientas hectáreas correspondientes a la primera fase del sistema de riego, conocida como pequeño sistema San José.

La metodología empleada en la habilitación de tierras incluye la siguiente secuencia:

- a.- Deforestación, despeje y limpieza.
- b.- Control de las tierras de cárcavas.
- c.- Nivelación de tierras.
 - c.1.- Preparación de tierras: roturación y desterronamiento.
 - c.2.- Levantamiento topográfico detallado.
 - c.3.- Proyecto y cálculo de la nivelación de tierras.
 - c.4.- Movimiento de tierra.
 - c.5.- Construcción de drenajes parcelarios.

La magnitud de las inversiones a ser realizadas en la habilitación de tierras dependerá de la condición original del terreno y es así como nos encontramos con montos unitarios entre los 1.654 Bs/ha, para condiciones de erosión laminar, hasta 8.557 Bs/ha, para el caso de tierras de cárcavas severa (T C2s).

8.- PLANIFICACION AGROECONOMICA PRELIMINAR

La planificación agroeconómica del Valle de Quibor permitirá conocer la magnitud del impacto que el incremento del área bajo riego va a tener en variables como el empleo agrícola, volumen de la producción, requerimiento de financiamiento, insumos, agua, etc.

Dentro de la metodología escogida, el primer paso consistió en realizar la zonificación del Valle considerando los accidentes naturales del mismo, como quebradas y cerros, además se trató de que las zonas fuesen lo mas homogéneas posible en tamaño.

Igualmente se trató de que cada una de las zonas fuese área de posible influencia de los centros poblados que se han definido en el estudio de desarrollo urbano.

Finalmente se determinó una alternativa de producción para cada módulo, tomando en cuenta sus características en cuanto a suelo y guiándose por la tabla de adaptabilidad de cultivos, según salinidad y textura. El módulo es un área en donde se ha conjugado las variables textura y salinidad.

El resumen de los cálculos y estimaciones hechas, se con-

densa en el cuadro N° 8.5.

Otras implicaciones de la planificación agroeconómica se traduce en las siguientes cifras:

Indice de uso de la tierra por año:	1.8	
Producción anual total *	: 458.694	ton.
Ingresos brutos anuales	: 223.404.220	Bs.
Circulante anual requerido *	: 110.353.258	Bs.
Insumos anuales requeridos *	: 104.475.5	ton.

* Años posteriores a la consolidación.

9.- DETERMINACION DE LAS DEMANDAS DE AGUA PARA RIEGO

Se determinaron los volúmenes de agua requeridos por los cultivos, sobre la base de los volúmenes aplicados actualmente por los agricultores de la zona (cuadro N° 9.6), así como también los requerimientos de agua de todo el Valle en base a la zonificación de los cultivos, de esta forma se definieron más exactamente el número de hectáreas a ser regadas.

Se determinaron las eficiencias de riego en el Valle a nivel de las unidades de producción (cuadro 9.9), no tomando en cuenta las pérdidas ocasionadas por la conducción del agua hasta la unidad de producción y los períodos y frecuencias de riego.

Para la determinación de los caudales requeridos por los diversos módulos establecidos en la planificación agroeconómica se utilizó un programa de computadora, para el cual se indicaron varios criterios relacionados con: volúmenes de agua necesarios por los diferentes cultivos, frecuencia de riego, registros climatológicos y balance hídrico de la zona, época de siembra y porcentaje de área a sembrar de cada cultivo, etc.

La lámina promedio máxima requerida para el Valle, a nivel de la unidad de producción, es de 6,425 mm /día y esto ocurre para la semana N° 54 considerada en la planificación.

Los gastos máximos requeridos a nivel de la unidad de producción son de: 41,26 m³/seg, 33,01 m³/seg, 27,52 m³/seg y 13,75 m³/seg, para los tiempos de funcionamiento de 8, 10, 12 y 24 horas respectivamente.

Para el diseño de la capacidad de las tomas a nivel de la unidad de producción, se escogió como caudal unitario el resultado para la alternativa de 24 horas de funcionamiento, evitándose de esta manera pérdidas de agua y dificultad en el manejo de los

niveles de agua en los canales de distribución.

La máxima área que estaría bajo cultivo simultáneamente sería de 15.343 hectáreas, es decir el 83 % del área total.

El caudal de diseño considerado es de 0.96 lps por hectárea y corresponde a las semanas 49 a 57, en las cuales se encuentra la máxima área regada una vez consolidado el sistema.

Para la obtención del caudal de diseño a nivel de las tomas de la unidad de producción se consideró un 10 % de lixiviación, determinándose un caudal de 1,07 lps por hectarea.

10.- DISEÑO PRELIMINAR DEL SISTEMA DE RIEGO

Los criterios básicos que se tomaron en cuenta para el diseño del sistema de riego son:

- a.- Consideración de la infraestructura existente (red vial, lagunas, pozos profundos, etc) y el desarrollo urbano.
- b.- El método de riego seleccionado para el diseño es el de gravedad.
- c.- La conducción de agua a nivel de principal será por canales abiertos, en terraplén, trapeciales y revestidos de concreto.
- d.- El trazado de las redes de riego permitirá en lo posible la definición de campos de riego grandes, rectangulares y uniformes.
- e.- El diseño del sistema deberá producir un trazado muy flexible, en el sentido de que se pudieran producir variaciones hacia condiciones de riego más avanzadas, o un uso más eficiente de la maquinaria agrícola.
- f.- El diseño tratará de minimizar el área perdida por concepto de canales, drenajes, vialidad, etc.
- g.- El trazado vial dentro del sistema aprovechará la vialidad más importante existente actualmente.
- h.- El canal principal se trazará siguiendo las curvas de nivel.
- i.- Los canales secundarios se trazan en el sentido de la mayor pendiente. Para su construcción se analizan las alternativas de canales abiertos revestidos de concreto y tuberías a presión.

- j.- Los canales terciarios seguirán el sentido de las curvas de nivel, utilizándose la modalidad de canales elevados.
- k.- Los drenajes principales serán las quebradas existentes.
- l.- Los canales terciarios partirán de un mismo punto del canal secundario.

El trazado preliminar del sistema de riego se realizó en un plano a escala 1:10.000, observándose que no toda el área de riego va a ser posible regarla por gravedad, siendo necesario el uso de bombeo para las áreas dominadas por el final del canal B-3, y los canales C,D,E y F.

Con el trazado de las redes de riego, el parcelamiento - de todo el Valle y siguiendo los criterios previamente establecidos, se determinó la capacidad que deberían tener las diferentes redes de riego y tomas de las unidades de producción.

Para el análisis de la distribución y entrega de agua sólo se consideraron las alternativas de caudal continuo y demanda controlada.

El módulo de drenaje se determinó utilizándose el método del U.S. Soil Conservation Service, debido a que su uso, a falta de mediciones como es la situación que se estudia, fué recomendado en el Seminario Internacional de Drenaje realizado en el CI - DIAT en 1976.

Estimación de costos del Sistema de Riego

A continuación presentamos un resumen de los costos estimados para la construcción de las obras de infraestructura del sistema de riego.

Red primaria	38.421.686.00	Bs.
Red secundaria		
Alternativa de canal abierto	29.159.304.00	Bs.
Alternativa de tubería	56.449.816.00	Bs.
Red terciaria		
Empresas campesinas	1.625.435.00	Bs.
Unidades individuales	6.614.872.00	Bs.
Red de drenaje		
Drenaje interparcelario	3.319.008.00	Bs.

Red vial

Vialidad entre centros poblados	11.605.944.00	Bs.
---------------------------------	---------------	-----

Vialidad terciaria	5.371.335.00	Bs.
--------------------	--------------	-----

Estaciones de bombeo y aducciones	37.656.483.00	Bs.
-----------------------------------	---------------	-----

En las estimaciones presentadas no se incluye la inversión a realizarse dentro de las unidades de producción.

En la discusión de los aspectos de riego, drenaje y vialidad interna sólo se consideraron las empresas campesinas, por cuanto las unidades individuales cuentan con una superficie tal que la distribución del agua dentro de la parcela puede efectuarse a través de acequias de tierra con las correspondientes protecciones o en su defecto con un tipo de conducción mas avanzado, la cual puede considerarse como una inversión del productor.

A continuación se establecen los costos para las empresas campesinas:

Red de riego

Alternativa de canales elevados	28.525.369.00	Bs.
---------------------------------	---------------	-----

Alternativa de tubería de baja presión	49.042.816.00	Bs.
--	---------------	-----

Vialidad (para ambas alternativas)	15.660.673.00	Bs.
------------------------------------	---------------	-----

El drenaje parcelario se construye formando parte de las obras de habilitación de tierras.

11.- DEFINICION DE LAS ETAPAS DE DESARROLLO DEL SISTEMA

Para analizar la relación de las diferentes etapas en que se construirá el sistema de riego, se definieron los siguientes criterios:

- a.- Cercanía al portal de salida del túnel de transvase.
- b.- Distribución espacial equilibrada del desarrollo.
- c.- Que se beneficien simultaneamente, tanto las empresas campesinas como los pequeños y medianos productores.
- d.- Posibilidad de incorporar áreas de riego en el menor tiempo posible.
- e.- Disponibilidad actual de aguas subterráneas y superficiales.

Según lo anteriormente establecido se definieron las si-

guientes seis etapas de desarrollo.

Primera etapa

Construcción del canal A hasta la salida del canal B, construcción de los canales B, B1, B2, B3 y B4, con su correspondiente red terciaria. Ampliación del sistema de riego San José.

El área a incorporar será de 3.826 hectáreas, permitiendo desarrollar 2.537 hectáreas de empresas campesinas y 1.239 hectáreas de pequeños y medianos productores.

Segunda etapa

Prolongación del canal A, desde la salida del canal B hasta su terminación al este del Valle de Quibor, además incluye la construcción del canal A8.

En esta etapa, previa organización de los pequeños y medianos productores de acuerdo a las pautas establecidas para ellos en el proyecto, se podría dar agua desde el canal A, utilizando - las quebradas Atarigua, Barrancos, Los jebes y Las Guardias.

Esta etapa cubre 2.228 hectáreas de empresas campesinas.

Tercera etapa

Comprende la construcción de los canales A3 y A4.

Permite la incorporación de 1.848 hectáreas de empresas campesinas y 814 hectáreas de unidades individuales, para un total de 2.662 hectáreas.

Cuarta etapa

Construcción de los canales C, D, E.

Permite incorporar un área bastante poblada como lo es la zona de Cuara, El Molino y San Antonio y beneficiaría 4.921 hectáreas de empresas campesinas y 204 hectáreas de pequeños y medianos productores.

Quinta etapa

Construcción de los canales A7 y F.

Permite incorporar 1.070 hectáreas de empresas campesinas y 1.252 hectáreas, de productores individuales, lo que suma un total de 2.322 hectáreas.

Sexta etapa

Construcción de los canales A5 y A6.

En esta etapa se incorporó un total de 3.593 hectáreas, de las cuales 824 son para empresas campesinas y 2.769 para pequeños y medianos productores.

12.- ESTIMACION DEL COSTO TOTAL DEL SISTEMA

La estimación preliminar del costo de inversión se realizó para las siguientes alternativas:

- a.- Canales secundarios trapeziales revestidos, terciarios elevados e internos para empresas campesinas con canales elevados.
- b.- Canales secundarios trapeziales revestidos, terciarios elevados e internos para empresas campesinas con tubería a baja presión.
- c.- Canales secundarios en tuberías, terciarios elevados e internos para empresas campesinas con canales elevados
- d.- Canales secundarios en tubería, terciarios elevados e internos para empresas campesinas con tuberías a baja presión.

En el cuadro N° 12.1 se puede observar el resumen de costos totales para cada una de las alternativas planteadas.

En el cuadro N° 12.2 se hace un estimado de costos para cada una de las etapas consideradas anteriormente.

CUADRO Nº 8.5

RESUMEN DE LA PLANIFICACION AGROECONOMICA

PRELIMINAR

Nº	Ha. Físicas Netas	Ha. Totales/Cultivo		Producción (Ton.)	Ing. Brutos (Bs)	Crédito Corrio Plazo (Bs.)	Nº de Jornales	Horas Tractor	Insumos (Ton.)	Res. de Acia (Ton.)
		Nombre	Valgar							
2.459		Tomate	4.918	147.540,00	98.524,000	49.180,000	1.622.340	83.605	56.493,10	38.611,87
1.051		Cebolla	2.102	52.550,00	25.275,000	13.663,000	545.520	21.029	23.157,70	12.773,32
75		Fimentón	140	2.235,00	1.576,250	824,600	22.150	2.980	1.247,00	1.151,200
7.273		Maiz (HAB.)	7.273	25.122,20	23.544,500	10.927,500	160.005	65.437	4.782,00	43.071,32
-		Carabaza	7.273	7.775,00	21.810,000	10.529,500	167.279	65.437	2.755,50	37.111,10
4.115		Sorgo 1/	4.115	16.465,00	13.168,000	6.172,500	82.300	41.150	2.622,00	22.571,157
-		Algodón 1/	4.115	7.201,25	18.723,250	8.239,000	164.500	51.722	2.553,10	31.932,400
1.894		Caña de Azúcar	1.894	170.460,00	13.636,800	4.464,158	86.591	10.501	6.289,00	32.741,573
1.142		Frutales 2/	1.142	28.550,00	14.275,000	4.568,000	163.306	13.222	3.426,00	8.122,100
484		Pastos (Carne)	484	242,00	1.742,400	1.452,000	2.904	963	484,00	7.260,000
18.493			33.455	458.694,05	223.404,220	110.353,258	3.018.796	338.957	104.475,50	243.041,083

1/ Se puede sustituir por pasto

2/ Se tomó el patrón para aguacate

Nº de Empleos Generados 1/	Nº de Tractores Requeridos		Calpones y Depósitos para Insumos m ² 2/
	± 150 H.P.	± 75 H. P.	
10.781,4	119,26	126,71	7.249,37
	6.112,00		

1/ 1 E.H. = 280 jornales

2/ No incluye abonos orgánicos, ni semilla para caña de azúcar

CUADRO Nº 9.6
VOLUMENES BRUTOS DE AGUA A NIVEL DE UNIDAD DE PRODUCCION
UTILIZADOS EN EL VALLE DE QUIBOR

Cultivo	Volumen Bruto/ciclo (m ³ /ha/ciclo)	Volumen bruto/año (m ³ /ha/año)
Caraota	6.587	13.174
Caña de Azúcar	17.287	17.284
Cebolla	6.086	12.172
Frutales	7.419	7.419
Tomate	7.760	15.520

CUADRO Nº 9.9
RESUMEN DE LAS EFICIENCIAS DE RIEGO CUANDO LOS CULTIVOS
HAN ALCANZADO SU COMPLETO DESARROLLO VEGETATIVO

F i n c a	Unidad de suelo	Cultivo	Eficiencia por riego %
Negrete	19	Cebolla	42
Guadalupita	9	Cebolla	61
El Carmen	7	Cebolla	24
El Barbero	16	Tomate	67
Cristóbal Vásquez	12	Frutales	62
Caujaral	16	Cebolla	46
		Caña de Azúcar	60
Empresa Campesina "La Vigía"	17	Cebolla	32
		Tomate	58

CUADRO Nº 12.1

COSTO TOTAL DEL SISTEMA PARA LAS 4 ALTERNATIVAS PLANTEADAS

Alternativa	Costos de la red primaria de riego (1)	Costos de la red secundaria de riego (1)	Costos de la red terciaria de riego y vialidad de servicio adyacentes (2)	Costos de las estaciones de bombeo aducciones y obras anexas (1)	Costos de vialidad y riego dentro de las empresas campesinas (2)	Costo del drenaje interparcelario (2)	Costo de habilitación de tierras (2)	Costo de vialidad perimetral secundaria (3)	Total x.10 ⁶ B
A	38.421.686	29.159.304	13.611.642	37.666.483	44.186.042	3.319.008	58.532.862	11.605.944	236, 503
B	38.421.686	29.159.340	13.611.642	37.666.483	64.703.489	3.319.008	58.532.862	11.605.944	257, 020
C	38.421.686	56.449.816	13.611.642	37.666.483	44.186.042	3.319.008	58.532.862	11.605.944	263, 793
D	38.421.686	56.449.816	13.611.642	37.666.483	64.703.489	3.319.008	58.532.862	11.605.944	284, 311

CUADRO Nº 12.2

COSTO POR ETAPAS DEL SISTEMA DE RIEGO YACAMBU-QUIBOR

Etapa	Alter nativa	Costos de la red primaria	Costos de la red secundaria	Costos de la Red y vialidad de servicio anexa	Costos de las estaciones de bombeo aducción y obras anexas	Costos de vialidad y riego dentro de las empresas campesinas	Costo del drenaje interpar- celario	Costo habilitación de tierras	Costo de vialidad perimetral secundaria	Total x 10 ⁶ ₡
I	A	6.986.757	4.094.280	3.551.606	4.692.859	8.348.227	642.768	11.335.672	2.142.365	41,7394
	B	6.986.757	4.094.280	3.551.606	4.692.859	12.224.661	642.768	11.335.672	2.142.365	45,6771
	C	6.986.757	7.276.032	3.551.608	4.692.859	8.348.227	642.768	11.335.672	2.142.365	44,9776
	D	6.986.757	7.276.032	3.551.606	4.692.859	12.224.661	642.768	11.335.672	2.142.365	48,8552
II	A	20.152.967	2.490.127	367.089	0	7.331.434	374.304	6.601.118	971.590	38,2888
	B	20.152.967	2.490.127	367.089	0	10.735.729	374.304	6.601.118	971.590	41,6903
	C	20.152.967	4.814.159	367.089	0	7.331.434	374.304	6.601.118	971.590	40,6112
	D	20.152.967	4.814.159	367.089	0	10.735.729	374.304	6.601.118	971.590	44,0117
III	A	0	5.789.447	1.969.712	0	6.081.010	447.216	7.886.974	2.053.794	24,2228
	B	0	5.789.447	1.969.712	0	8.904.680	447.216	7.886.974	2.053.794	27,0511
	C	0	11.076.968	1.969.712	0	6.081.010	447.216	7.886.974	2.053.794	29,5115
	D	0	11.076.968	1.969.712	0	4.904.680	447.216	7.886.974	2.053.794	28,3319

Continuación del cuadro 12.2

Etapa	Alter nativa	Costos de la red primaria	Costos de la red Secundaria	Costos de la red terciaria y vialidad de servicio anexo	Costos de las estaciones de bombeo aducción y obras anexas	Costos de vialidad y riego dentro de las empresas campesinas	Costo del drenaje interpar- calario	Costo habilitación de tierras	Costo de vialidad perimetral secundaria	Total x 10 ⁶ ₡
IV	A	9.810.889	2.605.840	732.711	27.784.128	16.192.993	861.000	15.184.350	1.796.728	74,968
	B	9.810.889	2.605.840	732.711	27.784.128	23.712.084	861.000	15.184.350	1.796.728	82,487
	C	9.810.889	4.767.356	732.711	27.784.128	16.192.993	861.000	15.184.350	1.796.728	77,130
	D	9.810.889	4.767.356	732.711	27.784.128	23.712.084	861.000	15.184.350	1.796.728	84,649
V	A	1.471.013	4.718.950	1.929.615	5.189.496	3.520.931	390.096	6.879.622	1.040.493	25,140
	B	1.471.013	4.718.950	1.929.615	5.189.496	5.155.848	390.096	6.879.622	1.040.493	26,775
	C	1.471.013	8.969.163	1.929.615	5.189.496	3.520.931	390.096	6.879.622	1.040.493	29,290
	D	1.471.013	8.969.163	1.929.615	5.189.496	5.155.848	390.096	6.879.622	1.040.493	30,925
VI	A	0	9.460.660	5.058.816	0	2.711.446	603.624	10.645.340	3.600.974	32,080
	B	0	9.460.660	5.058.816	0	3.970.485	603.624	10.645.340	3.600.974	33,339
	C	0	19.646.138	5.058.816	0	2.711.446	603.624	10.645.340	3.600.974	42,266
	D	0	19.646.138	5.058.816	0	3.970.485	603.624	10.645.340	3.600.974	43,525

DOCUMENTO TECNICO 24

DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO

Por: Ing. Manuel A. Escobar Avila (*)
Ing. Efrén Peña Peña (**)
Ing. Carlos E. Ramírez Contreras (***)

-
- (*) Jefe del Laboratorio de Hidráulica del CENAMAR - México.
(**) Director del CENAMAR
(***) Investigador del Laboratorio Hidráulico del CENAMAR.

INTRODUCCION

En producción de alimentos como en cualquier otra actividad, el objetivo es incrementar la ganancia neta. Las políticas para lograr este objetivo son: aumentar el valor de la producción con estas posibles alternativas cultivos altamente remunerativos y usar el método de riego como un factor de la producción, hacer un programa de explotación que permita recoger dos o tres cosechas por año; otra política es disminuir el costo de la producción. Cuando se considera al riego por goteo como alternativa para solucionar este problema, la primera limitante es el elevado costo del equipo. Dada la novedad del método, los diseñadores tomaron como analogía de otros campos de trabajo, los fundamentos para establecer la metodología y técnicas de diseño con lo cual resolvieron el problema de operación, pero dió origen a la inseguridad acerca del diseño económico.

Los costos del equipo por hectárea están en función de la densidad de plantas y de la demanda máxima de agua, así como de los gastos seleccionados por punto de emisión; además, se debe establecer un criterio para encontrar la variación en gasto permisible con base en el cultivo, suelo y clima, es decir, el costo del equipo es función de la calidad requerida para la producción.

El objetivo del presente trabajo es el desarrollo de una metodología combinada del diseño de unidades de riego usado en Israel, el diseño de la conducción en sistemas colectivos de riego por aspersión en Francia, así como de las técnicas -

desarrolladas en el Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego (CENAMAR), con el fin de obtener el óptimo diseño económico y por consiguiente bajar los costos de producción.

REVISION DE LITERATURA

La parte más delicada de los proyectos de riego a presión está donde se fijan las bases, en el gasto de las tomas y en las reglas de implantación. Ninguna regla matemática, - ningún método riguroso guía al diseñador quien no debe dejar de apoyarse en un análisis muy concreto de las condiciones - de la localidad en cuanto a suelo, clima, cultivo, etc., así como de las condiciones socioeconómicas y culturales.

El diseño de un sistema de riego por goteo se divide en tres partes:

Diseño de la unidad de riego

Diseño de la conducción

Diseño del cabezal de control

Diseño de la unidad de riego. En este diseño el primer paso es la selección del emisor donde hay tres aspectos a - considerar:

1. Emisores hidráulicamente controlables
2. Gasto medio aplicado
3. Presión de operación.

En todo sistema de riego a presión existe una diferencia en gasto entre emisores debido a una variación de presión entre éstos; generalmente la máxima permisible es 10%.

En riego por aspersión el gasto de un emisor o aspersor está regido por la ecuación:

$$q = K H^x$$

Donde:

q = gasto del aspersor

H = carga hidráulica

K = coeficiente que relaciona la geometría del aspersor

x = exponente relacionado ^{con el} ~~al~~ régimen de flujo.

De acuerdo ^{con el} ~~al~~ porcentaje máximo de variación en gasto - que es del 10%, se calcula la variación en carga partiendo - de la relación entre el gasto del primero y último aspersor y que viene dada por:

$$\frac{q_f}{q_o} = \frac{K H_f^x}{K H_o^x} = 0.9$$

De donde:

$$\frac{H_f}{H_o} = (0.9)^{1/x}$$

$$H_f = (0.9)^{1/x} H_o$$

La variación de carga a la que se hace antes mención, es la pérdida de carga entre el primero y último emisor, la cual se define como:

$$H = H_o - H_f$$

Esta diferencia es la máxima pérdida permitida para obtener la diferencia en gasto deseado. Sustituyendo H_f en función de H_o , la ecuación resultante es:

$$H = (1 - 0.9^{1/x}) H_0$$

De aquí se observa que la pérdida de carga permisible - (H) es función de la carga inicial y del régimen de flujo en el emisor.

$$H = f(\text{régimen de flujo}, H_0)$$

La técnica se basa en la suposición que el funcionamiento del aspersor queda totalmente descrito por la presión y - que otros factores principalmente la temperatura, no modifican significativamente el gasto del aspersor; por la geometría de la boquilla y las presiones de trabajo aseguran que en el campo del mismo el flujo es turbulento.

Como es de metal, las deformaciones relativas al considerar diámetros de las boquillas y las variaciones de temperatura que se presenten en el campo, no son significativas al evaluar su funcionamiento. Resumiendo, el aspersor es de geometría rígida y de flujo turbulento, por lo tanto, hidráulicamente controlables.

Al considerar el 10% de variación en gasto para una línea regante una pregunta que surge es:

¿Cuál es la presión a la entrada de la línea regante para asegurar un gasto medio aplicado ?

Si graficamos el gasto de cada aspersor contra la distancia de la toma de la línea regante en coordenadas logarítmicas, la línea obtenida será una recta y es posible entonces - obtener un valor medio de la siguiente manera:

$$\ln \bar{q} = \frac{\ln q_0 + \ln q_f}{2}$$

Sustituyendo q_0 y q_f ,

$$\ln \bar{q} = \frac{\ln (K H_0^x) + \ln (K H_f^x)}{2}$$

$$\bar{q} = \left(K^2 H_0^x H_f^x \right)^{1/2}$$

Sustituyendo H_f en función de H_0 ,

$$\bar{q} = K H_0^x (0.9)^{1/2}$$

Si asumimos que \bar{q} es el gasto medio en la línea regante, entonces será función del tipo de aspersor y de la carga en la toma de la línea regante.

$$\bar{q} = f (\text{aspersor}, H_0)$$

El problema planteado queda resuelto, la carga en la toma de la línea regante se calcula:

$$H_0 = \left[\frac{\bar{q}}{K (0.9)^{1/2}} \right]^{1/x}$$

En riego por goteo el emisor presenta ciertas particularidades; la capa límite es el espesor del fluido que es afectado por las fuerzas cortantes con la frontera que limita el flujo. En emisores de trayectoria larga de flujo no-turbulento, el espesor de la capa límite ocupa una fracción a considerar en el área de paso transversal del flujo y las fuerzas viscosas son influenciadas por esta situación. El fluido se mueve en láminas en la zona cercana a la pared del conducto al recibir energía, las láminas disminuyen las fuerzas cortantes y fluyen más rápido aumentando el gasto del gotero sin cambiar la presión. En emisores de orificio se asegura el flujo turbu

lento, pero para manejar los gastos tan pequeños de riego por goteo, el área de paso transversal es muy pequeña y como el emisor es de plástico pequeñas deformaciones por efecto de temperatura modifican notablemente el área de paso del fluido, aumentando o disminuyendo el gasto según el caso. En los goteos de flujo turbulento se aprovecha el hecho de que en un accidente en el camino del flujo rompen las líneas de corriente induciendo turbulencia.

Los fabricantes han detectado también el efecto de deformaciones por temperatura en el cuerpo del gotero y lo toman en cuenta al seleccionar sus materias primas.

Se ha estudiado el funcionamiento hidráulico de un gotero; y en el CENAMAR se encontró un modelo que cumple con los requisitos estadísticos previamente establecidos para el modelo usado en aspersores y es:

$$Q = K H^x T^y$$

Donde:

Q = gasto (lt/h)

K = coeficiente relacionado a la geometría del gotero

H = carga (m)

x = exponente relacionado al regimen del flujo

T = temperatura (°C)

y = exponente relacionado con el efecto de temperatura

Siguiendo la misma técnica que en aspersión, la carga a la entrada de la unidad se calcula a partir del "gasto medio" que deseamos en la fórmula.

$$H_o = \left[\frac{\bar{q}}{(0.9)^{1/2} K T^y} \right]^{1/x}$$

Y la pérdida de carga permisible en la unidad.

$$H = \left(1 - (0.9)^{1/x} \right) H_o$$

Con el propósito de ilustrar las diferencias entre goteros se presenta el cuadro 1, en el cual se analiza dos tipos de goteros, el gotero A con las siguientes características: no turbulento, trayectoria larga en espiral con vueltas en retorno, inserción sobre la línea en tubería de dieciseis milímetros; en este análisis no se consideran intercambios de energía con el fluido de ninguna especie. El gotero B es: flujo turbulento, trayectoria larga en laberinto, conexión en la línea en tubería de diez milímetros.

CUADRO 1. COEFICIENTE Y EXPONENTES DE DOS GOTEROS CON CARACTERÍSTICAS DE FLUJO DIFERENTES.

TIPO GOTERO	K	X	Y	\bar{q} (lt/h)
Gotero A	0.6434	0.5985	0.1201	4
Gotero B	1.2322	0.4893	0.0051	4

El cuadro 2 muestra la variación de la presión de operación para mantener el gasto a diferentes temperaturas para ambos goteros.

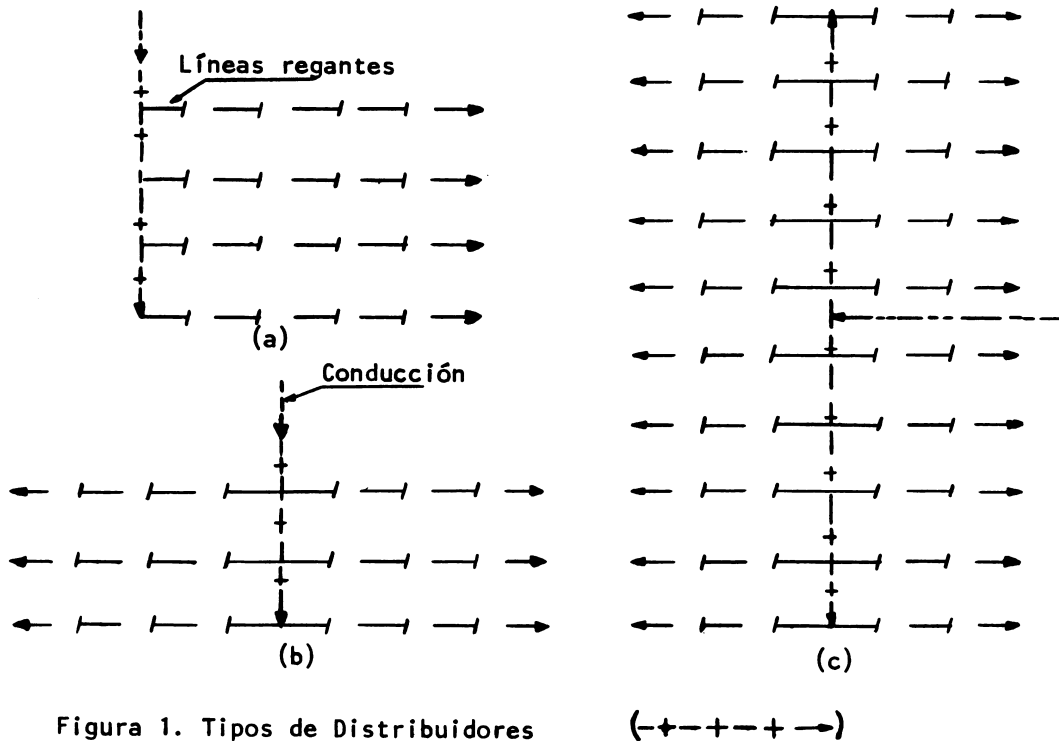
CUADRO 2. CARGA EN EL PRIMER GOTERO Y PERDIDA DE CARGA PERMISIBLE PARA UNA UNIDAD DE RIEGO A DIFERENTES TEMPERATURAS.

T (°C)	H _o (m)		H (m)	
	A	B	A	B
5	16.75	12.15	2.70	2.35
15	13.42	12.01	2.17	2.33
25	12.12	11.95	1.96	2.31
35	11.33	11.91	1.83	2.31
45	10.78	11.88	1.74	2.30

Se observa que en los goteros de flujo no turbulento para una variación de temperatura de 5-45°C que se presenta en campo, la variación en carga es amplia al igual que la pérdida de carga permisible lo que dificulta la operación y el diseño con este tipo de gotero; si consideramos el calentamiento o enfriamiento de la tubería por el ambiente la determinación del gasto medio así como de la variación permisible en carga, es totalmente impredecible. Existen programas de explotación agrícola, en los cuales la textura del suelo, la frecuencia del riego y el programa de fertilización permiten el uso de estos equipos sobre una base de decisión económica. Resumiendo, los goteros de flujo no turbulento no se ajustan al diseño de sistemas.

El distribuidor es la línea a la que se conectan las líneas regantes y existen varias formas de conexión: figura 1 - distribuidores que riegan para un lado (a), que riegan para ambos lados (b) y que se alimentan por el centro (c).

En un sistema de riego por goteo una vez que se han determinado el tipo de distribuidor a utilizar (fig.1), el gasto del gotero, espaciamiento entre plantas e hileras, y la pérdida de carga en la línea regante; el tamaño de la unidad de riego depende de los diámetros que se seleccionen para el distribuidor y la línea regante; en la fig. 2 se presenta como aumenta la unidad al aumentar los diámetros del distribuidor y la línea regante al aumentar los diámetros, esto influye en el aumento del costo por planta.



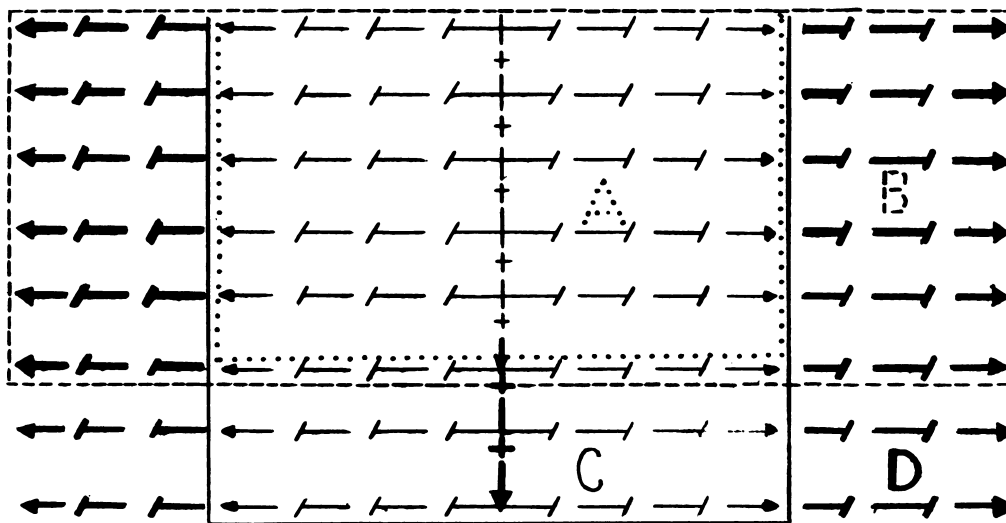


Figura 2. El tamaño de la Unidad de Riego.

Una vez que se definen los diámetros del distribuidor y la línea regante, la forma de la unidad depende del porcentaje de la carga permisible a perder en la línea regante. La figura 3 ilustra cómo varía la forma de la unidad de riego cuando varía el porcentaje de pérdida de carga permisible en la línea regante para cero por ciento, para cien por ciento y un valor intermedio. Ahora bien, para cada valor de pérdida de carga existirá un valor del costo por punto de emisión y naturalmente será diferente dependiendo del arreglo de diámetros que se están analizando. La figura 4 presenta la variación del costo por punto de emisión contra la pérdida de

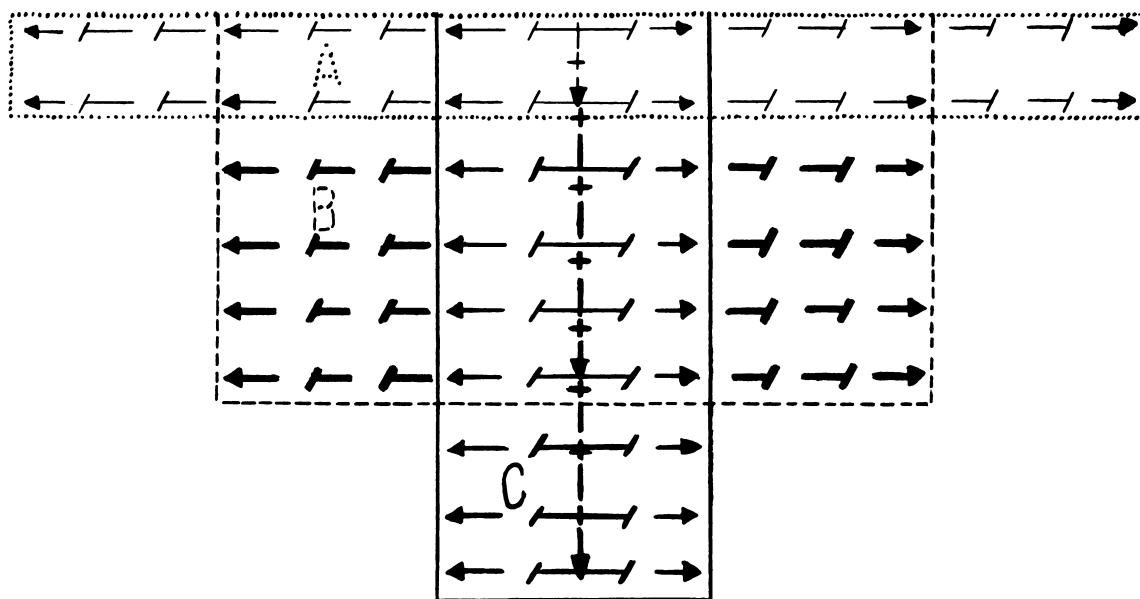


Figura 3. La forma de la Unidad de Riego.

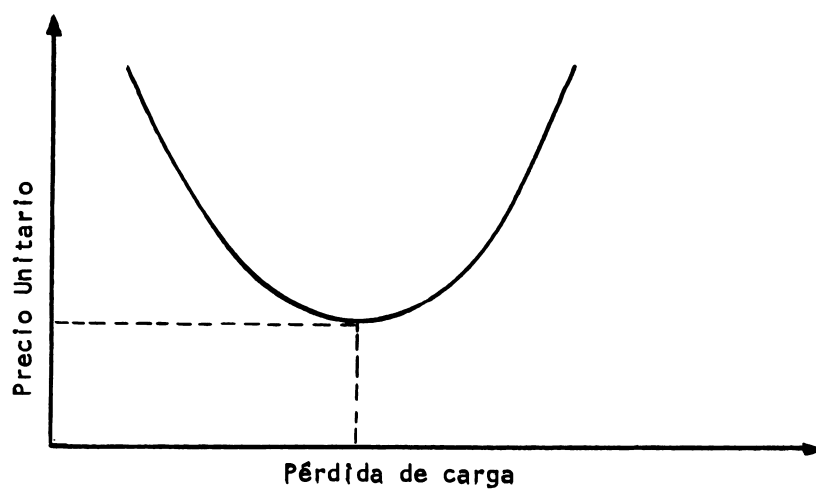


Figura 4. Criterio de Costo Mínimo

de carga en la línea regante.

Resumiendo, el costo por punto de emisión una vez que se definen gasto, densidades de población y calidad del equipo dependerá de los diámetros seleccionados y el porcentaje de pérdida de carga en la línea regante.

Por análisis de alternativa de computadora se encontró que hay dos criterios para seleccionar tamaño y forma de la unidad de riego, que son: costo mínimo y número de puntos de emisión máximo.

En la práctica se comprueba que cuando los puntos de emisión son máximos, los costos fijos de la unidad (dispositivos de control de gasto y presión) se prorratean y se traducen en un costo global mínimo.

Los lotes en los cuales se propone instalar sistemas de riego por goteo, son en algunos casos de forma y tamaño irregular; la figura 5 muestra un ejemplo.

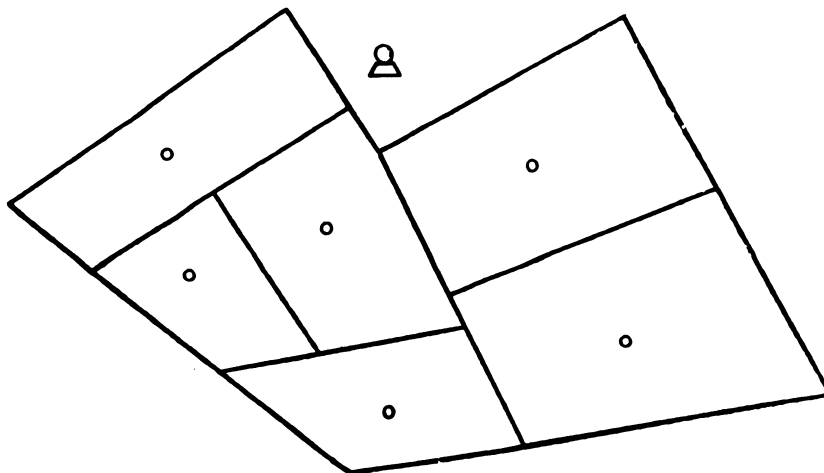


Figura 5. Esquema que muestra diferentes formas y tamaños de la superficie.

Se dispone de diferentes arreglos proporcionados por computadora, con número de emisores máximo o costo mínimo, los cuales tienen forma y dimensiones diferentes, se escogen los tamaños que mejor encajen en la superficie de diseño. La figura 6 indica como se acomodan las unidades de diferentes tamaños en la superficie de un proyecto.

En la figura 6 se observa que existen puntos por donde se alimentan las unidades de riego y que cada punto exige dispositivos para control de presión y de gasto; estos dispositivos se incluyen en el diseño de la conducción debido a que la selección de éstos afecta el costo del equipo, así como la operación del sistema ya que el diseño debe hacerse sobre criterio dinámico.

La técnica de diseño debe considerar el método para el control de la presión y del gasto en las unidades de riego; con este fin se utilizan principalmente válvulas macho y compuerta que son relativamente de precio alto y válvulas de glo

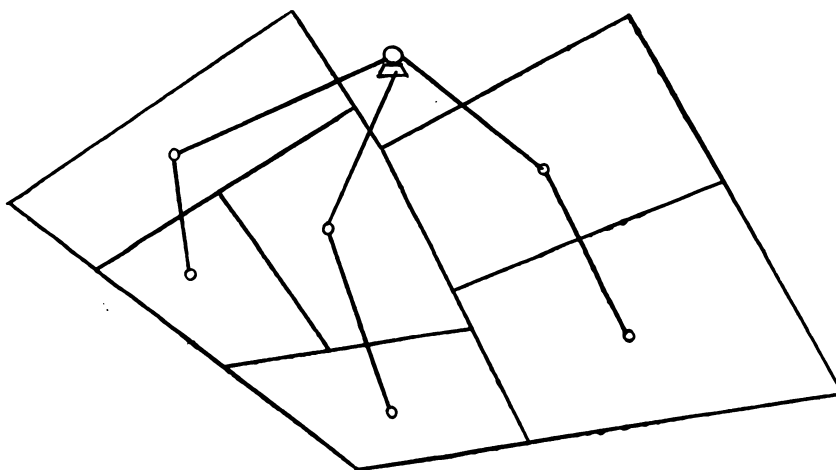


Figura 6. La conducción en un sistema de Riego por Goteo

bo que cubren ambos objetivos. Otras alternativas son el uso de reguladores de presión basados en resortes (planet) o membrana (ball) y válvulas de paso construídas de plástico. La técnica de diseño debe considerar el método para control de presión y gasto en las unidades de riego.

DISEÑO DE LA CONDUCCION. El diseño de la conducción analiza las distintas formas de dirigir gastos fijos a tal o cual punto y el control del gasto y de la presión con un criterio económico; la investigación del diseño más económico se realiza en dos etapas:

1er. etapa. Se supone que todas las tuberías tienen el mismo diámetro y se busca por consiguiente, el más corto.

2a. etapa. Conocer el diámetro de las tuberías, se corrige el diseño precedente alargando las tuberías de pequeño diámetro.

INVESTIGACION DEL DISEÑO MAS CORTO. Regla: el ángulo formado por dos tuberías debe ser siempre superior o igual a 120° , - si no, i se tiene un diseño más corto

Reunir tres puntos.

Ya sea por la figura 7a si β es 120°

Ya sea por la figura 7b. Dicho diseño trazado con horquilla es realizado sencillo por desplazamiento de una copia, por lo tanto, las tres rectas a 120° .

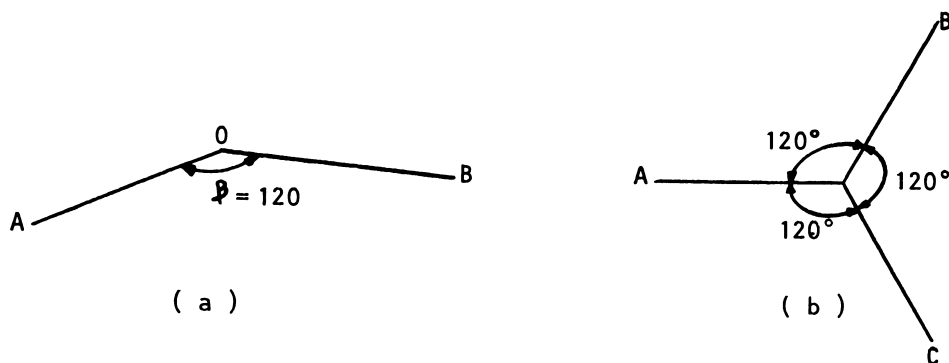


Figura 7. Reunir tres puntos.

Reunir cuatro puntos.

Se tienen tres casos ver figura 8: 8a, 8b, 8c, en el último caso se podrá tener dos tipos de diseño con dos horquillas. El diseño para retener es el que aporta una parte común de igual orientación aproximada que la más grande longitud del cuadrilátero; para reunir cinco o más puntos se procede en forma análoga, su empleo es muy rápido y exige por todo instrumento dos pedazos de copia con dibujos de las tres rectas a 120° .

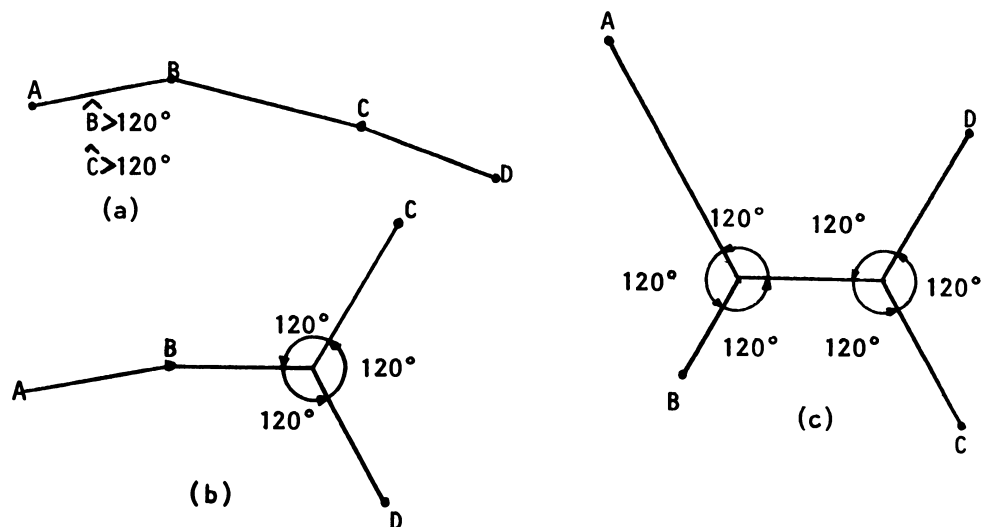


Figura 8. Reunir cuatro puntos

INVESTIGACION DEL DISEÑO MAS ECONOMICO. Se trata después de determinar los diámetros de las tuberías, de corregir el diseño de la red, pues debe buscarse evidentemente reducir los diámetros gruesos al detrimento de los pequeños.

En el caso de la figura 9, el gasto para A_2 y A_3 se conduce desde A_1 ; se tiene interés en reducir el trazo M- A_1 para aumentar M- A_2 y M- A_3 , cuyo diámetro es más pequeño.

Regla general. El diseño más económico no se aparta del diseño más corto, solamente los ángulos de los diferentes trazos son modificados.

Reunir tres puntos. Ejemplo para la Figura 9.

LONGITUD	DIAMETRO (mm)	COSTO (\$)
M-A ₁	125	P ₁
M-A ₂	100	P ₂
M-A ₃	80	P ₃

El diseñador construye en una copia un triángulo cuyos lados son proporcionales al costo de la tubería figura 10 sobre el proyecto del diseño se construye el triángulo A₂-A₃-Q de la figura 10b.

Q A₂ A₃ igual al ángulo contrario al lado P₂

Q A₃ A₂ igual al ángulo contrario al lado P₃

Se traza el arco del círculo pasando por A₂, A₃ y Q que corta la recta A₁-Q en el punto M buscado.

Por máximos y mínimos se encuentra que cuando el arreglo es sobre un triángulo isósceles, el punto M es una función -- del ángulo de una de las líneas con la base y ésta a su vez -- del costo.

$$\text{Sen } L = \frac{P_1}{2 P_2}$$

Para el diseño del cabezal se consideran los gastos totales y la presión del trabajo de la bomba, determinados con esta metodología con un 95% de seguridad.

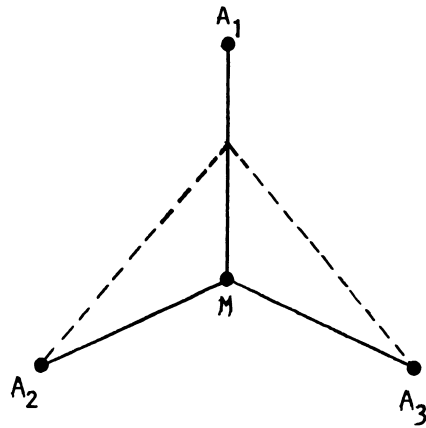


Figura 9. El diseño más económico

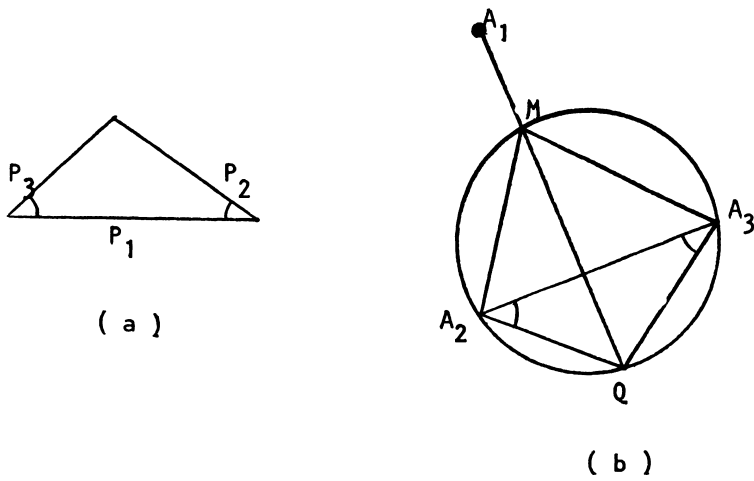


Figura 10. El triángulo de costos

MATERIALES Y METODOS

El diseño de un sistema de riego por goteo en una superficie de 66 ha, planeado para su instalación en Laguna Seca - Ejido "La Rosita", Coah., se realizó aplicando la metodología descrita en la Revisión de Literatura y se comparó con el método tradicional. Se usaron los siguientes datos:

Superficie a regar	66-34-06 ha
Cultivo	Nogal
Número de árboles	5138
Número de goteros por árbol.	8

Se proyectó que las líneas regantes quedaran colocadas - paralelas a las curvas de nivel y los distribuidores en el - sentido de la pendiente y así modificar por topografía el punto de alimentación de las unidades de riego.

RESULTADOS Y DISCUSION

La metodología combinada del diseño de unidades de riego usado en Israel y el diseño de la conducción para sistemas colectivos de riego por aspersión que se usa en Francia, así como de las técnicas desarrolladas en el CENAMAR, arrojan los - siguientes resultados:

CONCEPTO	METODO TRADICIONAL* COSTO	METODO COMBINADO** COSTO
Unidades de riego	834,653.80	456,966.00
Conducción	882,348.76	337,679.00
Cabezal	91,113.30	183,498.00
Total de Equipo	1'808,115.90	978,163.00
Costo/ha	27,395.69	14,820.65

En el método tradicional los costos mencionados no incluyen la bomba ni la mano de obra requerida para efectuar la instalación.

En el método combinado los costos mencionados incluyen - dos bombas por cada fuente de abastecimiento, con el objeto - de tener una de repuesto.

Los resultados anteriores indican la disminución de costos que origina el método combinado y la tendencia de tener - el costo máximo del equipo en las unidades de riego, es decir menor que el costo de la tubería de conducción y del cabezal de control.

CONCLUSIONES

La eficiencia de riego, si el emisor es hidráulicamente controlable, depende de la carga al inicio de la unidad de -- riego. El conocimiento de los coeficientes que describen el comportamiento hidráulico de los principales parámetros de di -- seño y la utilización de la metodología combinada, no solo - otorgan alta eficiencia y uniformidad de riego sino que tam-

sistemas de riego por goteo, lo cual proporciona un alto incremento de la ganancia neta en producción de alimentos.

BIBLIOGRAFIA

1. Bonnal, C. 1976. Manual de riego colectivo por aspersión. Francia. Organización de cooperación de desarrollo económico. 120 p.
2. Karmeli, D. 1974. Advances in irrigation engineering. USA. 63 p.
3. Keller, J. and Karmeli, D. 1974. Trickle irrigation design. Glendora, Calif. 91740. USA Rain Bird Sprinkler Corporation.

DOCUMENTO TECNICO 25

USO DE LOS BULBOS DE HUMEDECIMIENTO PARA ESTIMAR
LOS PARAMETROS PRELIMINARES DE
DISEÑO DE RIEGO POR GOTEO

Por: Ing. Delso Añez Reverol (*)

(*) Profesor de Riego, Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia (LUZ).

CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO INTEGRAL
DE AGUAS Y TIERRAS

USO DE BULBOS DE HUMEDECIMIENTO PARA ESTIMAR
ALGUNOS PARAMETROS DE DISEÑO DEL RIEGO POR GOTEO

Por: Ing. Agr. Delso Añez

I. INTRODUCCION

Aún no ha sido establecida experimentalmente al área humedecida mínima en riego por goteo para los diferentes cultivos.

Keller y Karmeli 1975, presentan una curva hipotética que relaciona la producción relativa y el porcentaje de área humedecida en función de las precipitaciones del área. Según el gráfico los cultivos permanentes ampliamente espaciados pueden necesitar alrededor de un 20% de área humedecida en climas de altas precipitaciones y 33% si las lluvias son escasas.

El área humedecida debe ser lo suficientemente grande como para que el cultivo desarrolle un buen sistema radicular con adecuado anclaje; y lo suficientemente pequeña para que no se pierdan algunas de las bondades del riego por goteo, como alta eficiencia, control de malezas, etc.

El área humedecida está íntimamente ligada a los parámetros de diseño del riego por goteo. Así influye en el cálculo de la lámina neta, del número de goteros por planta y el umbral de riego.

Los trazados que normalmente se utilizan para garantizar una determinada área humedecida son lateral recto simple con goteros equiespaciados por hilera de planta, doble lateral recto con emisores uniformemente espaciados por línea de plantas; y los goteros de salidas múltiples o varios goteros por planta alimentados por un lateral simple, por hilera de árboles. Esos trazados se muestran en la Figura 1 del Anexo.

Keller y Karmeli, 1975, presentan la Tabla 1 del Anexo, la cual se utiliza para estimar el porcentaje de área humedecida para los tres tipos de trazados ya mencionados.

La Tabla 1 ha sido preparada para aplicaciones de 40 mm por ciclo, en base a una ecuación que establece una relación lineal entre el área humedecida y el volumen descargado por cada punto de emisión. Presenta además combinaciones de caudal y textura que pudieran ocasionar escurrimiento superficial, tales como: suelo arcilloso con descargas de 12 y 8 lph; y suelo medio (Franco) con caudales de 12 lph.

En este trabajo se propone determinar el área humedecida en base a pruebas de crecimiento de bulbos en función del volumen aplicado por el gotero (Caudal por tiempo) para el área a regar, estableciendo una comparación entre los resultados arrojados por este método y el utilizado por Keller y Karmeli, 1975.

II. PROCEDIMIENTO PROPUESTO

Consiste en aplicar diferentes caudales al suelo del área de interés e ir midiendo los diámetros humedecidos a diferentes tiempos. Al día siguiente de finalizada la prueba se hace un corte del bulbo y se mide la profundidad alcanzada.

Se debe medir la humedad del perfil antes de empezar el ensayo; tomar muestras para la caracterización física del mismo (textura, retención de humedad, etc), y hacer pruebas de infiltración y densidad aparente.

Los bulbos de humedecimiento se pueden hacer con uno, dos o más puntos de emisión. La ventaja de las pruebas con más de un gotero es que se forma un bulbo compuesto y se mide en condiciones reales la influencia del encuentro de los diferentes frentes de humedecimiento.

En este trabajo se presenta el procedimiento para el caso de bulbos simples, su poniéndose que para varios emisores se repite el proceso; y que el área humedecida es el producto del número de goteros o puntos de emisión por el área humedecida por cada uno.

Los datos de diámetro humedecido corregidos por humedad y volumen aplicado, se plotean en un papel doble logarítmico obteniéndose una recta cuya ecuación puede ser determinada por el método de los mínimos cuadrados.

La corrección de humedad se hace aplicando las ecuaciones de Philip (1957), así:

$$D_c = D'_c \left(\frac{\theta_s - \theta_{i1}}{\theta_s - \theta_{i2}} \right) \quad (2.1)$$

donde:

- D_c es el diámetro corregido por humedad
- D'_c es el diámetro leído en el campo para un tiempo y caudal dados; y un contenido de humedad volumétrico θ_{i1}
- θ_s es el porcentaje volumétrico de humedad del perfil del suelo a saturación
- θ_{i1} es el porcentaje volumétrico de humedad del perfil del suelo en el momento de la prueba
- θ_{i2} Idem a θ_{i1} pero correspondiente al umbral de riego

El valor de θ_s puede estimarse a partir de la ecuación 2.2

$$\theta_s = 100 \left(1.0 - \frac{D_a}{D_r} \right) \quad (2.2)$$

donde:

- D_a es la densidad aparente del suelo
- D_r es la densidad real del suelo, la cual generalmente se supone igual a 2.65.

El valor de θ_{i1} , puede obtenerse a partir del porcentaje gravimétrico de humedad del perfil del suelo en el momento de la prueba, W_{i1} , y el dato de densidad aparente, mediante la ecuación 2.3.

$$\theta_{i1} = W_{i1} D_a \quad (2.3)$$

La ecuación que se obtiene al representar los datos de diámetro de cobertura, D_c , contra volumen aplicado, V , es del tipo siguiente:

$$D_c = K V^m \quad (2.4)$$

donde:

K es el intercepto a $V = 1,0$ de la recta
 m es la pendiente de la recta
 V es el volumen que aplica un punto de emisión o un gotero

El área humedecida por un emisor, A_h , es el área del círculo mojado:

$$A_h = \frac{\pi D_c^2}{4} \quad (2.5)$$

Pero:

$$D_c^2 = K^2 V^{2m}; \text{ de donde}$$

$$A_h = \frac{\pi K^2 V^{2m}}{4}; \text{ ó}$$

$$A_h = K' V^{2m} \quad (2.6)$$

donde:

$$K' = \frac{\pi K^2}{4} \quad (2.7)$$

El área total mojada, A_m , por n_g goteros, será por tanto:

$$A_m = n_g A_h \text{ ó}$$

$$A_m = n_g K' V^{2m} \quad (2.8)$$

El volumen de agua aplicado a cada planta por ciclo de riego, V_R , puede obtenerse usando la ecuación 2.9.

$$V_R = I_d S_H S_p K_c \quad (2.9)$$

en la cual:

I_d es la lámina bruta aplicada
 S_H y S_p son las separaciones entre hileras y plantas respectivamente

K_c es un coeficiente que depende del área de influencia de cada planta. Generalmente se usa 1.0 para áreas menores de 12 m²; 0.75 a 0.85 para áreas comprendidas entre 12 y 30 m²; y 0.50 a 0.75 para áreas mayores de 30 m².

La lámina bruta, I_d , se obtiene a partir de la lámina neta a aplicar al cultivo, I_{dn} , y la eficiencia de riego del método, así:

$$I_d = \frac{I_{dn}}{E_{fR}} \quad (2.10)$$

$$E_{fR} = R_T U_E \quad (2.11)$$

donde:

R_T es la relación de transpiración

U_E es la uniformidad de emisión de cada módulo

El volumen descargado por cada emisor en un ciclo de riego, V_g , se calcula por la ecuación 2.12.

$$V_g = \frac{V_R}{n_g} \quad (2.12)$$

Sustituyendo las ecuaciones 2.12 y 2.9, en la ecuación 2.8, resulta:

$$A_m = n_g K' \left(\frac{V_R}{n_g} \right)^{2m} \quad \delta$$

$$A_m = n_g K' \left(\frac{S_H S_p I_d K_c}{n_g} \right)^{2m}$$

$$A_m = n_g^{1-2m} K' (S_H S_p I_d K_c)^{2m} \quad (2.13)$$

Por otro lado se tiene que el área mojada por todos los goteros de una planta, A_m , puede expresarse también por la ecuación 2.14.

$$A_m = P S_H S_p \quad (2.14)$$

Si se igualan las ecuaciones 2.13 y 2.14, se obtiene:

$$P S_H S_p = n_g^{1-2m} K' (S_H S_p I_d K_c)^{2m}$$

$$n_g = \left[\frac{P (S_H S_p)^{1-2m}}{K' (I_d K_c)^{2m}} \right]^{1/1-2m} \quad (2.15)$$

La lámina neta, indispensable para calcular la lámina bruta, I_d , puede calcularse tentativamente así:

$$I_{dx} = \frac{Y(F_c - W_p) Z_p}{100}$$

donde:

- I_{dx} es la máxima lámina neta agotable
 F_c y W_p son la capacidad de campo y la marchitez permanente del suelo
 Z es la profundidad radicular del cultivo
 Y es el umbral de riego o agotamiento permitido antes de dar un nuevo riego

En base a I_{dx} y la transpiración del cultivo, T , se calcula el intervalo entre riegos, I_i , mediante la ecuación 2.17.

$$I_i = \frac{I_{dx}}{T} \quad (2.17)$$

El valor de I_i se redondea a un número entero de días, normalmente al inmediato inferior. Una vez cumplido este paso se calcula la lámina neta, I_{dn} , con la ecuación 2.18.

$$I_{dn} = I_i T \quad (2.18)$$

Conocida I_{dn} y fijados R_T y E_U se calcula I_d con las ecuaciones 2.10 y 2.11. Luego suponiendo un valor de P de acuerdo a las características pluviométricas de la zona y al tipo de cultivo, se calcula el n_g mediante la ecuación 2.15. Este valor se redondea a un número entero. En base a las ecuaciones 2.8 y 2.14 se recalcula P ; con este nuevo valor de P y la ecuación 2.13 se obtiene el verdadero Y .

Para ilustrar el procedimiento propuesto se utilizaron los datos publicados por Valbuena M., 1977, quien midió crecimiento horizontal y vertical, en suelos de textura media para caudales de 2, 4, 6, 8 y 10 lph; con tiempos de aplicación de 3, 6, 12 y 24 horas.

En el Anexo se incluyen las curvas de retención de humedad (Figura 2); curvas de infiltración (Figura 3); los datos de densidad aparente y humedad del perfil en el momento de la prueba (Tabla 2), y los bulbos de humedecimiento horizontales y verticales para el área de ensayo (Figuras 4, 5, 6, 7 y 8), según Valbuena M., 1977.

III. ANALISIS DE LA INFORMACION DE CAMPO

Utilizando el método de los mínimos cuadrados se fijaron las ecuaciones de $D_c = f(V)$; $D_c = f(t)$; $P = f(V)$ y $P = f(t)$, para los diferentes caudales ensayados. Los resultados se resumen en la Tabla 3.1.

TABLA 3.1. Resumen de ecuaciones de $D_c = f(V)$; $D_c = f(t)$; $p = f(V)$ y $p = f(t)$ para caudales de 2,4,6,8 y 1- lph en suelos de textura media.

q_g (lph)	$D_c = f(v)$	$D_c = f(t)$	$P = f(v)$	$P = f(t)$
2	$D_c = 47.46 V^{0.24}$	$D_c = 20.98 t^{0.24}$	$P = 17.85 V^{0.44}$	$P = 4.00 t^{0.44}$
4	$D_c = 43.18 V^{0.27}$	$D_c = 20.79 t^{0.27}$	$P = 10.47 V^{0.58}$	$P = 2.18 t^{0.58}$
6	$D_c = 49.73 V^{0.27}$	$D_c = 26.70 t^{0.27}$	$P = 18.86 V^{0.43}$	$P = 7.01 t^{0.43}$
8	$D_c = 49.90 V^{0.26}$	$D_c = 29.56 t^{0.26}$	$P = 11.74 V^{0.55}$	$P = 3.88 t^{0.55}$
10	$D_c = 48.64 V^{0.26}$	$D_c = 30.52 t^{0.26}$	$P = 26.72 V^{0.38}$	$P = 13.53 t^{0.38}$

D_c y P vienen expresados en cm. P representa la profundidad humedecida
 V está en litros
 t en minutos

En la Tabla 3.1 se observa que las ecuaciones de $D_c = f(t)$ varían muy poco para los diferentes caudales. Si se promedian los interceptos y los exponentes de las ecuaciones conseguidas para los cinco caudales probados se obtiene una expresión que da el diámetro medio de la cobertura por emisor en función del volumen de agua aplicado, tal es:

$$D_c = 47.28 V^{0.26}; \quad D_c \text{ en cm y } V \text{ en lts}$$

$$D_c = 0.4728 V^{0.26}; \quad D_c \text{ en m}$$

$$D_c^2 = 0.2283 V^{0.52}; \quad D_c^2 \text{ en m}^2$$

$$A_h = \frac{\pi D_c^2}{4} = \frac{\pi \times 0.2283}{4} V^{0.52} = 0.1793 V^{0.52}$$

donde A_h está en m^2 y V en lts.

El área mojada por todos los goteros de una planta, A_m , será:

$$A_m = n_g A_h = 0.1793 n_g V^{0.52}$$

El porcentaje de área humedecida viene dada por la expresión 3.1.

$$P = \frac{100 \times 0.1793 n_g V^{0.52}}{S_H S_p} \quad (3.1)$$

El método propuesto va a compararse con el de Keller y Karmeli, 1975, (Tabla 1 del Anexo). Es conveniente por tanto indicar el procedimiento seguido para la estructuración de la mencionada tabla.

El porcentaje de área humedecida, P, puede expresarse así:

$$P = \frac{100 A_h}{S_1 S_e} \quad (3.2)$$

$$A_h = \frac{\pi D^2}{4} \quad (3.3)$$

$$D = \frac{S_e}{K_1} \quad (3.4)$$

donde:

- S_1 es la separación entre laterales
- S_e es la separación entre emisores
- D es el diámetro real del círculo mojado
- A_h es el área humedecida por cada emisor
- K_1 es un coeficiente que varía con la textura del suelo, siendo 0.80 para los de textura fina; 0.749 para los medios; y 0.72 para los gruesos

Si se utiliza un lateral recto simple por hilera con goteros equiespaciados, el área humedecida por emisor, será:

$$A_h = \frac{(S_e/K_1)^2 \pi}{4}$$

y el porcentaje de área humedecida, P, de acuerdo a la ecuación 3.2, resulta:

$$P = \frac{\frac{100 \pi}{4} \left(\frac{S_e}{K_1}\right)^2}{S_e S_1} \quad , \text{ que simplificada queda}$$

$$P = \frac{25 \pi S_e}{K_1^2 S_1} \quad (3.5)$$

Así por ejemplo, si el caudal del gotero es 1,5 lph y el suelo es de textura arenosa, la $S_e = 0,20$ m y $S_1 = 1.5$ m; y el P calculado por la ecuación 3.5, es:

$$P = \frac{25 \pi (0.2)}{(0.72)^2 (1.5)} = 20\%$$

Para trazados con doble lateral recto por hilera de plantas; y lateral simple con varios goteros por árbol, Keller y Karmeli, 1975, recomiendan las ecuaciones (3.6) y (3.7) para calcular P.

$$P = \frac{P_1 S_1 + P_2 S_2}{S_r}$$

$$P = \frac{n S_{ep} S_w}{S_t S_r}$$

donde:

- S_1 es el mayor valor de S_1 de la Tabla 1 del Anexo que garantiza un $P_1 = 100\%$
- S_2 es igual a $S_r - S_1$
- S_r es la separación entre hileras de plantas
- P_2 es el porcentaje de área humedecida obtenida de la Tabla 1, del anexo para $S_2 = S_r - S_1$
- n es el número de goteros por planta
- S_{ep} es la separación entre puntos de emisión
- S_w es el máximo valor de S_1 que asegura un área humedecida de 100%, en la Tabla 1 del Anexo
- S_t es la separación entre árboles

Las ecuaciones de $D_c = f(V)$ y $A_h = f(V)$ sobre las que se apoya la Tabla 1 del Anexo son $D_c = 17.84 V^{1/2}$ y $A_h = 0.025 V^{1.0}$ para todas las texturas, en las que D_c está en cm; A_h en m^2 y V en lts.

En la mencionada Tabla 1 aparece la separación entre emisores en función del caudal del gotero y la textura del suelo. Así para suelos medios y $q = 1.5$ lph, el S_e es igual a 0.5 m.

El diámetro real humedecido para suelos medios se calcula mediante la fórmula 3.4 usando un $K_1 = 0.749$.

El volumen que es necesario aplicar por emisor para humedecer el diámetro real se obtiene por medio de la ecuación 3.7.

$$V = \left(\frac{D}{0.1784} \right)^2 \quad (3.7)$$

El tiempo de aplicación para incorporar al suelo el Volumen V puede determinarse con la ecuación (3.8).

$$t = \frac{V}{q} \quad (3.8)$$

El área que se necesita mojar, A_h , para aplicar los 40 mm de lámina por ciclo de riego, se estima mediante la ecuación 3.9.

$$A_h = \frac{V}{40} \quad (3.9)$$

En la Tabla 3.2 se resumen los valores de $S_e(m)$; $D(m)$; $V(lts)$; $t(hr)$ y $A_h(m^2)$ en función de los caudales que aparecen en la Tabla 1 del anexo.

TABLA 3.2 Resumen de valores de $S_e (m)$; $D(m)$; $V(lts)$; $t(hr)$ y $A_h(m^2)$ para caudales de 1,5; 2; 4; 8 y 12 lph y suelo de textura media.

$q(lph)$	$S_e(m)$	$D = S_e/K_1$	$V = (D/0,1784)^2$	$t = V/q$	$A_h = V/40$
1.50	0.5	0.6675	14	9.33	0.35
2.00	0.7	0.9346	27.45	13.72	0.6863
4.00	1.0	1.3351	56	14	1.40
8.00	1.3	1.7356	94.65	11.83	2.37
12.00	1.6	2.1362	143.38	11.95	3.58

Usando los dos procedimientos: (a) Keller y Karmeli; y (b) el que se propone, se calcularon los valores de P e I_d para caudales de 1.5; 2, 4, 8 y 12 lph; para tiempos de aplicación de 4, 8, 12, 16, 20 y 24 hr. para los tres trazados de la Figura 1 del Anexo. Los resultados se ofrecen en la Tabla 3.3.

Los resultados de la Tabla 3.3 muestran grandes diferencias entre los valores de lámina aplicada y área humedecida, obtenidas por los dos métodos señalados.

En base a las consideraciones anteriores se esbozó un procedimiento para el cálculo de los parámetros de diseño del riego por goteo, el cual incluye los siguientes pasos:

1. Se asume un valor de umbral de riego, Y (Y menor o igual 0.50); de área hu medecida, P , ($20\% < P < 33\%$, para árboles ampliamente espaciados, según las precipitaciones del lugar); de relación de transpiración, R_T , ($0.90 < R_T < 1.0$, dependiendo del manejo del riego y de las condiciones climáticas de la zona de riego); y de uniformidad de emisión, U_E ($90\% < U_E < 95\%$, dependiendo de las condiciones de diseño, operación y mantenimiento del sistema).
2. Se calcula la lámina neta tentativa, I_{dx} , en base a la ecuación 2.16.

$$I_{dx} = \frac{Y(F_c - W) Z P}{100 P}$$

3. Se calcula el intervalo entre riegos, I_i , utilizando la expresión matemática 2.17.

$$I_i = \frac{I_{dx}}{T}$$

El valor de I_i se redondea a un número entero, preferiblemente al inmediato inferior.

TABLE 3.3. Resumen de valores de P e Id calculados por los métodos de Keilley y Karmeli, 1975 y el aquí propuesto.

Tratamiento	Q (lph)	Método	S _H x S _P / S _e x S _L (m ²)	n _g /p	it = 4 hr		it = 8 hr		it = 12 hr		it = 16 hr		it = 20 hr		it = 24 hr	
					I _d (mm)	P (%)	I _d (mm)	P (%)	I _d (mm)	P (%)	I _d (mm)	P (%)	I _d (mm)	P (%)	I _d (mm)	P (%)
Lateral Simple Recto Por hilera con goteos equiespaciados	1.5	K.K	(0.5) (0.8)	1	40	88	40	88	40	88	40	88	40	88	40	88
		Prop.	(0.5) (0.8)	1	13.18	113.80	18.38	163.19	22.23	201.49	25.64	234	28.54	262.80	31.15	288.93
		K.K	(0.5) (1.5)	1	40	47	40	47	40	47	40	47	40	47	40	47
		Prop.	(0.5) (1.5)	1	13.18	60.70	18.38	87.03	22.23	107.46	25.64	124.80	28.54	140.16	31.15	154.10
		K.K.	(0.5) (3.5)	1	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20
		Prop.	(0.5) (3.5)	1	13.18	26.01	18.38	37.30	22.23	46.06	25.64	53.49	28.54	60.07	31.15	66.04
		K.K.	(0.5) (6.0)	1	40	12	40	12	40	12	40	12	40	12	40	12
		Prop.	(0.5) (6.0)	1	13.18	15.17	18.38	21.76	22.23	26.87	25.64	31.20	28.54	35.04	31.15	38.52
		K.K.	(0.7) (0.8)	1	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100
		Prop.	(0.7) (0.8)	1	15.13	94.41	21.11	135.37	25.64	167.15	29.44	194.12	32.76	218.00	35.76	239.68
	2.0	K.K	(0.7) (1.5)	1	40	53	40	53	40	53	40	53	40	53	40	53
		Prop.	(0.7) (1.5)	1	15.13	50.35	21.11	72.20	25.64	89.15	29.44	103.53	32.76	116.27	35.76	127.83
		K.K	(0.7) (3.5)	1	40	23	40	23	40	23	40	23	40	23	40	23
		Prop.	(0.7) (3.5)	1	15.13	21.58	21.11	30.94	25.64	38.21	25.44	44.37	32.76	49.83	35.76	54.78
		K.K	(0.7) (6.0)	1	40	14	40	14	40	14	40	14	40	14	40	14
		Prop.	(0.7) (6.0)	1	15.13	12.59	21.11	18.05	25.64	22.29	29.44	25.65	32.76	29.07	35.76	31.96
		K.K.	(1.0) (0.8)	1	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100
		Prop.	(1.0) (0.8)	1	21.11	94.75	29.44	135.88	35.76	167.78	41.06	194.85	45.70	218.83	49.88	240.55
		K.K	(1.0) (1.5)	1	40	80	40	80	40	80	40	80	40	80	40	80
		Prop.	(1.0) (1.5)	1	21.11	50.54	29.44	72.47	35.76	89.48	41.06	103.92	45.70	116.71	49.88	128.31
	4.0	K.K	(1.0) (3.5)	1	40	34	40	34	40	34	40	34	40	34	40	34
		Prop.	(1.0) (3.5)	1	21.11	21.66	29.44	31.06	35.76	38.35	41.06	44.54	45.70	50.02	49.88	54.54
		K.K.	(1.0) (6.0)	1	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20
		Prop.	(1.0) (6.0)	1	21.11	12.63	29.44	18.12	35.76	22.37	41.06	27.08	45.70	29.18	49.88	32.06

Tabla 3.3. Resumen de valores de P e I calculado por los métodos de Keller y Karmeli, 1975 y el aquí propuesto (Continuación)

Tratamiento	Q (lph)	Método	S _H x S _P o S _e x S _I	ng/p	It = 4 hr		It = 8 hr		It = 12 hr		It = 16 hr		It = 20 hr		It = 24 hr	
					I _d (mm)	P (%)	I _d (mm)	P (%)	I _d (mm)	P (%)	I _d (mm)	P (%)	I _d (mm)	P (%)	I _d (mm)	P (%)
Lateral simple recto por hilera de plantas con goteros espaciales	1.5	K.K	3x3	12	40	47.08	40	47.08	40	47.08	40	47.08	40	47.08	40	47.08
		Prop	3x3	12	13.18	60.70	18.38	87.03	22.33	107.46	25.64	124.80	28.54	140.16	31.15	154.10
	2.0	K.K	3x3	8.57	40	53.65	40	53.65	40	53.65	40	53.65	40	53.65	40	53.65
		Prop	3x3	8.57	15.13	50.35	21.11	72.20	25.64	89.15	29.44	103.53	32.75	116.27	35.76	127.83
	4.0	K.K	3x3	6.0	40	84.40	40	84.40	40	84.40	40	84.40	40	84.40	40	84.40
		Prop	3x3	6.0	21.11	50.54	29.44	72.47	35.76	89.48	41.06	103.52	45.70	116.71	49.88	128.31
	8.0	K.K	3x3	4.62	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100
		Prop	3x3	4.62	29.44	55.75	41.06	79.94	49.88	98.70	57.26	114.63	63.74	128.73	69.57	141.53
	12.0	K.K	3x3	3.75	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100
		Prop	3x3	3.75	35.76	55.93	49.88	80.20	60.59	99.02	69.57	115.00	77.43	129.15	84.51	141.99
	1.5	K.K	6x6	8	40	7.82	40	7.82	40	7.82	40	7.82	40	7.82	40	7.82
		Prop	6x6	8	13.18	10.12	18.38	14.51	22.33	17.91	25.64	20.54	28.54	23.36	31.15	25.63
	2.0	K.K	6x6	8	40	12.44	40	12.44	40	12.44	40	12.44	40	12.44	40	12.44
		Prop	6x6	8	15.13	11.75	21.11	16.85	25.64	20.80	29.44	24.16	32.76	27.13	35.76	29.82
	4.0	K.K	6x6	8	40	26.67	40	26.67	40	26.67	40	26.67	40	26.67	40	26.67
		Prop	6x6	8	21.11	16.84	29.44	24.16	35.76	29.83	41.06	34.64	45.70	38.90	49.88	42.77
	8.0	K.K	6x6	8	40	43.33	40	43.33	40	43.33	40	43.33	40	43.33	40	43.33
		Prop	6x6	8	29.44	25.15	41.06	34.64	49.88	42.77	57.26	49.67	63.74	55.78	69.57	61.35
	12.0	K.K	6x6	8	40	71.11	40	71.11	40	71.11	40	71.11	40	71.11	40	71.11
		Prop	6x6	8	35.76	29.82	45.88	42.77	60.59	52.81	69.57	61.33	77.43	66.88	84.51	75.73

Tabla 3.3 Resumen de valores de P e I_d calculados por los métodos de Keller y Karmeli, 1975 y el aquí propuesto. (Continuación)

Tratamiento	Q (lph)	Método	S _H x S _p S _e x S _J (m ²)	n / p	I _t = 4 hr		I _t = 8 hr		I _t = 12 hr		I _t = 16 hr		I _t = 20 hr		I _t = 24 hr	
					I _d (mm)	P (%)	I _d (mm)	P (%)	I _d (mm)	P (%)	I _d (mm)	P (%)	I _d (mm)	P (%)	I _d (mm)	P (%)
Lateral Simple Acoto por hilera de plantas con goteros equiespacia- dos.	8.0	K.K	(1.3) (0.8)	1	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100
		Prop	(1.3) (0.8)	1	29.44	104.93	41.06	149.89	44.88	185.07	57.26	214.93	63.74	241.37	69.57	265.38
		K.K	(1.3) (1.5)	1	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100
		Prop	(1.3) (1.5)	1	29.44	55.75	41.06	79.94	49.88	98.70	57.26	114.63	63.74	128.73	69.57	141.53
		K.K	(1.3) (3.5)	1	40	46	40	46	40	46	40	46	40	46	40	46
		Prop	(1.3) (3.5)	1	29.44	23.89	41.06	34.26	49.88	42.30	57.26	49.13	63.74	55.17	69.57	60.66
	12.0	K.K	(1.3) (6.0)	1	40	27	40	27	40	27	40	27	40	27	40	27
		Prop	(1.3) (6.0)	1	29.44	13.94	41.06	15.98	49.88	24.68	57.26	28.66	63.74	32.18	69.57	35.38
		K.K	(1.6) (0.8)	1	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100
		Prop	(1.6) (0.8)	1	35.76	104.86	49.88	150.37	60.59	185.66	69.57	215.62	77.43	241.15	84.51	266.23
		K.K	(1.6) (1.5)	1	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100
		Prop	(1.6) (1.5)	1	35.76	55.93	49.88	80.20	60.59	99.02	69.57	115.00	77.43	129.15	84.51	141.99
	K.K	(1.6) (3.5)	1	40	57	40	57	40	57	40	57	40	57	40	57	
	Prop	(1.6) (3.5)	1	35.76	23.97	49.88	34.37	60.59	42.44	69.57	49.25	77.43	55.35	84.51	60.85	
	K.K	(1.6) (6.0)	1	40	31	40	34	40	34	40	34	40	34	40	34	
	Prop	(1.6) (6.0)	1	35.76	13.98	49.88	20.05	60.59	24.75	69.57	28.75	77.43	32.29	84.51	35.50	

4. Se calcula la lámina neta definitiva, I_{dn} para el período más crítico mediante el uso de la fórmula 2.18.

$$I_{dn} = I_i T$$

5. Utilizando las ecuaciones 2.10 y 2.11 se obtiene la lámina bruta, I_d

$$I_d = \frac{I_{dn}}{R_T E_U}$$

6. Con la ecuación 2.15 se calcula el número de goteros por árbol, n_g

$$n_g = \left[\frac{P(S_H S_p)^{1-2m}}{K'(K_c I_d)^{2m}} \right]^{1/1-2m}$$

El n_g se redondea a un número entero que puede ser el inmediato superior.

7. En base a las ecuaciones 2.8 y 2.14 se recalcula el valor de porcentaje de área humedecida, P .

$$A_m = n_g K' v^{2m}$$

$$P = \frac{100 A_m}{S_H S_p}$$

8. Se recalcula el umbral de riego, Y , con la ecuación 2.16

$$Y = \frac{100 I_{dn}}{(F_c - W_p) Z P}$$

9. Se calcula el volumen de agua a aplicar a cada planta por ciclo de riego en el período más crítico, V_R , utilizando la ecuación 2.9.

$$V_R = I_d S_H S_p K_c$$

10. Se calcula el volumen descargado por cada emisor en cada ciclo de riego en el período más crítico, V_g , con la ecuación 2.12.

$$V_g = \frac{V_R}{n_g}$$

11. Se calcula el tiempo de riego, I_t o el caudal por gotero, q_g si el I_t se tiene que fijar por cuestiones laborales, entonces se calcula el q_g usando la ecuación 3.10.

$$q_g = \frac{V_g}{I_t} \quad (3.10)$$

Debe tenerse en cuenta que el q_g caiga en la zona óptima de presiones del gotero disponible (generalmente entre 10 y 15 m).

La curva de calibración del gotero puede representarse por una ecuación como la 3.11.

$$q_g = K_g H_g^x \quad (3.11)$$

donde:

- K_g es un coeficiente empírico propio del gotero
 x es el exponente de la ecuación, relacionado con el régimen de flujo del gotero, variando entre $x = 1$ (flujo laminar) $x = 0,5$ (flujo turbulento); hasta $x = 0.0$ (goteros con compensador de presión)
 H_g es la presión promedio de trabajo de gotero. Generalmente $10 < H_g < 15$ m.

Si por el contrario los goteros disponibles en el mercado son limitados, entonces se calcula el q_g para H_g entre 10 y 15 m., y en base a ese valor se obtiene I_t , con la ecuación 3.10.

$$I_t = \frac{V}{q_g}$$

Es recomendable que las horas diarias laborables, H_L , sean igual o múltiplo de I_t , así:

$$\frac{H_L}{I_t} = 1, 2, 3, \text{ etc.} \quad (3.12)$$

12. Se calcula el número de unidades, N_u , en que se divide el área a regar, mediante la ecuación 3.13.

$$N_u = \frac{H_L I_i}{I_t} \quad (3.13)$$

13. De acuerdo a la fuente de agua disponible se calcula el área regable, S_R , aplicando la expresión matemática 3.14.

$$S_R = \frac{36 Q H_L I_i U_E R_T}{1000 I_{dn}} \quad (3.14)$$

donde:

- Q es el caudal disponible en lps
 S_R viene expresada en Has; H_L en hr/día, I_i en días; U_E y R_T en decimal; I_{dn} en cm.

14. Con la ecuación 3.15 se calcula el área de cada subunidad, A_s

$$A_s = \frac{S_R \times 10^4}{N_u \times F_s} \quad (3.15)$$

donde:

A_s viene expresada en m^2
 S_R en hectáreas
 F_s es un factor que fluctúa entre 1 y 8, que depende de la topografía del terreno; y representa el número de módulos en que se va a dividir cada unidad.

15. Se calculan las dimensiones de la subunidad o módulos de operación: L_l (longitud del lateral) y L_m (longitud de la múltiple), usando las ecuaciones 3.16 y 3.17.

$$L_l = K_l A_s^{0.45} \quad (3.16)$$

$$L_m = K_m A_s^{0.55} \quad (3.17)$$

donde:

L_l y L_m vienen expresados en m
 K_l vale 1.0 y 0.685 para laterales a un solo lado y a ambos lados de la múltiple, respectivamente.
 K_m vale 1,0 y 0,73 para los mismos casos anteriores

16. En base a la ecuación 3.18 se calcula la pérdida de carga permisible en la subunidad, H_s .

$$H_s = H_g \left[(1.10)^{\frac{1}{x}} - 1 \right] \quad (3.18)$$

17. Se determinan las pérdidas de carga permisibles en el lateral, ΔH_L , y en la múltiple, ΔH_m , utilizando las formulaciones 3.19 y 3.20.

$$\Delta H_L = 0.55 H_s \quad (3.19)$$

$$\Delta H_m = 0.45 H_s \quad (3.20)$$

18. Se estiman los diámetros del lateral y múltiple de la subunidad (d_L y d_m), usando las expresiones matemáticas 3.21 y 3.22

$$J_L = \frac{100 \Delta H_L}{F(L_1 + n_e l_f)} \quad (3.21)$$

$$J_m = \frac{100 \Delta H_m}{F L_m} \quad (3.22)$$

donde:

J_L y J_m son las pérdidas de carga permisibles en el lateral y en la múltiple expresadas en %.

F es el factor de corrección por salidas múltiples

n_e es el número de goteros por lateral

l_f es la longitud equivalente de lateral que produce la misma pérdida de carga que la obstrucción ocasionada por el "pitongo" o inserción del gotero.

19. Se calcula la uniformidad de emisión de la subunidad, U_{Es} , con las ecuaciones 3.23 y 3.24.

$$\frac{q_n}{q_a} = 1.0 = \frac{0.36}{0.22} \times \left[\frac{\Delta H_L \pm \Delta E_L + \Delta H_m \pm \Delta E_m}{H_g} \right] \quad (3.23)$$

$$U_{Es} = 100 \left(1.0 - \frac{1.27 v}{\sqrt{e}} \right) \left(\frac{q_n}{q_a} \right)_s \quad (3.24)$$

donde:

$\left(\frac{q_n}{q_a} \right)_s$ es la relación de mínima descarga de la subunidad

v es el coeficiente de variación del gotero por manufactura

e es el número de emisores por planta

0.22 es para los casos de múltiples no combinadas y combinadas (dos diámetros) respectivamente.

20. Se comparan las uniformidades de emisión asumida y calculada, si la diferencia es menor del 2% se acepta el tanteo como bueno. En caso contrario se pueden modificar los diámetros de las tuberías lateral y/o múltiples para lograr la E_U asumida o usar la calculada como asumida y repetir todo el proceso.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El método propuesto arroja diferencias sustanciales con respecto al utilizado por Keller y Karmeli, 1975. En consecuencia se recomienda el propuesto por basarse en pruebas de campo del área de interés.
2. Se recomienda el procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño esbozado en el capítulo III.

V. BIBLIOGRAFIA

- Añez R. Delso, 1979. "Metodología para la Evaluación Integral del Riego por goteo". Universidad del Zulia. Maracaibo. Venezuela, 333 p.
- Keller J. y D. Karmeli, 1975. "Trickle Irrigation Design "Ist Edition Edited and Published by Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation. California. USA. 133 p.
- Philip J.R. 1975. The Theory infiltration. IV Sorptivity and algebraic infiltration equation. Soil Sci. 84:257-264.
- Valbuena Maximiano. 1977. "Bulbos de humedecimiento en los alrededores de la planicie de Maracaibo. Trabajo presentado en el I Seminario Nacional de Riego por goteo, celebrado en el CIDIAT. Mérida, Venezuela 35 p.

ANEXO

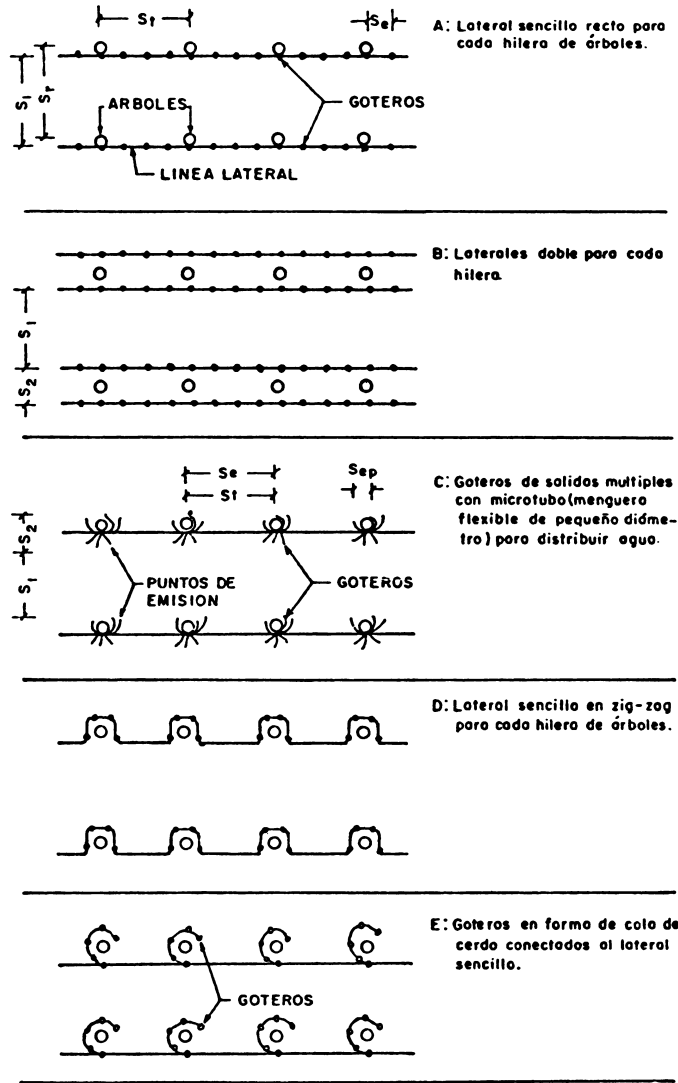


Fig. 1

Patrones comunes de localización de líneas laterales para regar huertos

Tabla 1. Porcentaje de suelo humedecido para varias descargas y espaciamientos para una hilera simple con puntos de emisión uniformemente espaciados en una línea recta aplicando 40 mm (1.6 pulg) de agua por ciclo en el área humedecida.

Espaciamiento efectivo entre laterales		Descarga del punto de emisión														
		Menos de 1.5 lph (0.4 gph)		2 lph (0.5 gph)		4 lph (1 gph)		8 lph (2 gph)		Mas de 12 lph (3 gph)						
SL m (pies)	C (0.7)	M (1.7)	F (3.0)	C (1.0)	M (2.3)	F (3.3)	C (2.0)	M (3.3)	F (4.3)	C (3.3)	M (4.3)	F (5.6)	C (4.3)	M (5.3)	F (6.6)	
																Espaciamiento de los puntos de emisión recomendados a lo largo del lateral para suelos de textura gruesa, media y fina - Se, m (pies)
Porcentaje de suelo humedecido																
0.8 (2.6)	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1.0 (3.3)	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1.2 (3.9)	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1.5 (4.9)	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100	100
2.0 (6.6)	15	35	55	20	40	60	40	40	80	60	80	100	80	100	100	100
2.5 (8.2)	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100	100
3.0 (9.6)	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80	80
3.5 (11.5)	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68	68
4.0 (13.1)	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60	60
4.5 (14.8)	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53	53
5.0 (16.4)	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48	48
6.0 (19.7)	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	24	34	40	40

CURVA DE RETENCION DE HUMEDAD

$$W = f(M)$$

GRANJA EXPERIMENTAL

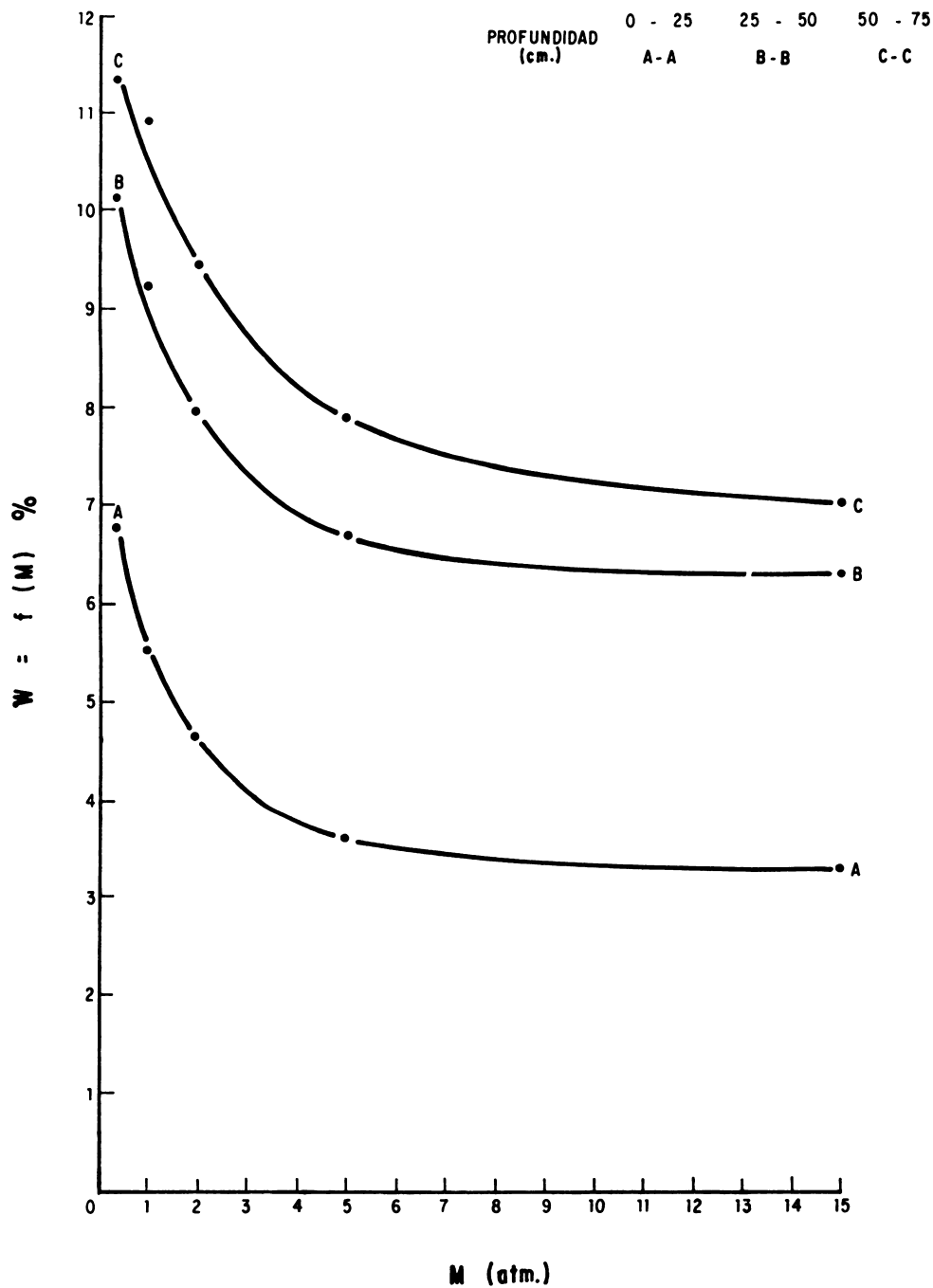


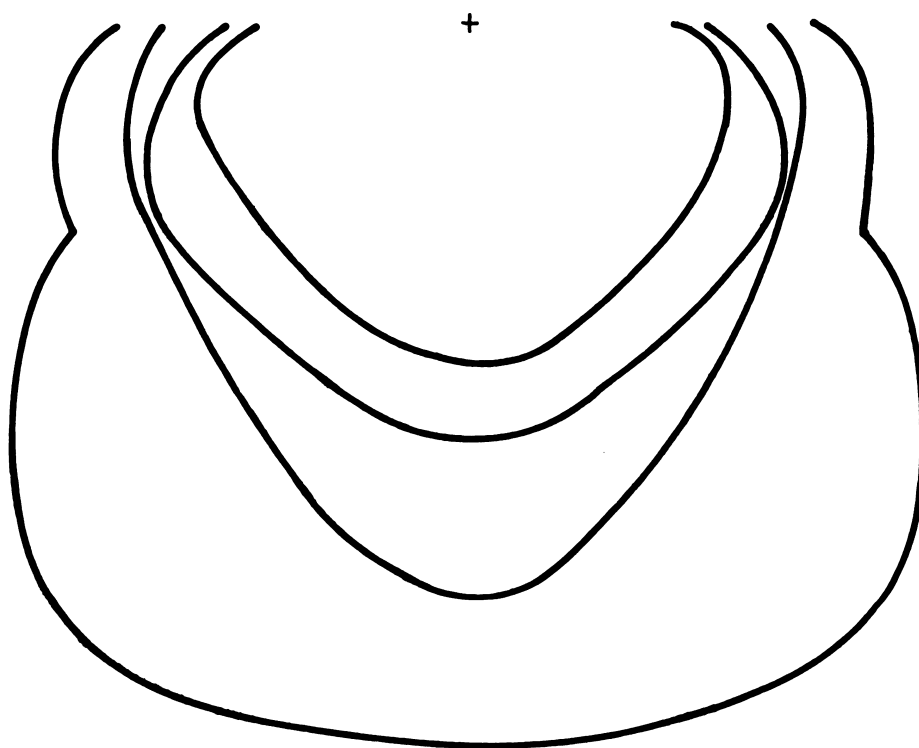
FIGURA 2

TABLA 2. Características físicas del área de ensayos.

Porcentaje de humedad gravimétrico antes de empezar la prueba

PROFUNDIDAD	% H
0 - 25	2.81
25 - 50	3.57
50 - 75	4.63
 TEXTURA	
0 - 25	Fa
25 - 50	FAa
50 - 75	FA
 DENSIDAD APARENTE	
0 - 25	1.80
25 - 50	1.75
50 - 75	1.6

P E R F I L

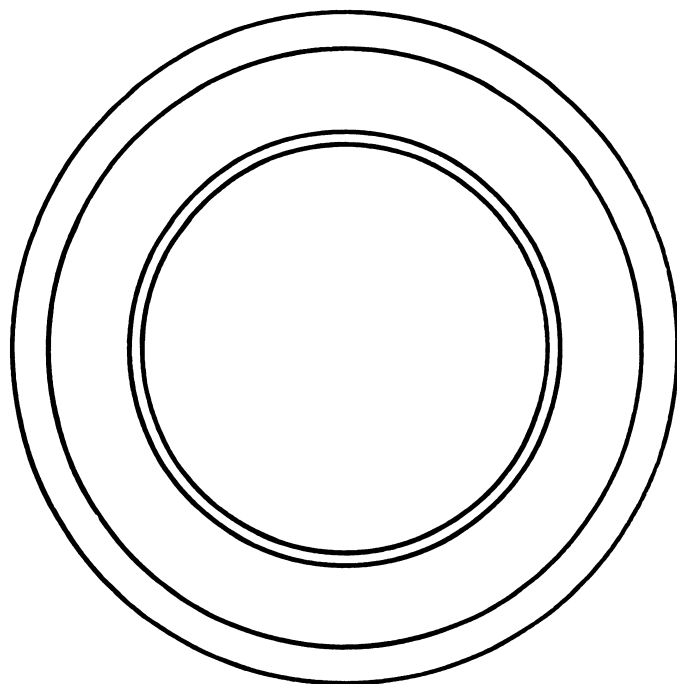


Familia de bulbos de humedecimiento para 10 lph y 3, 6, 12 y 14 horas de aplicación.

ESCALA: 1:13,33

FIGURA 4. (Continuación)

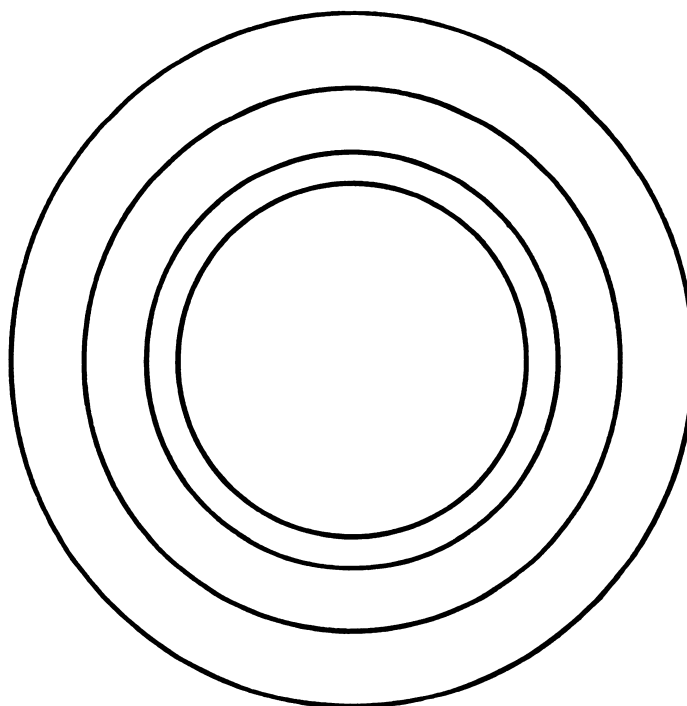
VISTA SUPERFICIAL



Familia de bulbos de humedecimiento para 8 lph y 3, 6, 12, 24 horas de aplicación.

ESCALA: 1:13,33

FIGURA 5

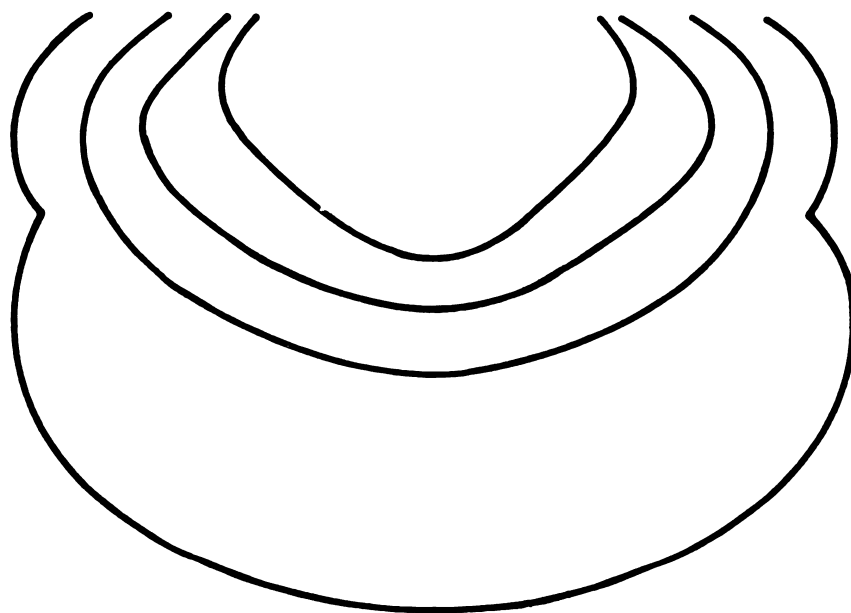
VISTA SUPERFICIAL

Familia de bulbos de humedecimiento para 8 lph y 3, 6, 12 y 24 horas de aplicación.

Escala: 1:13,33

FIGURA 6

PERFIL

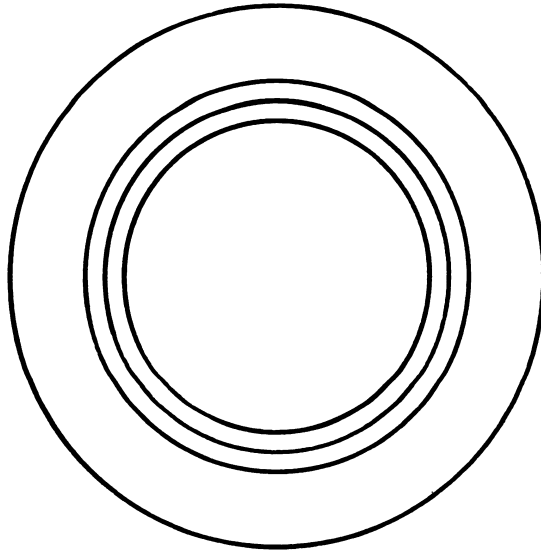


Familia de bulbos de humedecimiento para 6 lph y 3, 6, 12 y 24 horas de aplicación.

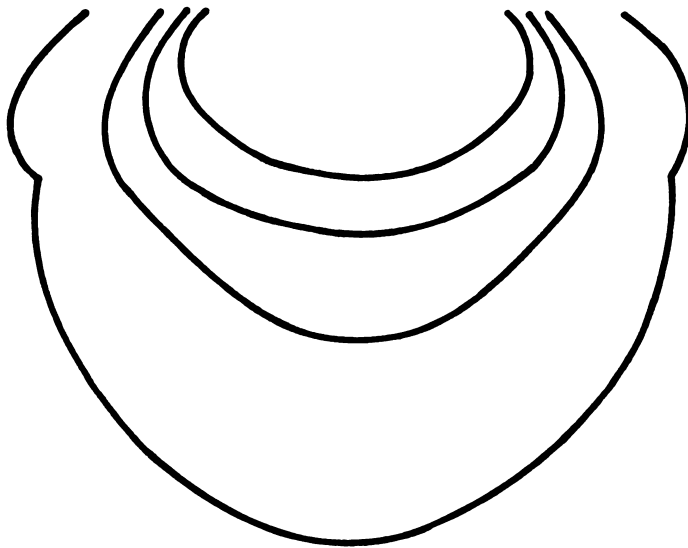
ESCALA: 1:13,33

FIGURA 6. (Continuación)

VISTA SUPERFICIAL



PERFIL

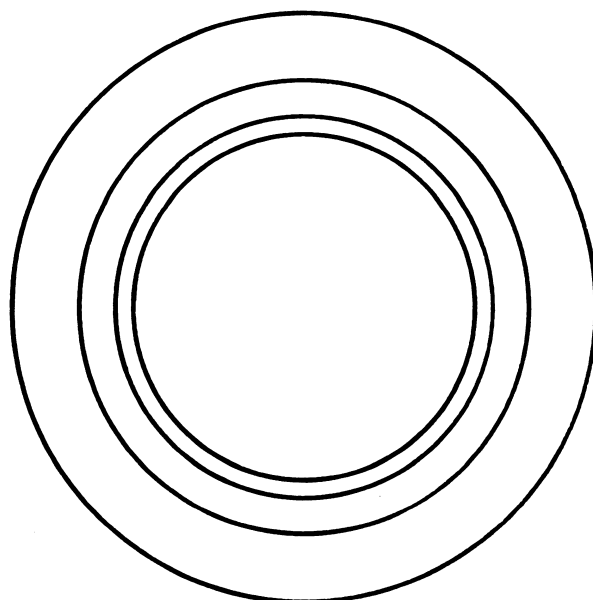


Familia de bulbos de humedecimiento para 4 lph y 3, 6, 12 y 24 horas de aplicación.

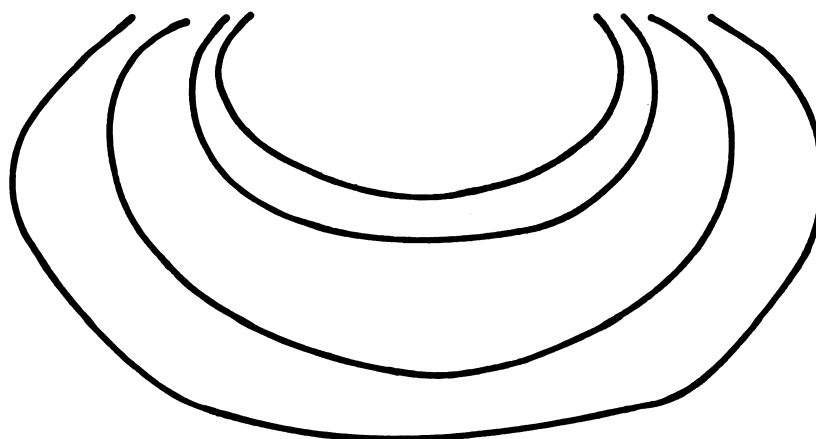
ESCALA: 1:13,33

FIGURA 7

VISTA SUPERFICIAL



PERFIL



Familia de bulbos de humedecimiento para 2 lph y 3, 6,
12 y 24 horas de aplicación

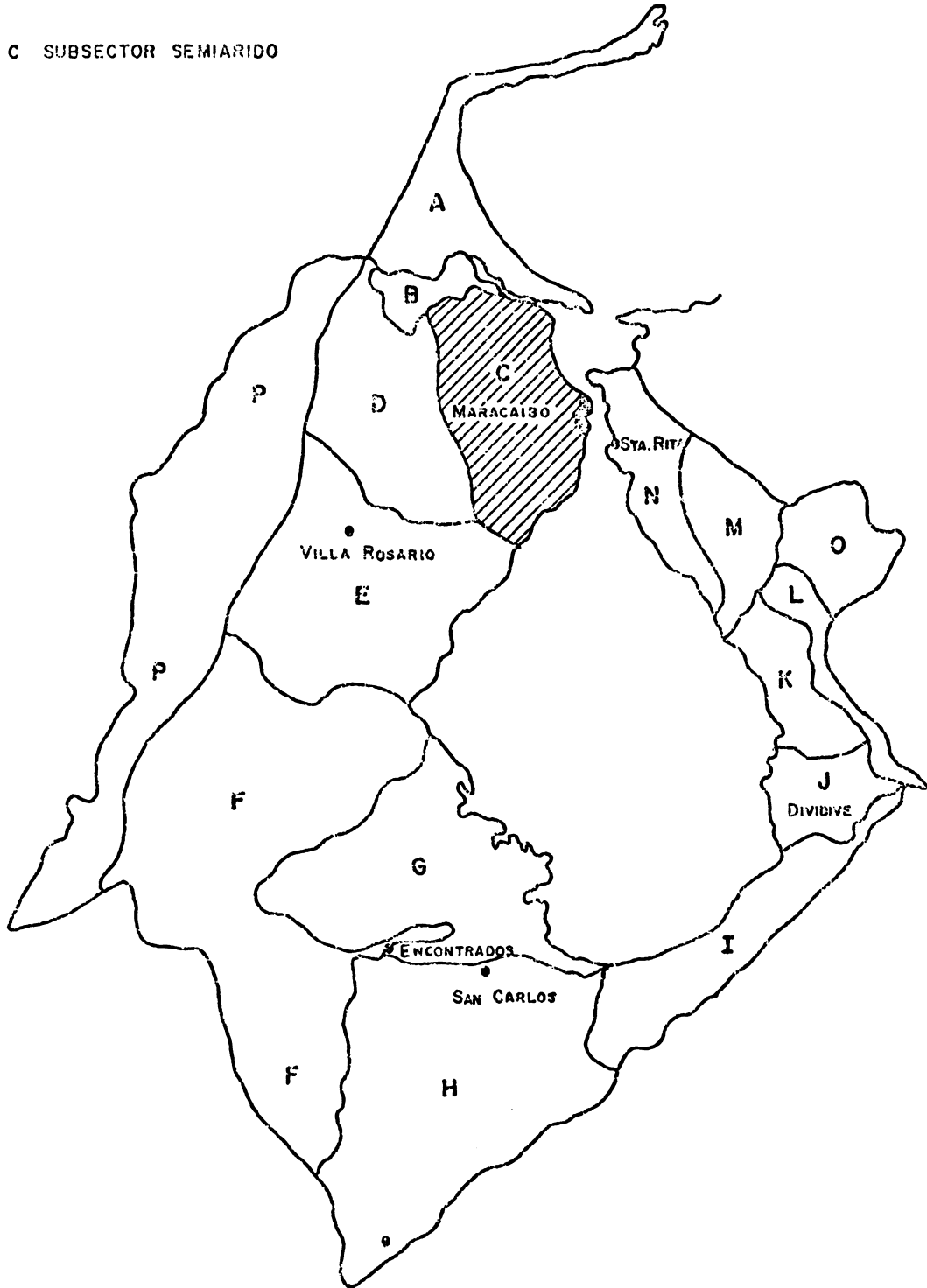
ESCALA: 1:13,33

FIGURA 8

UBICACION DEL AREA ESTUDIADA



C SUBSECTOR SEMIARIDO



DOCUMENTO TECNICO 26

IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO E FERTIRRIGAÇÃO
N. E K. EM TOMATEIRO

Por: Eng^o Carlos Ablerto S. Oliveira(*)
Eng^o Osmar Alves Carrijo (**)
Eng^o Antonio F. L. Olitta (***)
Eng^o Nivelte V. B. dos Reis (*)
Eng^o Ruy Rezende Fontes (*)

-
- (*) Pesquisador II - UEPAE de Brasília
(**) Pesquisador I - UFAPAE de Brasília
(***) Prof. Assistente Dr. do Departamento de Eng. Rural da ESALQ.

Two levels of nitrogen and potassium were combined with drip irrigation system to test their effect on the yield of 'Kada' tomato. The water table used corresponded to 0.8, 1.0 and 1.2 levels of the PAN A evaporation tank settled on bare soil. Results showed no significance difference among treatments for the total fruit production per hectare. On the other hand, production of large fruits was different within treatments. It was observed that higher level of ammonium sulfate increased numbers and weights of fruits showing "blossom end rot", independently of the water table used. The combination of 0.8 water level with 1400 kg/ha of ammonium sulfate and 918 kg/ha of potassium chloride proved to be the most effective in water utilization.

INTRODUÇÃO

A irrigação por gotejamento introduzida no Brasil, efetivamente a partir de 1975 (OLIVEIRA 1978), consiste em mais uma opção para o fornecimento de água às plantas, principalmente em locais com pequenas vazões, má qualidade da água, declividade acentuada, custo de água elevado ou mão-de-obra relativamente escassa (GUSTAFSON 1976). Este método de irrigação possibilita a manutenção de um alto potencial de água no solo (0,1 e 1 bar) e tal condição permite um considerável aumento na produção de diversas culturas (RAWITZ 1969).

Em seis ensaios realizados no período de 1970 e 1973, comparando métodos de irrigação em tomateiro, HALL (1974) obteve maiores produções, em três ensaios quando irrigou por gotejamento, em dois ensaios não houve diferenças significativas entre os tratamentos e em um ensaio, obteve produções quando irrigou por sulcos. Diversas outras comparações de método de irrigação em tomateiro tem apresentado resultados satisfatórios quando se usa a irrigação por gotejamento (BRYAN et al 1976, FREEMAN et al 1976, GOLDBERG & SHMUELI 1970, GOLDBERG et al 1976).

Em tomateiro cultivado em vasos sob solo argiloso e utilizando a irrigação por gotejamento com as intensidades da aplicação de 0,17, 0,86, 2,80 e 8,70 l/h. MANFRINATO (1970) concluiu que a menor intensidade de aplicação (0,17 l/h) proporcionou maior número de flores e frutos, além de frutos mais pesados. CAIXETA (1978), trabalhando com pimentão irrigado por gotejamento, encontrou que, aumentando a lâmina de irrigação (2, 4 e 6 mm/dia), a produção de sementes e frutos normais aumenta linearmente, ocorrendo efeito inverso com os turnos de rega de um, dois e três dias. Maiores produções de tomate foram obtidas dentro de cada turno de rega, quando foram aplicadas lâminas de irrigação calculadas de modo a igualar a taxa de evapotranspiração potencial (FREEMAN et al 1976). A sub-irrigação ou a super-irrigação ocasionaram reduções na produção, ao passo que menores turnos de rega conduziram a maior eficiência do uso de água.

O fluxo de massa de nutrientes, diretamente proporcional ao fluxo de água no solo, é extremamente afetado pelas condições de umidade de solo (REICHARDT 1975). Por outro lado, em tomateiro irrigado por gotejamento, MILLER et al (1976) encontraram que uma única aplicação de

nitrogênio no plantio não diferiu de várias coberturas feitas com este nutriente. Tais fatos implicam em que a nutrição das plantas e a fertilidade do solo devem ser estudadas em estreita ligação com as lâminas de água a serem aplicadas, turno de rega e método de irrigação.

Neste trabalho, estudou-se, sob um turno de rega de dois dias, o efeito de três lâminas de irrigação correspondentes a 0,8, 1,0 e 1,2 evaporação de um tanque classe A, e de duas doses de nitrogênio e potássio fornecidas na água de irrigação, sobre a produção de tomate em solo de cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento, com tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) tipo Sta. Cruz cultivar "Kada", foi conduzido em solo classificado como Latossolo Vermelho Escuro fase cerrado, profundo, apresentando pH = 4,6, 1 ppm de fósforo, 0,6 m.e./100 ml de Al, 0,7 m.e./100 ml de Ca + Mg, 41 ppm de potássio e localizado na Fazenda Experimental do Tamanduá - UEPAE de Brasília, com latitude 15º 56'00"S, longitude 48º 08'26"W, altitude 997m, temperatura média anual de 21,8ºC e precipitação média anual de 1483 mm.

Aplicaram-se 2 t/ha de cal hidratada, vinte dias antes do plantio. A adubação de plantio foi feita com 2 t/ha de superfosfato simples, 20 kg/ha de borax, 20 kg/ha de sulfato de zinco e 200 kg/ha de sulfato de magnésio, além de 20 t/ha de estêrco de galinha.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com seis tratamentos e seis repetições, possuindo cada parcela as dimensões de 4,0x6,0 m. Foi utilizado o espaçamento entre plantas de 1,0 x 0,5 metros. Cada parcela apresentou vinte plantas úteis.

Foram estudados os seguintes níveis de nitrogênio e potássio: N1 K1 - 1400 kg/ha de sulfato de amônio e 918 kg/ha de cloreto de potássio e N2 K2 - 5.000 kg/ha de sulfato de amônio e 2.500 kg/ha de cloreto de potássio (de acordo com a recomendação do sistema de produção para tomate do Distrito Federal). Estes nutrientes foram fornecidos na água de irrigação em intervalo de 10 dias, iniciando-se aos 40 dias após a semeadura em copinhos de jornal.

A irrigação foi feita com turno de rega de dois dias, utilizando-se gotejadores com quatro saídas (vazão nominal total igual a 13 l/h) e colocando-se uma saída para cada planta. O volume de água aplicado foi controlado por hidrômetros e calculado através da equação $V = E_v \times f \times A \times K \times E_f^{-1}$, onde V = volume consumido em l/planta/dia, E_v = evaporação do tanque classe A em mm, f = fator de consumo dependente da cultura e tipo de tanque de evaporação. A = área por planta em m^2 , K = fator de cobertura (estimado em 1) e E_f = eficiência de aplicação (estimada em 1).

Três lâminas de irrigação foram estudadas, correspondendo cada uma aos valores de $f = 0,8$, $f = 1$ e $f = 1,2$, respectivamente. A evaporação da água foi medida em um tanque classe A instalado junto ao local do experimento, circundado com solo nudo e distante, aproximadamente, 5 m do experimento.

Foi feito o tutoramento do tomateiro com cerca cruzada, deixando-se duas hastes por planta. Pulverizações contra pragas e doenças foram feitas semanalmente.

Os tratamentos estudados neste experimento foram os seguintes:

Tratamento	Fator "f"	Doses de N e K
0,8 N1	0,8	N1 K1
0,8 N2	0,8	N2 K2
1,0 N1	1,0	N1 K1
1,0 N2	1,0	N2 K2
1,2 N1	1,2	N1 K1
1,2 N2	1,2	N2 K2

Os frutos colhidos foram classificados quanto ao tamanho de acordo com a Tabela 1 e quanto a defeitos, em frutos rachados, com podridão estilar e refugo.

Considerou-se frutos comercializáveis os graúdos, médios e pequenos e como não comercializáveis os frutos rachados, com podridão estilar e refugo. Como total de frutos os comercializáveis, os não comercializáveis e os miúdos.

A eficiência do uso de água (EUA) foi calculada através da equação $EUA = \frac{\text{produção total em kg/ha}}{\text{lâmina total aplicada em mm}}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram computados os dados de produção relativos a quinze colheitas realizadas no período de 02.09.77 a 31.10.77.

A precipitação pluviométrica total de 224,2mm praticamente não interferiu sobre os tratamentos de irrigação em razão de sua ocorrência quando as plantas já se apresentavam no estágio final de produção.

Os dados de umidade relativa correspondentes as médias quinzenais (Fig. 1), a velocidade do vento no local, oscilando de 175 a 425 km/dia e o fato do tanque "classe A" ter sido instalado sobre solo nudo, permitem sugerir o valor de f igual a 0,75 para estimar a evapotranspiração potencial em solo gramado (DOORENBOS & PRUIT 1974) e vem confirmar a validade de determinação de valores de f para a cultura do tomate nas condições de clima estudadas.

As variáveis número, peso e peso médio dos frutos, médios, pequenos, miúdos e comercializáveis, as variáveis número e peso de frutos rachados e refugo e as variáveis número de frutos graúdos e total de frutos não tiveram efeito significativo ao nível de 5% probabilidade, para os tratamentos estudados.

O peso de frutos graúdos (Tabela 2) apresentou os valores máximos e mínimos dentro da lâmina correspondente a $f = 1$ e nos níveis N1 e N2, respectivamente. O fato de a irrigação por gotejamento proporcionar uma boa produção de frutos graúdos (tipo exportação) também foi observada por NOYOLA (1974) e está de acordo com SILVA (1972) que verificou ser igualmente aumentada a produção de frutos graúdos (Extra A) em qualquer dos tratamentos com altos teores de umidade do solo. A tendência do peso de frutos graúdos diminuir com o aumento de f e o do nível de adubação parece sugerir que os fatores umidade e fertilidade do solo não devem estar dispostos em excesso. Apesar de, para esta variável, as maiores produções terem ocorrido no tratamento 1,0 N1, este não diferiu significativamente do

tratamento 0,8 N1.

O total de frutos não diferiu para os tratamentos estudados, porém, observou-se uma tendência de aumento linear com o aumento da lâmina de água, quando foram usadas doses de N e K mais baixas o que também foi observado por MINAMI e OLITTA (1977).

O maior e o menor pesos médios de frutos totais ocorreram nos tratamentos 1,0 N1 e 1,0 N2, respectivamente. Isto provavelmente ocorreu em razão destes tratamentos terem proporcionado o maior e o menor número de frutos graúdos, respectivamente. Contudo, na obtenção de maior peso médio de frutos, o tratamento 0,8 N1 comportou-se melhor, pelo fato de não diferir significativamente do tratamento 1,0 N1 e de apresentar maior economia na aplicação de água e fertilizantes sobre a cultura.

Independentemente dos níveis de irrigação estudados, as doses mais elevadas de N e K produziram, igualmente, maiores pesos de frutos com podridão estilar, em comparação com os tratamentos que levaram doses mais baixas destes nutrientes. Tal fato pode ser atribuído ao fornecimento de nitrogênio na forma amoniacal que provoca a acidificação do solo e um estímulo a um grande desenvolvimento vegetativo da planta (WILCOX *et al* 1973) A maior concentração de amônio e potássio próximo das raízes, diminuindo a absorção de cálcio pelas plantas (BARKE. 1971) também, pode explicar estes resultados.

O peso total de frutos não comercializáveis foi também bastante elevado nos tratamentos com doses mais elevadas de nitrogênio e potássio. Isto pode ser melhor entendido observando-se a Figura 2 que mostra ser esta variável influenciada em mais de 50% pelo número de frutos com podridão estilar, nos tratamentos em questão.

A lâmina total aplicada de 780 mm apresentou maior eficiência do uso de água por que com o seu aumento (Tabela 3), em geral, não houve um aumento significativo na produção total de frutos. Esta produção por sua vez não diferiu entre os tratamentos estudados igualando desta forma os valores de 68,9% e 73,67% observados nos tratamentos 0,8 N1 e 0,8 N2 para a eficiência do uso de água. Em termos de produção não se verificou, portanto, uma resposta da cultura, a medida que foram elevados os valores de f acima de 0,8 e foram aumentadas as doses de nitrogênio e potássio.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir:

1. A produção de frutos graúdos diferiu entre os tratamentos estudados, situando as melhores produções nos tratamentos 0,8 N1 e 1,0 N1.
2. Não houve diferenças significativas entre tratamentos na produção total de frutos por hectare.
3. Doses elevadas de sulfato de amônio e potássio provocaram igualmente, um aumento no número e peso de frutos com podridão estilar independentemente da lâmina de irrigação aplicada, influndo em mais de 50% na produção de frutos não comercializáveis.
4. O valor de $f = 0,8$ combinado com a doses N1 K1 de adubação apresentou a melhor eficiência do uso de água. Quando foram aumentados estes dois fatores, em termos de produção, não houve uma resposta significativa da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARKE, R.E. & MENARY, R.C. Calcium nutrition of the tomato as influenced by total salts and amonium. Australian Journal Experimental Agricultural and Animal Husband; 2:562-569, 1971.
- BRYAN, H.K.; STALL, W.M.; DALTON, J.D. & FORD, H.W. Response of vegetables to drip and overhead irrigation on calcareous soils. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, Homesread, 88:190-196, 1976.
- CAIXETA, T.J. Estudo comparativo entre sistemas de irrigação por sulco e gotejamento e efeito da lâmina de água e frequência de irrigação por gotejamento na cultura do pimentão. Viçosa, UFV, 1978, 60p. (Tese Ms).
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. Guidelines for prediction of crop water requirements. Rome, FAO Irrigation and Drainage, 1974. 178p. (Paper, 25).

- FREEMAN, B.M.; BLACKWELL, J. & GARZOLI, K.V. Irrigation frequency and total water applications with trickle and furrow systems. Agricultural Water Mangement, Griffith, 1(1):21-31, 1976.
- GOLBERG, S.D.B.; BEN-ASHER, J.; GORNAT, B. Soil and plant water status under srprinkling and trickling. Agricultural Water Management, Griffith, 1(1):33-40, 1976.
- GOLBERG, S.D.B. & SHMUELI, M. Drip Irrigation a method used under arid and desert conditions of high water and soil salinity. Transsaactions of the ASAE, Michigan, 13(1):38-41, jan/feb., 1970.
- GUSTAFSON, C.D. Drip irrigation: where it was in "75". Irrigation Journal, Elm Grove, 26(3):24-26, may/june, 1976.
- HALL, B.J. Staked tomato drip irrigation in California. In: INTERNACIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2., San Diego, 1974. Proceedings. p.480-485.
- MANFRINATO, H.A. Effects of drip irrigation on soil-water-plant relationship. In: INTERNACIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2., San Diego Proceedings. p.446-451.
- MILLER, R.J.; ROLSTON, D.E.; RAUSCHKOLB, R.S. & WOLFE, D.W. Drip application of nitrogen is efficient. California Agriculture, 30(11):16-18, 1976.
- MINAMI, K. & OLLITA, A.F. Efeitos da irrigação por gotejo e adubação nitrogena da sobre a produção de tomate estaqueado. Piracicaba, ESALQ, 1977. Não publi cado.
- NOYOLA, F.T. Estudio sobre diferentes procedimientos de aplicación del riego por goteo en el cultivo del tomate: Evaluación economica y de producción en el Valle del Yaqui, Sonora. México, Secretaria de Recursos Hidráulicos, 1974. 196p. (Mem. Tec., 336).
- OLIVEIRA, C.A.S. Hidráulica de gotejadores e de linhas laterais para irrigação por gotejamento. Viçosa, UFV. 1978. 72P. (Tese Ms).

RAWITZ, E. The dependence of growth rate and transpiration rate on plant and soil physical parameters under controlled conditions. Soil Science, 110:172-182, 1969.

REICHARDT, H. Processos de transferências no sistema solo-planta atmosfera. 3.ed. São Paulo, CENA/USP/CNEN/FUNDAÇÃO GARGILL, 1975. 266p.

SILVA, J. Influência da irrigação no crescimento e produção do tomateiro. Piracicaba, ESALQ, 1972. 96p. (Tese Ms).

WILCOX, G.E.; HOFF, J.E. & JONES, C.M: Ammonium reduction of calcium and magnesium content of tomato and sweet cron leaf tissue and influence on incidence of blossom - end rot of tomato fruit. Journal of the American Society of Horticultural Science, 98:86-89, 1973.

TABELA 1. CLASSIFICAÇÃO DOS FRUTOS DE TOMATE ADOTADA NESTE TRABALHO.

DIÂMETRO TRANSVERSAL (D) EM MM	TAMANHO
> 52	GRAÚDOS
$47 < D \leq 52$	MÉDIOS
$40 < D \leq 47$	PEQUENOS
$33 < D \leq 40$	MIÚDOS
≤ 33	REFUGOS

TABELA 2. Produções médias obtidas com tomateiro irrigado por gotejamento submetido a três lâminas de irrigação e dois níveis de nitrogênio e potássio.

Tratamento	Frutos graúdos (t/ha)	Total de fru tos (t/ha)	Peso médio de futos to tais (g)	Frutos com podridão es tilar (kg/ha)	Frutos não comer
0,8 N1	22,6 ab	53,8	87 ab	495 a	1582 a
0,8 N2	24,2 ab	57,4	82 ab	2945 b	4421 b
1,0 N1	26,6 b	56,5	88 b	415 a	2084 a
1,0 N2	12,9 a	51,8	78 a	1216 ab	2232 a
1,2 N1	23,3 ab	57,9	85 ab	575 a	1788 a
1,2 N2	18,0 ab	54,0	81 ab	1525 ab	2857 ab
F	*	N.S.	*	**	**
C.V. (%)	33,1	12,1	6,37	82,7	46,7
DMS (Tukey 5%)	12,7	-	10	1777	2090

TABELA 3. LÂMINA TOTAL APLICADA, EFICIÊNCIA DO USO DE ÁGUA E VOLUME DE ÁGUA APLICADA NOS DIVERSOS TRATAMENTOS ESTUDADOS.

TRATAMENTOS	LÂMINA TOTAL APLICADA(MM)	EFICIÊNCIA DO USO DE ÁGUA(%)	VOLUME DE ÁGUA APLICADO(M ³ /HA)
0,8 N1	780,4	68,9	5903
0,8 N2	780,4	73,6	5903
1,0 N1	975,5	57,9	7500
1,0 N2	975,5	53,1	7500
1,2 N1	1170,6	49,5	8819
1,2 N2	1170,6	46,1	8819

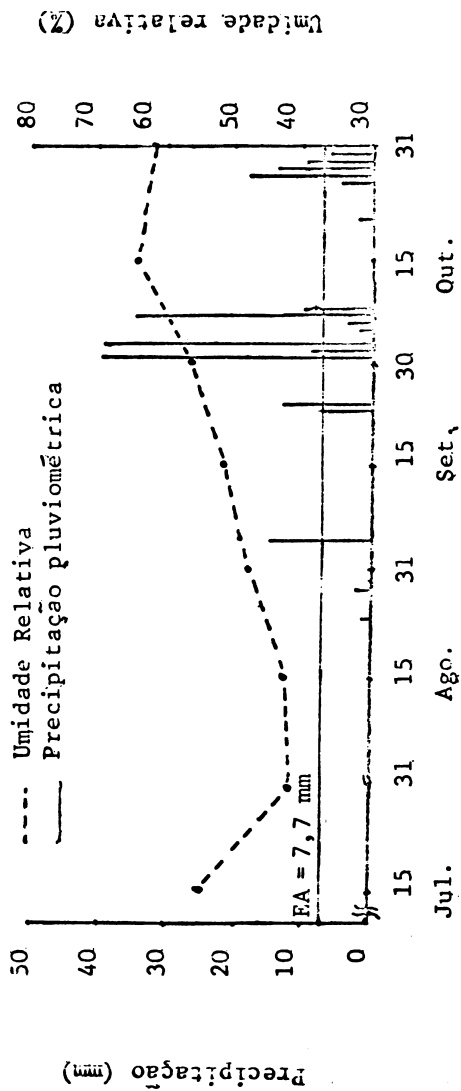


FIG. 1. Precipitação pluviométrica diárias, Umidade Relativa (médias quinzenais) e evaporação média (EA) registradas no período de 28/06 a 31/10/77.

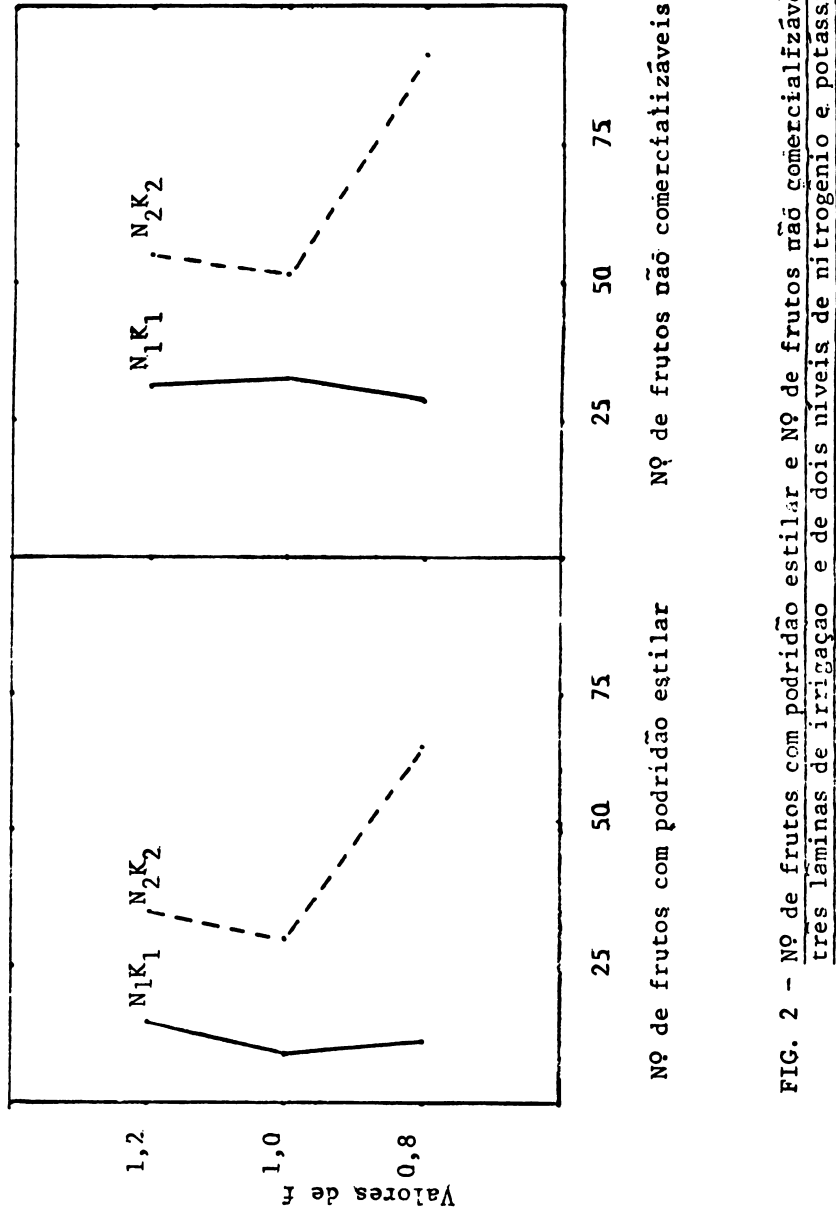


FIG. 2 - Nº de frutos com podridão estilar e Nº de frutos não comercializáveis em função de três lâminas de irrigação e de dois níveis de nitrogênio e potássio.

DOCUMENTO TECNICO 27

COMPARAÇÃO DO MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO POR SULCOS
E GOTEJO NO MARACUJÁ

Por: Eng^o Mauricio Bernardes Coelho (*)
Eng^o Gilberto Gomes Cordeiro (*)

(*) Eng^{os}. Agr^{os}. M. S. Pesquisadores CPATSA/EMBRAPA, Protolina-PE.

COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO POR SULCO E GOTEJO EM MARACUJÁ^{1/}Maurício Bernardes Coelho^{2/} e Gilberto Gomes Cordeiro^{2/}

1 - INTRODUÇÃO

Apesar de ter sido introduzida há pouco tempo no Brasil a usoda irrigação por gotejo tem despertado bastante interesse pelas inúmeras vantagens apresentadas em relação a outros métodos já conhecidos.

Com base nas vantagens apresentadas pelo método e pelas perspectivas que o mesmo apresenta para região, o CPATSA/EMBRAPA vem desenvolvendo trabalhos visando o estudo sobre o manejo do método de irrigação por gotejo e a comparação entre este método e o método de irrigação por sulco que é o mais tradicional na região. Olitta et al 1977; Coelho et al 1978.

A cultura do maracujá (Passiflora edulis Sims f. flavicarpa De-neger) foi escolhida para a realização deste trabalho por apresentar grandes perspectivas econômicas para a região e pela necessidade de dados referentes ao comportamento desta cultura frente ao método de irrigação por gotejo, em comparação com o método tradicional da irrigação por sulco.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento está sendo conduzido no Campo Experimental de Bebedouro, do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido em Pe-

^{1/} Trabalho a ser apresentado no Seminário Latino-Americano de Irrigação por gotejamento, Campinas, São Paulo, Outubro de 1979.

² Eng^o Agr^o, M.S., Pesquisador do CPATSA/EMBRAPA, Petrolina-Pernambuco.

trolina-PE. Segundo Hargreaves (1974) o clima local é "Muito Árido", com temperatura média anual oscilando entre 23 a 28°C e precipitação média anual de 400 mm. Por outro lado, pela classificação de Koppen (1948), o clima desta região é tido como do tipo BSh'W.

O solo do local do experimento é do tipo oxissol (37BB), possuindo 83% de areia e 11% de argila, onde os valores de capacidade de campo e ponto de murchamento permanente, determinados segundo Richards (1949), são 11.0 e 2.9% em peso seco, respectivamente. Este solo apresenta um valor de 1.63 g/cm³ para a densidade aparente determinadas através do cilindro de Uhland.

O delineamento experimental é de blocos casualizados com 9 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos envolvem os métodos de irrigação por sulco e gotejo, sob diferentes frequências de irrigação. Com relação ao método de irrigação por gotejo, os tratamentos contam ainda com diferentes fatores para estimativa do uso d'água pelas plantas baseados na evaporação do tanque classe A. Os tratamentos estabelecidos no experimento são mostrados na Tabela I.

Os sulcos de irrigação foram construídos em nível com 12 m de comprimento, apresentando uma profundidade e largura média de 30 a 50 cm, respectivamente. A vazão aplicada nos sulcos foi de 0,5 l/h através de um sistema de condutos fechados de polietileno flexível, com o volume de água aplicado controlado por hidrômetro.

O volume de água aplicado nos sulcos foi calculado para elevar a umidade do solo à capacidade de campo através da seguinte equação mencionada por Daker (1973):

$$v = \frac{100 (c-u) d.p.}{E}$$

Para o método de gotejo, emprega-se um equipamento marca "IRRI GA"^{1/}, constituindo-se de um conjunto moto-bomba, filtros de areia e tela,

^{1/} A indicação da marca não significa necessariamente qualquer recomendação por parte do CPATSA/EMBRAPA.

Tabela I - Discriminação dos tratamentos empregados neste experimento.

Tratamento	Método de irrigação	Frequência de irrigação	Fator em relação ao T. Clase A
1	Gotejo	2 dias	0,50
2	Gotejo	2 dias	0,75
3	Cotejo	2 dias	1,00
4	Gotejo	5 dias	0,50
5	Cotejo	5 dias	0,75
6	Gotejo	5 dias	1,00
7	Sulco	5 dias	*
8	Sulco	9 dias	*
9	Sulco	13 dias	*

* Reposição da água consumida

Tabela I - Discriminação dos tratamentos empregados neste experimento.

Tratamento	Método de irrigação	Frequência de irrigação	Fator em relação ao T. Classe A
1	Gotejo	2 dias	0,50
2	"	2 dias	0,75
3	"	2 dias	1,00
4	"	5 dias	0,50
5	"	5 dias	0,75
6	"	5 dias	1,00
7	Sulco	5 dias	*
8	"	9 dias	*
9	"	13 dias	*

* Re posição da água consumida

injetor de fertilizantes, reguladores de pressão, válvulas métricas automáticas, hidrômetros, tubulações e gotejadores.

O gotejador adotado apresenta quatro saídas, com uma vazão de 3,5 l/h em cada uma, correspondendo a uma e duas saídas por planta.

O volume de água através da irrigação por gotejo foi calculado através do seguinte relacionamento empírico (Olitta, 1977):

$$V = \frac{E_a \cdot F \cdot K \cdot A}{E}$$

O plantio do maracujá (Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Den.) foi realizado no início de Janeiro de 1979, com espaçamento de 2 m entre fileiras e 4 m entre plantas. Cada parcela mede 8 m x 12 m, apresentando quatro fileiras. O plantio foi feito em covas de 0,40 m nas três dimensões (comprimento, largura e altura).

Durante a colheita, além da produção e qualidade dos frutos, observou-se também dados de crescimento, aspecto fitossanitário e econômico da cultura.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela II mostra a produção média (g) acumulada por planta, em nove colheitas. A análise estatística destes dados, não apresentou diferença estatística significativa. Observou-se entretanto que existe uma tendência dos tratamentos 1, 2, 5 e 9 a serem superiores aos demais.

Tabela II - Produção média acumulada (g) por planta, em nove colheitas.

Tratamento	Gramas por planta
1	740 a
2	621 a
3	808 a
4	626 a
5	928 a
6	597 a
7	495 a
8	660 a
9	774 a

Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

LITERATURA CITADA

1. COELHO, M.B.; OLITTA, A.F.L. & ARAÚJO, J.P. Influência dos métodos de irrigação por sulco e gotejo na cultura do melão. Petrolina, EMBRAPA, CPATSA, 1978. 19 p. Trabalho apresentado no 4º Congresso de Irrigação e Drenagem, Salvador, 1978.
2. DAKER, A. 1973. A água na agricultura. Livraria Freitas Bastos S/A. Vol. 3. São Paulo, SP. 425 p.
3. HARGREAVES, G.H. Potential evapotranspiration and irrigation requirements for northeast Brazil. Utah State University. Utah, 55 p.
4. KOPPEN, W. Climatologia con un estudio de los climas de la tierra. México, Fondo de Cultura Economica, 1948.
5. OLITTA, A.F. 1977. Os métodos de irrigação. Livraria Nobel S/A. São Paulo, SP. 267 p.
6. OLITTA, A.F.; ABREU, T.A.S. & MARCHETTI, D.A.B. Comparação dos métodos de irrigação por sulco e gotejo na cultura do melão do Vale do São Francisco. In: Seminário Latinoamericano sobre riego por goteo, Durango y Aguas Calientes, México 2, 1977. Informe final. Buenos Aires, IICA, 1978. 21 p.
7. RICHARDS, L.A. 1949. Methods of measuring soil moisture tension. Soil Science. 68(1):95-112.

GCC/jms.

DOCUMENTO TECNICO 28

ESTUDOS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL
EM GRAMADOS DO EIXO MONUMENTAL DE BRASÍLIA

Por: Eng. Theophilo B. Ottoni Netto (*)
Eng. Evandro Ferraz Duarte (**)
Eng. Stênio de Araújo Bastos (***)

-
- (*) Eng. Civil, Prof. da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Director Presidente da HIDROESB - Saturnino de Brito S.A.
- (**) Eng. Agrônomo, Doutor em Ciência, Prof. Adjunto, Livre Docente do Departamento de Engenharia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Chefe da Divisão de Engenharia Agrícola da HIDROESB - Saturnino de Brito S.A.
- (***) Eng. Agrônomo, Chefe do Departamento de Parques e Jardins DPJ da Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil.

ESTUDOS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUBPERFICIAL
EM GRAMADOS DO EIXO MONUMENTAL DE BRASÍLIA

RESUMO

Incontestavelmente, um dos grandes problemas que os administradores dos Parques e Jardins Públicos de quase todas as cidades do mundo enfrentam é a manutenção da turgidez da cobertura florística, particularmente das áreas gramadas, durante os períodos de secas ou de estiagens prolongadas.

No caso particular de Brasília onde, de maio a outubro, o balanço hídrico é sabidamente deficitário, fazendo secar de maneira drástica, particularmente os gramados, com uma somatização de impactos negativos sobre o paisagismo, o turismo, o lazer contemplativo e, quiçá, até sobre o rendimento do trabalho da população, está sendo usado como solução o sistema de irrigação por aspersão com esquichadores rotativos e setoriais, e, também, com auxílio de mangueiras acopladas a carrospipa.

Acontece que a primeira das modalidades citadas tem-se mostrado muito vulnerável às depredações e aos roubos e, a segunda, além de onerosa e anties-tética é de baixíssima eficiência, acarretando, inclusive, transtornos no trãnsito de veículos na cidade.

Assim sendo, a Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil - NOVACAP, através do seu Departamento de Parques e Jardins - DPJ, contratou a empresa HIDROESB - Saturnio de Brito S.A. para estudar a viabilidade técnica e econômica de um outro processo de irrigação, que fosse mais eficiente e menos vulnerável ao vandalismo e aos amigos do alheio.

Surgiu, assim, a idéia de se estudar o emprego do sistema por gotejamento subsuperficial ou subterrâneo, que em virtude das suas incontestáveis vantagens em relação aos demais processos, foi o escolhido para se tentar resolver o problema em questão, inclusive com grande economia de água e de despesas de operação e manutenção.

Os estudos, que foram iniciados em junho de 1976 numa Área Piloto de 1 ha (situada no Eixo Monumental de Brasília) nos viveiros do DPJ, localizados também em Brasília e também no Departamento de Hidráulica Experimental da HIDROESB, no Rio de Janeiro, tiveram como principal objetivo criar e testar dispositivos capazes de viabilizar o sistema de irrigação mencionado, particularmente para áreas gramadas, mais especificamente para os gramados do Eixo Monumental da nova capital do país.

A pesar do ineditismo da pesquisa no Brasil, da carência de bibliografia específica e das interferências meteorológicas (chuvas) nos estudos de campo, conseguiu-se levantar todos os parâmetros climáticos, agrônômicos e hidráulicos, necessários à elaboração e implantação do projeto piloto, bem como, foi possível instalar e começar a observar o comatas indicadoras as duas gramíneas mais empregadas pelos DPJ, para formação de gramados em Brasília, quais sejam: Paspalum notatum cv. Batatais e P. notatum cv. Pensacola.

Até a presente data foi obtida uma série de resultados e conclusões, não relacionados especificamente com o projeto de irrigação em causa, mais de grande interesse para a racionalização das técnicas de manejo e conservação dos gramados. Da mesma forma, outras tantas conclusões já foram alcançadas, indicando a viabilidade técnica-econômica do sistema projetado inclusive, já tendo sido solicitado ao INPI o registro de Privilégio de Patente da Invenção do dispositivo criado para propiciar irrigação por gotejamento subterrâneo em áreas contínuas.

Presentemente, procura-se verificar, na Área Piloto, qual dos três espaçamentos ou arranjos adotado para os gotejadores, postos em competição, será capaz de propiciar ao gramado melhor aspecto paisagístico, bem como, faz-se uma aferição dos turnos de rega com base nos valores estabelecidos, teoricamente, por ocasião de elaboração do projeto.

Os resultados alcançados no último período de estiagem, na referida Área Piloto, foram considerados bastante satisfatórios, mostrando o efeito incontestado do sistema implantado sobre as parcelas gramadas, em contraste com as glebas vizinhas, não irrigadas, que se mantiveram extremamente ressequidas.

DOCUMENTO TECNICO 29

UTILIZAÇÃO DE PRINCÍPIOS E TÉCNICAS DO GOTEJAMENTO
NO DELINEAMENTO DE UMA METOLOGIA DE IRRIGAÇÃO
ADEQUADA ÀS REGIÕES SEMI-ÁRIDAS

Por: Eng. José Barrios Acuña (*)

(*) Especialista em Conservação e Manejo de Terras e Águas - IICA - Brasil.

José Barrios 1/

1. Os problemas da Região Semi-Árida do Brasil

A Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação, realizada em Nairobi, Kenia (29/8 - 9/9/77), classificou as regiões secas do mundo da seguinte forma: (Ref. 1)

Região	Relação Pluviometria/Evapotranspiração Penman
I. Zona hiperárida (desertos)	menor que 0,03
II. Zona árida (regiões secas, adequadas ao pastoreio nômade)	entre 0,03 e 0,020
III. Zona semi-árida (regiões de vegetação xerófila, adequadas ao pastoreio e ocasionalmente à agricultura de sequeiro)	entre 0,20 e 0,50
IV. Zona subúmida (regiões de matagais, adequadas à agricultura de sequeiro estacional)	entre 0,50 e 0,75

As regiões secas no caso do Brasil se agrupam no Nordeste (NE) do país, na forma de regiões semi-áridas e subúmidas,

A Região NE referida caracteriza-se por uma temporada de chuvas de 2 a 3 meses de duração, com precipitações curtas e intensas, cujos valores médios anuais variam entre 400 e 750 mm. Este regime pluviométrico apresenta oscilações cíclicas que resultam em períodos de 2 a 6 anos muito secos, a cada 13 anos, aproximadamente. Estas secas cíclicas fazem com que a precipitação, calculada com 75% de probabilidade de ocorrência, seja muito inferior aos valores médios já expostos. Em termos práticos e para fins de agricultura de sequeiro, poder-se-á contar somente com precipitações entre 60 e 400 mm anuais, segundo a localidade estudada. (Valores já calculados na forma referida).

A evapotranspiração calculada por Hargreaves na cidade de Juazeiro, Ba, (ref. 2) é de 2080mm anuais e a evaporação de tanque Classe A é de 2212 mm anuais, na mesma localidade, que pode considerar-se representativa da região semi-árida nordestina.

1/ Especialista em Conservação e Manejo da Terras e Águas - IICA/BRASIL

Os solos desta região estão fortemente influenciados pelo material original e pelo clima. Desta forma, o planalto interior apresenta, principalmente, solos brunos não cálcicos, regossolos e litossolos derivados de rochas cristalinas pré-cambrianas (granitos, gnaisses, quartzitos). Na faixa intermediária entre o planalto interior e a costa encontram-se latossolos vermelho-amarelos distróficos, vertissolos, solos bruno não cálcicos e areias de quartzo. Na faixa litorânea encontram-se solos aluviais eutróficos, melânicos (orgânicos), halomórficos, vertissolos e areias distróficas.

A formação vegetal característica do NE semi-árido é denominada "caatinga" e aparece representada, em forma esquemática, na Fig. 1, tomada de "Tipos e Aspectos do Brasil", Fundação IBGE 1970. (Ref. 3).

A população dos nove Estados que compõem a Região Nordeste (Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia) alcança, segundo a projeção oficial de 1978, 35 milhões de pessoas, dos quais cerca de 18 milhões vivem na zona rural semi-árida, onde se dedicam, principalmente, a atividades agrícolas, com rendimentos muito baixos, indicados a seguir (valores do Estado do Rio Grande do Norte para 1978) (Ref. 4).

Algodão herbáceo	331 kg/ha	em caroço (em rama)
Algodão arbóreo	178 kg/ha	em caroço (em rama)
Feijão	287 kg/ha	
Milho	360 kg/ha	
Sisal	436 kg/ha	Fibra seca
Mandioca	8328 kg/ha	

O rebanho bovino do Nordeste alcança 34 milhões de cabeças (1975) com uma densidade aproximada de 21 cabeças para cada 100 ha. Contrariamente ao que se poderia pensar, o rebanho caprino só alcança 817.389 cabeças.

Do ponto de vista da estrutura agrária (Ver Quadro Nº 1), a Região Nordeste se caracteriza por um grande número de propriedades de menos de 10 ha, que somam 1.651.325 estabelecimentos e ocupam 4.321.691 ha, o que representa 5,4% da superfície ocupada pelo total dos estabelecimentos recenseados em 1975. (Ref.4).

Estas pequenas propriedades são importantes sob o ponto de vista da produção de alimentos e da absorção de mão-de-obra. Assim, o Censo Agropecuário de 1970 estabeleceu que as propriedades de menos de 20 ha produzem, no Nordeste, 82% de mandioca, 79% de arroz, 74% de milho e 70% de feijão. Por outro lado, segundo cálculos da SUPLAN (1977), elas dão ocupação a 4.377.000 pessoas que, por sua vez, representam 48,5% do total da força de trabalho ocupada em trabalhos agrícolas no Nordeste.

QUADRO Nº 1

ESTRUTURA DA EXPLORAÇÃO AGROPECUÁRIA DO PAÍS E DO NORDESTE, SEGUNDO IBGE. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL 1978

	Total no Brasil 1	Total no N.E. 2	% 2/1	Número de Estabelecimentos com menos de 10 ha no N.E. 3	% 3/2
Número de estabelecimentos recenseados, segundo a propriedade da terra 1/	5.007.169	2.361.047	47,1	1.651.325	69,9
Área ocupada pelos estabelecimentos recenseados 1/	322.621.000	79.780.768	24,7	4.321.691	5,4
Pessoas ocupadas na agricultura nos estabelecimentos recenseados 1/	21.054.199	9.009.160	42,7	4.377.000	48,5

1/ Inclusive estabelecimentos sem declaração de área

2/ Dados calculados pela SUPLAN (1967)

Do exposto, pode-se concluir que os problemas do Nordeste são de natureza sócio-econômica e se apresentam em um meio físico semi-árido, pouco adequado para sustentar a população rural existente.

A agricultura deste meio semi-árido apresenta duas situações: na primeira, em épocas de chuvas normais funciona o sistema de produção típico da região, baseado em culturas de ciclo vegetativo curto (feijão de corda, mandioca, milho), associadas às vezes com culturas semipermanentes arbustivas, que podem ficar em semilatência nos meses secos, retomando sua atividade com a chegada das chuvas do ano seguinte (algodão arbóreo e sisal). Os rendimentos deste sistema de produção são os indicados anteriormente e seu aumento está basicamente condicionado a alguma forma de irrigação, uma das quais este trabalho tentará delinear.

A segunda situação ocorre em época de secas, onde a produção desaparece e com ela a fonte de alimentação (feijão, milho, mandioca) do camponês e também sua fonte de renda (algodão, sisal), sendo assim obrigado a abandonar sua terra e procurar os centros urbanos, em busca de condições de subsistência.

2. Idéias Básicas para Orientar o Delineamento de uma Metodologia de Irrigação para as Condições Sócio-Econômicas e Físicas das Regiões Semi-Áridas

2.1. Objetivo

O propósito natural da maioria dos métodos de irrigação é alcançar a máxima produtividade, para o que é preciso dispor livremente de água e insumos necessários, bem como da tecnologia e da capacidade do agricultor para aplicá-la.

Quando um recurso natural é limitado, restringe-se a aptidão da terra para as atividades agropecuárias, o mesmo ocorrendo com a potencialidade de sustentação do homem do campo. No entanto, quando acontece - como no Nordeste - que estas terras de potencialidade limitada estão já habitadas por uma população rural significativa, será necessário recorrer a outras fontes de recursos como a mineração, a indústria, o extrativismo, o artesanato e, ao mesmo tempo, adequar as tecnologias agrícolas às condições sócio-econômicas e naturais da região. Neste caso, a metodologia de irrigação que se tenta delinear deve ter um custo inicial o mais baixo possível, utilizar um mínimo de água, ser fácil de instalar e operar e sua aplicação no campo deverá se traduzir em aumento da produtividade, que embora limitada, seja economicamente viável.

2.2. Bases teóricas utilizadas

2.2.1. Irrigação localizada

Como sabemos, a irrigação individual do volume de solo ocupado pelas raízes das plantas não provoca diminuição e sim aumento dos rendimentos das culturas, desde que seja feita uma fertilização adequada e sejam aplicadas práticas culturais apropriadas.

2.2.2. Efeito do déficit de umidade ao longo do ciclo fenológico das culturas

Em cada cultura existem períodos do seu ciclo vegetativo nos quais a deficiência de umidade no solo significa acentuada diminuição dos rendimentos da mesma.

No caso do feijão, Magalhães, Millar e Choudhury (Ref. 5), experimentando o cultivar IPA 7419, com ciclo vegetativo de 82 dias, descobrem em Petrolina, PE que a deficiência de umidade no solo entre a pré-floração e a frutificação (22º ao 50º dia) significa diminuição de até 37% no rendimento. A deficiência de umidade antes ou depois do período referido não significou diminuição de rendimento de mais de 10% (Ver Fig. Nº 2, tomada da Ref. acima indicada).

Segundo Otto C. Wilke, da Estação Experimental do Texas, Lubbock, Texas (Ref. 6), no ocidente deste Estado os cultivadores de algodão dispõem de uma quantidade de água muito limitada e podem irrigar o algodão uma só vez na temporada. Segundo o mesmo autor, uma irrigação de 50 a 75 mm de lâmina aplicada em plena florescência do algodão produz aumentos de 225 até 340 kg/ha de algodão em caroço.

No caso do milho, segundo Robins J. S. et alli (Ref. 7), uma deficiência de umidade antes do aparecimento da inflorescência masculina (pendão) significa a redução de tamanho da planta, não tendo efeito significativo na produtividade, desde que seja aplicada uma irrigação imediatamente antes da formação do pendão e se mantenha a umidade no solo até o término da polinização. Evitando-se assim, o ressecamento do polen, que provoca, por sua vez a formação de grãos em somente uma parte da espiga e, conseqüentemente, um significativo corte no rendimento. No período da formação dos grãos, o milho tolera deficiências de umidade no solo e, finalmente, na maturação dos grãos não é necessária a irrigação.

2.2.3. Volume da água a ser aplicado

Como é natural, a experiência deverá ser realizada em solos que apresentem profundidade e capacidade de retenção de umidade compatíveis com o espírito da experiência. A seleção destes solos deverá ser feita por exame pedológico in loco e por determinação da curva de retenção da umidade para cada horizonte penetrável pelas raízes das culturas.

O volume de água ser aplicado deverá ser suficiente para molhar um volume de terra de área superficial mínima, porém de profundidade não inferior à máxima que possam alcançar as raízes das culturas da região.

2.3. Particularidades que deverá ter a metodologia de irrigação procurada

- Deverá utilizar um volume mínimo de água, proveniente principalmente de pequenos açudes que, em muitos casos, constituem uma reserva de água potável para pessoas e animais.

- O custo de aquisição, instalação, operação e manutenção do método deve ser mínimo e em harmonia com a superfície que normalmente cultiva um pequeno agricultor não ultrapassando 1 ou 2 ha do sistema de produção antes referido.
- Os elementos que compõem o método deverão ser – se possível – leves, portáteis, suscetíveis de serem guardados e conservados em lugar seguro, quando não estejam sendo utilizados e fabricados localmente, com elementos produzidos na região.
- Sua operação deve ser simples e fácil de ser realizada por pessoa não familiarizada com a irrigação.

3. Sugestões para o Delineamento e Experimentação de Métodos de Irrigação que se ajustem aos Parâmetros Descritos

- A localização da irrigação deverá supor o transporte da água sem desperdício, desde a fonte até a zona de raízes de cada planta, para isto, poderá ser utilizado um tubo de distribuição lateral flexível deslocável ao longo da tubulação secundária, de comprimento compatível com a superfície a ser irrigada; e provido de saídas de água espaçadas uma da outra, de acordo com a distância entre as fileiras das plantas.
- A redução ao mínimo do volume de água a ser aplicado poderá ser obtida irrigando-se somente uma ou duas vezes a cultura, durante o período fenológico crítico, o qual, se não for conhecido, deverá ser determinado experimentalmente.
- O volume de água a ser aplicado em cada irrigação será o máximo possível de ser armazenado no volume do solo explorado pelas raízes.
- O tempo de aplicação do volume de água referido será o mínimo compatível com a velocidade de infiltração do solo e com a estrutura de contenção superficial adotada.
- O custo de aquisição, instalação, operação e manutenção dos elementos que fazem parte do método de irrigação poderá ser significativamente reduzido utilizando-se um número de tubos laterais de distribuição, que será determinado em função da superfície a ser irrigada, do tempo necessário para completar a irrigação em uma posição do tubo lateral e do número de dias em que se deve completar a irrigação de toda a superfície plantada. Os laterais serão portáteis e adequados a serem conectados facilmente às diversas saídas de um tubo principal de distribuição que poderá ser fixo, de PVC ou formado por manilhas de concreto de pequeno diâmetro.
- O dimensionamento de todos os elementos que compõem o método poderá ser feito experimentalmente, podendo-se obter para isto a colaboração do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) ou utilizar elementos patenteados existentes no comércio.

4. Exemplo de um Projeto de Irrigação Limitada

Problema - Delinear um sistema de irrigação limitada para pequenas propriedades do Município de Cruzeta, no Estado do Rio Grande do Norte, dedicadas ao sistema de produção consorciado de algodão arbóreo, milho e feijão.

4.1. Climatologia

Mês	Pp. média (mm)	Pp. com 75% de probabi- lidade (mm)	ETP (mm)	Irrigação necessária (mm)
J	45	3	178	175
F	90	22	155	133
M	146	76	139	63
A	127	48	122	74
M	58	18	116	98
J	25	4	117	113
J	12	0	121	121
A	3	0	142	142
S	2	0	162	162
O	3	0	187	187
N	8	0	181	181
D	18	0	192	192
	537	171	1812	1641

Fonte: George Hargreaves. Precipitation Dependability and Potentials for Agricultural Production in Northeast Brazil. Utah State University. Logan Utah. U.S.A. 1974.

4.2. Solos

Segundo o Serviço de Levantamento e Conservação de Solos da EMBRAPA, (Ref. 8), os solos predominantes neste Município são os Brunos não cálcicos, fase pedregosa. A vegetação é a caatinga hiper-xerófila e o relevo, o suave ondulado.

A Unidade de Mapeamento NC 1 a ser considerada neste caso pertence a este grupo e apresenta as características que seguem:

Horizonte	Profundidade	Textura	Umidade Equivalente U.E.%	Lâmina que pode ser armazenada
A 11	0 - 20	Franco areosa cascalhenta	18	29,01 mm
A 12	20 - 33	Franca, cascalhenta	20	20,95
II Bt.	33 - 40	Argila com cascalho	26	14,66
II C	40 - 50	Franco argilosa	26	20,95
Total	50 cm			85,57 mm

A lâmina de água, expressa em mm, que pode ser retida por um centímetro de profundidade de cada horizonte, foi calculada pela relação seguinte:

$$h \text{ (mm)} = 00806 \cdot \text{Umidade Equivalente}$$

Esta equação foi determinada com base nos equivalentes que seguem, citados por Daker (Ref. 9), Capacidade de Campo = 1,30 U.E.; Umidade de Murchamento = 0,68 U.E.; Densidade Aparente = 1,30 (valor médio para cálculos aproximados). e permite estimar a capacidade de retenção de água do perfil de solo em função da Umidade Equivalente, em ausência da curva de tensão de umidade.

4.3. Cálculo das necessidades de água em função do espaçamento da cultura e da capacidade de armazenamento de água no solo

Utilizando-se o espaçamento de 2 metros entre fileiras e 1 metro entre pés de algodão arbóreo e admitindo-se uma superfície a ser irrigada de 1 m^2 em torno de cada pé de algodão (Fig. Nº3), serão irrigados somente 50% da superfície cultivada. Aplicando-se uma lâmina de água de 85,57 mm, em cada bacia, ou seja, 85,57 litros de água por pé de algodão, em cada irrigação, o volume total de água consumido será de 428 m³ por ha para uma irrigação.

Esta, se repetida a cada 25 dias, mais ou menos, complementarás as chuvas dos meses de março, abril e maio e manterás, nesses meses, condições adequadas para melhorar o rendimento do sistema de produção.

4.4. Delineamento do método de irrigação

A água será distribuída por gravidade, a partir de um açude e de um tanque de compensação, por meio de uma tubulação de manilhas de barro ou cimento, com 10 cm de diâmetro interno, que se estenderás ao longo do terreno a ser irrigado. Esta tubulação principal poderás alimentar tubulações secundárias que por sua vez, estarás providas de tomadas de água feitas com tubos plásticos ou metálicos de 25 mm de diâmetro a cada 2 metros, ou seja, em frente a cada fileira de árvores. Em cada saída da tubulação secundária será conectado um tubo lateral flexível de polietileno de 50 metros de comprimento, dotado de saídas irrigadoras (emissores) a cada metro. Utilizando-se uma mesma saída do tubo secundário, poder-se-ás irrigar uma faixa de terreno de 50 metros de cada lado da tubulação principal; para isto, bastará mudar de posição o tubo lateral para a fileira do lado oposto.

4.4.1. Dimensionamento do sistema

Utilizando-se um módulo de superfície 50m X 100m, ou seja, 0,5 ha., com o espaçamento descrito em 4,3. e aceitando-se que a irrigação do mesmo deva ser terminada em 25 dias, é conveniente dispor de um tubo lateral de 50 metros por cada módulo, que ficando 12 horas em cada posição complete a irrigação em 25 dias.

Conhecendo-se o tempo utilizado em cada posição do tubo lateral, determinar-se-ás a vazão de cada emissor, que será $85,57/12=7,13$ litros/hora. Esta vazão, se aplicada em uma bacia de 1 m^2 , produz uma intensidade de irrigação de 7,13 mm/hora, que mais ou menos coincide com a velocidade de infiltração de solos de textura franco argilosa.

A vazão total do lateral será $7,13 \times 50 = 356$ l/hora ou seja, aproximadamente 0,1 l/seg.

A seleção preliminar do diâmetro do lateral poderá ser feita com base no nomograma da fórmula de Hazen e Williams (Ref. 10 e Fig. N^o4), que neste caso permite selecionar 5 diâmetros alternativos para uma vazão de 0,1 l/seg e um comprimento do tubo plástico de 50 m:

Diâmetro do lateral em mm	Pressão necessária em m de altura de água
12	4,50
13	3,30
15	1,70
20	0,37
25	0,13

Se for selecionado o diâmetro de 15 mm, a pressão no início do lateral deverá ser 1,70 de altura de água. A esta pressão deve ser acrescentada a pressão necessária para produzir a vazão de 7,13 l/hora em cada emissor, que embora seja simples de ser calculada para cada emissor; será aconselhável determiná-la experimentalmente, considerando-se em conjunto o lateral com todos os seus emissores.

Para ter uma aproximação da pressão necessária (h) para produzir uma vazão (Q) de 7,13 l/hora num emissor de orifício; poderá ser utilizada a equação de escoamento por orifício em parede delgada e descarga livre que se segue (Ref. 11).

$$Q = 2,12 d^2 h^{1/2}$$

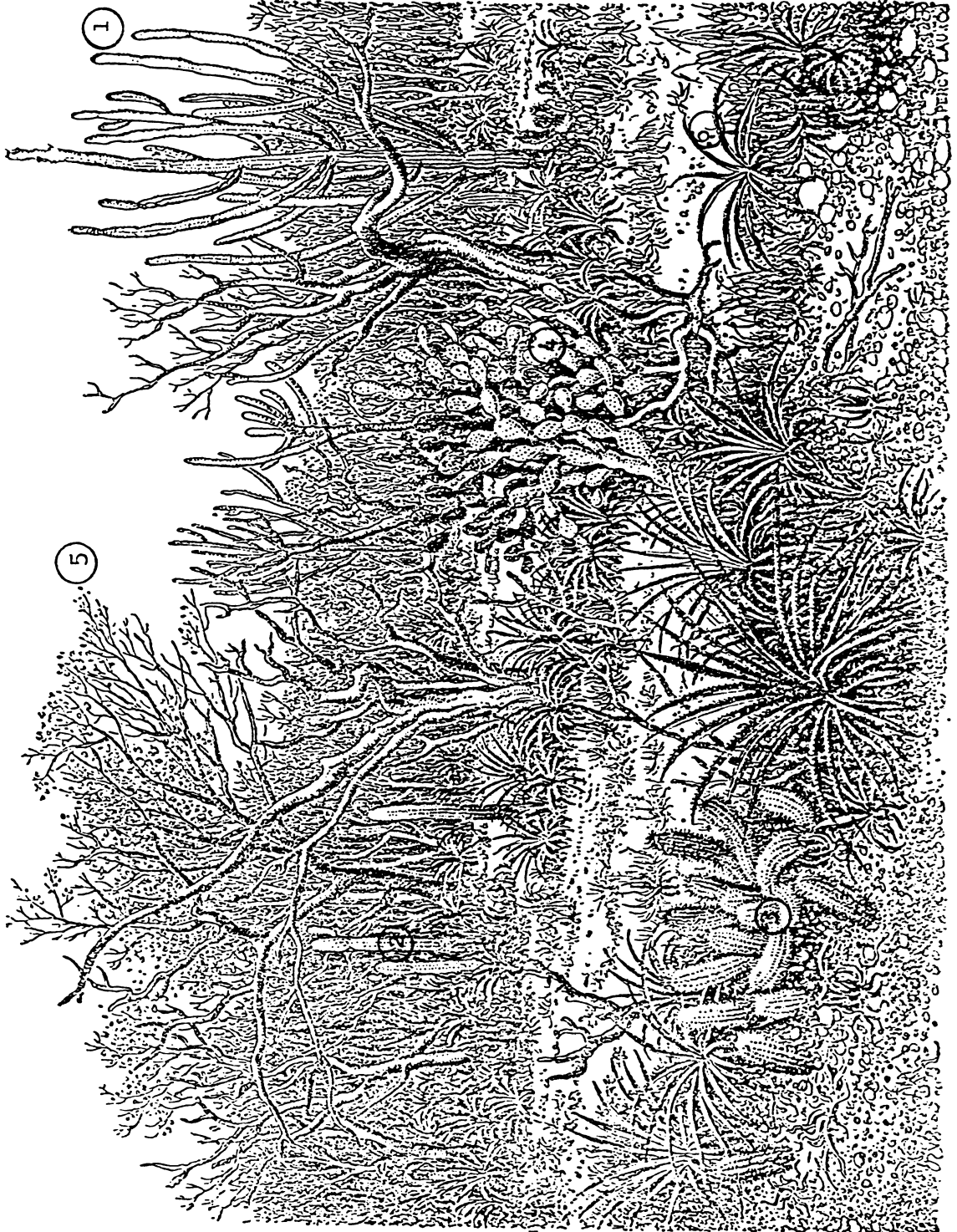
Para um orifício de 3 mm de diâmetro e expressando Q em m³/seg e d em metros, temos:

$$h = \left(\frac{Q}{2,12 d^2} \right)^2 = \left(\frac{19 \times 10^{-7}}{2,12 \times 9 \times 10^{-6}} \right)^2 = 0,99m$$

4.4.2. Custo estimado do sistema proposto

	Cr\$
• 1 tanque de pressão (feito de tubos de concreto de 1 m de diametro)	5.000,00
• 300 m de tubulação de distribuição de PVC de 50 mm	1.500,00
• 100 saídas de PVC de 12 1/2 mm	1.000,00
• 200 m de tubo flexível de 12 1/2 mm ..	6.000,00
• 400 emissores	2.000,00
• Custo de instalação	2.000,00
	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/>
	17.500,00
Custo por ha	8.750,00

Taxa de cambio: US\$1.00 = Cr\$ 30,00 aproximadamente (1/10/79)



1. MANDACARU
(Cactus)
Cereus mandacaru

2. FACHEIROS
(Cactus)
Cereus squamosus

3. XIQUE-XIQUE
(Cactus)
Pilocereus setosus

4. PALMA OU PALMATORIA
(Opunta)

5. JUAZEIRO
(Arbol)
Zizyplus Juazeiro

6. MACAMBIRA
(Bromelia-
cea)

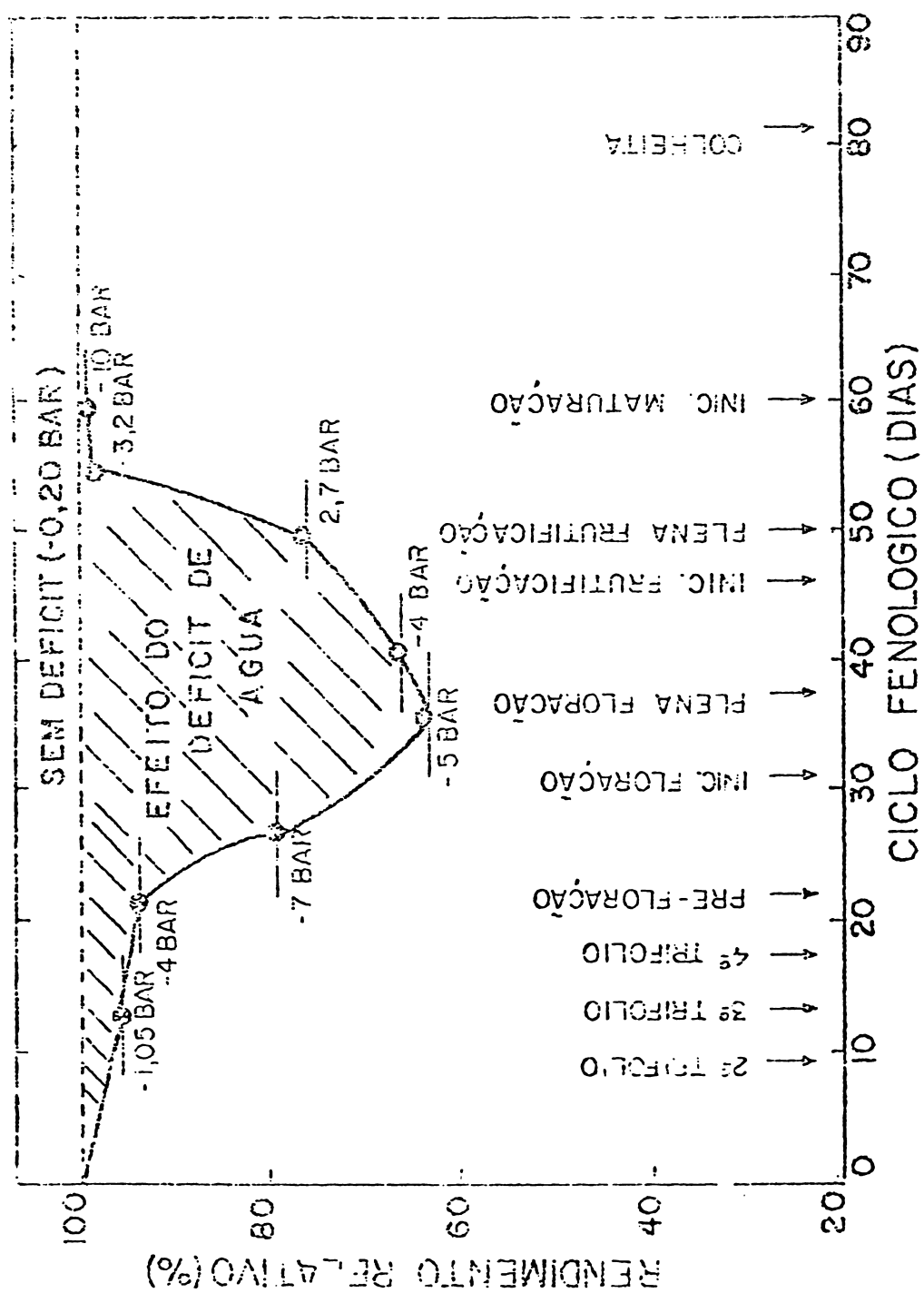


Figura 2. Rendimento relativo de feijão em função do ciclo fenológico (Rf, 5)

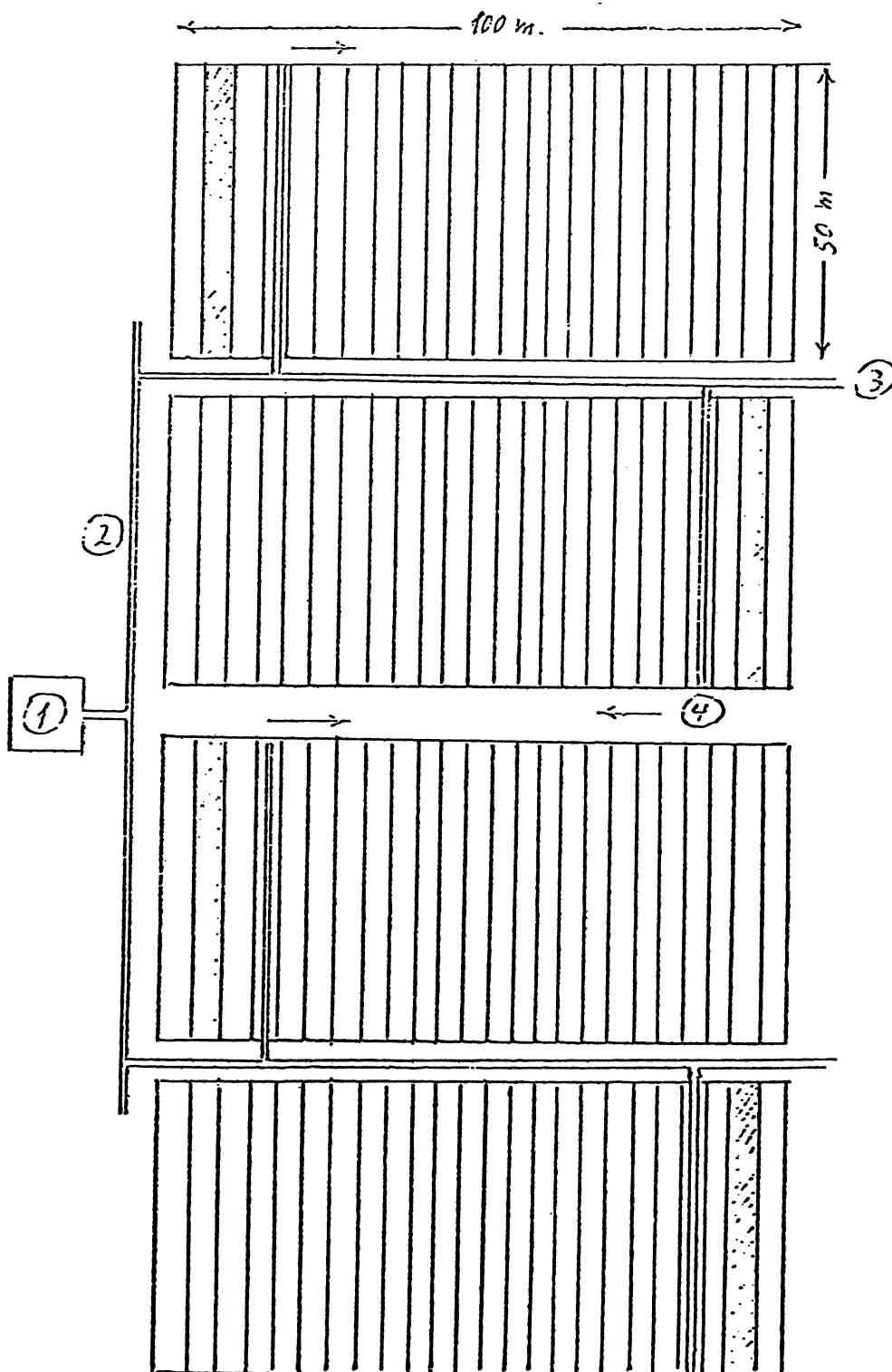


Fig. Nº 3 - Esquema de irrigação limitada para algodão arbóreo no Nordeste Semi-Arido

1. Tanque de compensação para 3 metros de altura de água constante
2. Tubulação principal de concreto ou de manilhas de barro de 10 cm de diâmetro.
3. Tubulação secundária de concreto ou barro, com saídas de 25mm a cada 2 metros.
4. Mangueira plástica lateral deslocável de 50m de comprimento, com emissores a cada 1 metro

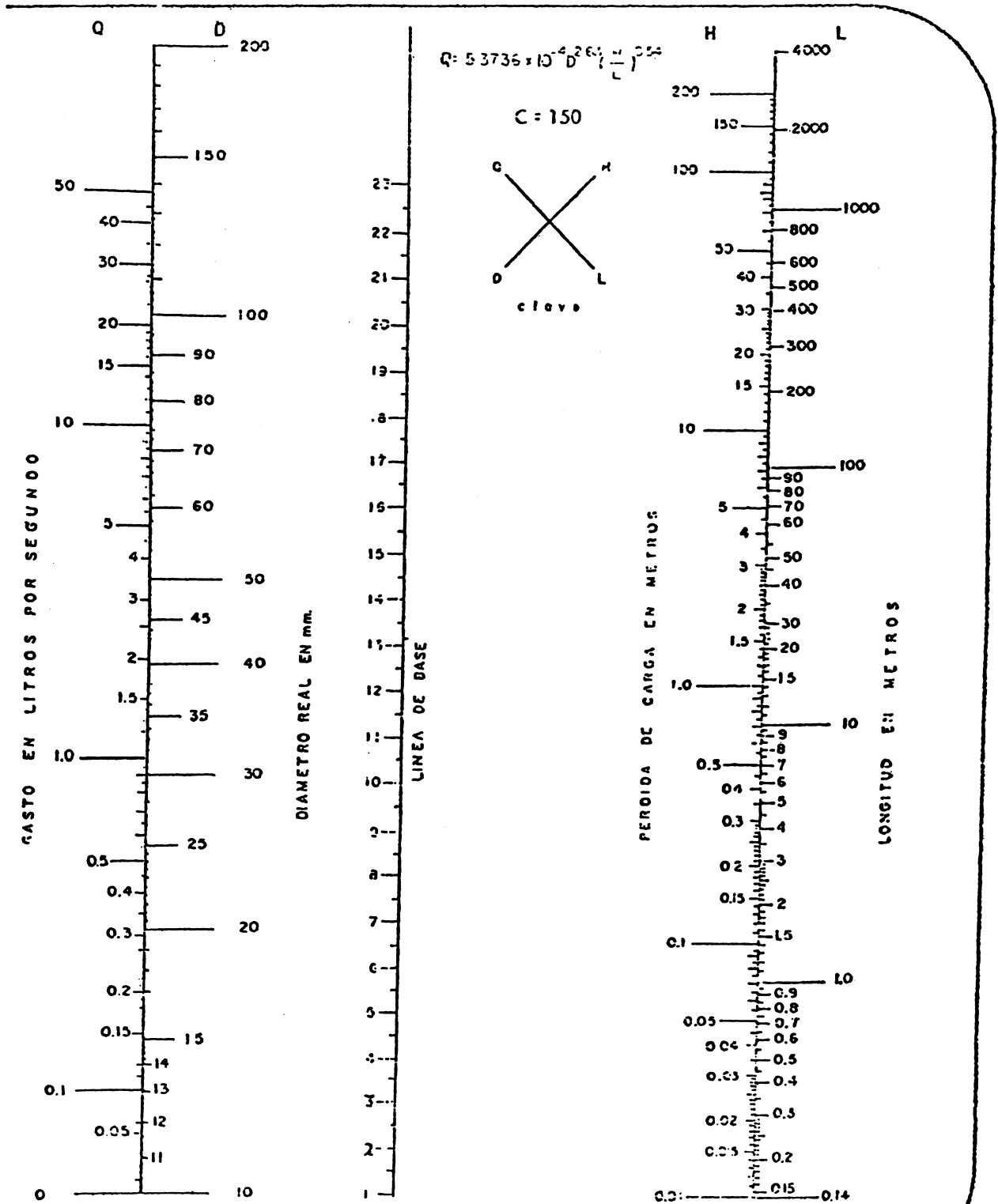


Fig. 4 NOMOGRAMA DE LA FORMULA DE H.&W. PARA TUBERIA POLYDUCTO PVC.

BIBLIOGRAFIA

1. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desertificación. Mapa Mundial de la Desertificación. FAO. UNESCO. Nairobi, Kenya. 1977.
2. George H. Hargreaves. Precipitation Dependability and Potentials for Agricultural Production in Northeast Brazil. Utah State University. Logon, Utah. U.S.A. September 1974. 123 p. il.
3. Fundação IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia. Tipos e aspectos do Brasil. Excertos da Revista Brasileira de Geografia. 9ª Edição Aumentada. 494 p. il. Rio de Janeiro. 1970.
4. Secretaria de Planejamento da Presidência da República. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Anuário Estatístico do Brasil. 1978. 897 p. il. Rio de Janeiro. 1978.
5. Magalhães A.A., Millar A, Choudhury E.N. Efeito do Déficit Fenológico de água sobre a produção de feijão. Centro de Pesquisa Agropecuário do Trópico Semi-Árido. EMBRAPA. Petrolina, PE. 1978. Mimeografado.
6. Wilke O.C. Mobile Drip Irrigation Systems. Texas Agricultural Experiment Station. Lubbock Texas U.S.A. In: Proceedings Second International Drip Irrigation Congress. San Diego California U.S.A. July 7-14, 1974. pg. 188-192.
7. Robins, J. S. et al. Grain and fields crops. In: HAGAN, R. M.; EDMINSTER, T. W., ed. Irrigation of agricultural lands. 1957. section 10, p. 622-39. (Agronomy, 11).
8. Serviço de Levantamento e Conservação de Solos. EMBRAPA. Divisão de Agrolologia. DRN-SUDENE. Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Norte. Boletim Técnico Nº 21. 531 p. il. Recife. 1971.
9. Alberto Daker. A Água na Agricultura. Volume III. Irrigação e Drenagem. 3ª edição. Livraria Freitas Bastos. Rio de Janeiro, 1970.
10. Zambrana Peñaloza e Maza Alvarez. Secuela de cálculo para riego por goteo In: 8º Congreso Internacional de Riego y Drenaje. Varna, Bulgária. Mayo 1972 Vol. I Nº 3.
11. Samuel Trueba Coronel. Hidráulica. 2ª edição. 430 p. il. Norgis Editores S.A. México, DF.

DOCUMENTO TECNICO 30

METODOLOGIA PARA LA EVALUACION INTEGRAL
DEL RIEGO POR GOTEO

Por: Ing. Delso Añez Reverol (*)

(*) Profesor de Riego, Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia (LUZ)

METODOLOGIA PARA LA EVALUACION INTEGRAL
DEL RIEGO POR GOTEO

Por el Ing. Delso Añez R.

1. INTRODUCCION

Más de la mitad de las tierras del mundo corresponde a áreas áridas y semiáridas, con precipitaciones anuales por debajo de los 500 mm. Esto limita su potencial productivo a una cosecha por año de un cultivo de ciclo corto; y normalmente a ninguna si no se cuenta con riego.

En un alto porcentaje de esas tierras sus recursos hídricos-superficiales y subterráneos-son escasos y costosos. Esto obliga a seleccionar cultivos altamente rentables consecuentes con los altos costos, y dar una ganancia razonable.

El riego por goteo, por su alta eficiencia, aparece como una buena alternativa en esas áreas con cultivos altamente remunerativos y fuente de agua limitada.

A favor del riego por goteo destaca su alta eficiencia; permite usar aguas con altos niveles de salinidad; permite la fertirrigación; disminuye la incidencia de plagas, enfermedades y malezas, y facilita su control; no requiere terrenos nivelados y puede ser automatizado.

En contra, está su alta inversión inicial (de 10.000 a 30.000 Bs/Ha); baja vida útil del sistema, peligro de obstrucción; limita el desarrollo radicular de los cultivos; riesgo de asfixia de algunos sistemas radiculares en suelos pesados; y el requerimiento de mano de obra calificada.

Numerosos experimentos en Israel, Australia y California, dan un balance a favor del riego por goteo por economía en el uso del agua, cantidad de fertilizante aplicado y rendimientos, en comparación con los sistemas de surcos y aspersión, para cultivos como vid, tomate, pepino y coliflor.

En Venezuela aparece en 1970, teniendo poca aceptación porque los primeros sistemas no se ajustan a nuestras condiciones.

En el Estado Zulia, específicamente en Maracaibo y sus alrededores -subsector semiárido- se dan condiciones favorables al cultivo de frutales y hortalizas, así como el riego por goteo; se tiene un clima semiárido con precipitaciones anuales de 400 a 700 mm; alta evaporación, cerca de los 3.000 mm., anuales; suelos muy delicados que no permiten nivelación y difi-

cultan el riego por superficie; escasez de recursos hídricos, la única fuentes son pozos perforados de moderado rendimiento; cercanía a importantes centros de consumo y buenas vías de comunicación. Añez, D. 1977, reporta una serie de inconvenientes para el riego por goteo que constituyen una situación muy problemática. Entre las principales fallas detectadas cita: Sistemas funcionando fuera de las especificaciones de diseño; instalaciones mal diseñadas; defectos de instalación; sistemas funcionando incompletos, manejo inadecuado del método; aplicación deficitaria de agua a los cultivos; gran insatisfacción por parte del comprador; rendimientos de cultivos menores que los regados por surcos; precios de los sistemas excesivamente altos. Esta problemática ha motivado al autor para la realización del presente trabajo.

En síntesis, este estudio tiene los siguientes objetivos:

Proponer una metodología que permita evaluar integralmente tanto

técnica: a) Uso de la información básica para el proyecto

b) Diseño del método

c) Instalación del sistema

d) Operación y mantenimiento

como económicamente: Relación beneficios totales sobre costos operacionales totales de la explotación, cualquier sistema de riego instalado para establecer la naturaleza y grado de las fallas, y proponer en consecuencia correctivos inmediatos, si ya se conocen las soluciones o la creación de nuevas líneas de investigación en ese campo si los problemas no han sido resueltos aún.

2. METODOLOGIA PROPUESTA

El esquema que se propone consiste en establecer la información requerida para evaluar integralmente un sistema de riego por goteo, señalándose las pruebas de campo y de laboratorio que deben realizarse, indicándose la manera de obtener cada informe o de ejecutar cada prueba y resaltando la importancia de cada dato en la detección de fallas y en la fijación de los parámetros de diseño, operación y mantenimiento del sistema, para reproducir lo más fielmente posible lo que está ocurriendo en cada sistema evaluado.

La información requerida es de diferente naturaleza:

- 1) Básica, que abarca los aspectos: recursos hídricos disponibles; características edafotécnicas, del cultivo; climáticos, topográficos, mecanización y nivel técnico del propietario.
- 2) Relativa al sistema de riego, que comprende: tipo de sistema, trazado de la red; características del gotero; distribución de presiones, distribución de caudales, bulbos de humedecimientos y otros componentes.
- 3) Sobre la operación y mantenimiento del sistema. Incluye tipo de control; horas laborables; intervalos entre riegos, tiempo de riego; número de subunidades, caudal del sistema; cronograma de riego; frecuencia de limpieza de los filtros y determinación de fugas y obstrucciones.

- 4) Económica, que involucra las inversiones, los costos operacionales y los beneficios derivados de la explotación.

Antes de continuar, conviene aclarar que esta ponencia es parte de un trabajo que presentó el autor en Enero de 1979, para optar por un ascenso en el escalafón de la Universidad donde labora, y que por lo tanto, en provecho de la síntesis, muchos de los datos requeridos para la evaluación no serán tratados con el detalle en que fueron abordados en el trabajo original, centrándose la discusión a los aspectos más relevantes ligados con el riego por goteo.

2.1. Recolección de la información básica:

Es común para casi todos los métodos de riego. Para lograrla puede recurrirse a diferentes medios, tales como estudios e informes del área de estudio, cultivo o método de irrigación; anuarios estadísticos o climáticos; visitas al sistema, entrevistas; pruebas de campo y/o laboratorio.

Esta información es requisito para el proyecto del sistema, de manera que debería existir a la hora de evaluarlo. Sin embargo, normalmente no es así, ya que los diseños son realizados por casas comerciales sin la suficiente información básica o suponiendo gran parte de ella.

2.1.1. Recursos hídricos disponibles

2.1.1.1. Tipo de fuente de agua:

El agua puede ser suministrada bien por ríos de flujo permanente, pozos perforados o artesianos; pequeñas presas de almacenamiento o por la red de distribución (canal o tubería) de un sistema oficial.

El monto de la inversión, la cantidad y calidad del agua; la frecuencia de la disponibilidad y la necesidad de almacenaje dependen del tipo de fuente.

Las relaciones entre la fuente de agua y las variables señaladas son particulares para cada caso y resulta difícil hacer generalizaciones. No obstante, puede decirse que normalmente la inversión es menor cuando se trata de un río de flujo permanente que cuando se depende de pozos perforados, pozos hechos a mano o pequeñas presas. Algunas cifras señaladas por Añez D., 1977; Añez D. y J. Neuman, 1978, ilustran lo anteriormente dicho. Para río con bomba centrífuga y motor disel reportan 500 Bs/Ha; para pozos perforados de buen rendimiento (40 lps; 110 m de profundidad; 10 pulgadas de diámetro), con bomba de turbina y motor disel; 5000 Bs/Ha; para pozos perforados de moderado rendimiento (15 lps, 150 m de profundidad, 10 pulgadas de diámetro) con motobomba sumergible: 13000 Bs/Ha; para pozos artesianos (1 lps; 1,20 m de diámetro; 40 m de profundidad) con bomba sumergible o de doble tubería: 15000 Bs/Ha; para pequeñas presas (800 mil m³; 4 meses de verano): 12000 Bs/Ha. En los sistemas oficiales el Estado construye la obra y fija una tarifa por el servicio. Sin embargo, en países latinoamericanos, donde los sistemas son concebidos en función social o de reforma agraria estas cuotas no se cobran o las fijan muy por debajo de lo real ("cuotas simbólicas") para estimular el uso del agua. En cuanto a la calidad física (sólidos en suspensión) suele ser mejor cuando el agua es de pozos que si se trata de río o de presa. En la

calidad química (elementos salinos, sódicos y corrosivos o incrustantes) suele ocurrir lo contrario. Sobre la disponibilidad ésta puede ser continua o intermitente y en el riego por goteo es deseable que sea continua. Puede lograrse cuando se trata de pozos perforados o artesianos privados; pequeñas presas; cuando se capta de un río con suficiente caudal de estiaje sin necesidad de establecer turnos y en el caso de sistemas oficiales que tengan entregas por caudal continuo o por demanda libre.

En cambio es intermitente cuando se turna el uso del río o cuando se trata de sistemas oficiales con entregas por tandas o por demanda controlada.

La necesidad de almacenaje, depende de la frecuencia de la disponibilidad y de las horas laborables. Con disponibilidad continua y laborando sólo una porción del día, es necesario almacenar. Con disponibilidad intermitente se presentan dos situaciones: a) que la suplencia sea igual al tiempo laborable en riego: en cuyo caso no se almacena; b) que la suplencia sea mayor o menor que las horas laborables: se debe almacenar.

2.1.1.2. Caudal

El conocimiento del caudal disponible es muy importante para establecer el área regable. La ecuación 2.1. cuantifica la relación

$$Q_d = \frac{1000 S_R I_{dn}}{36 (H_L - H_m) (I_R - D_d) E_{fR}} \quad (2.1)$$

donde;

- Q_d Es el caudal disponible o suministrado por la fuente, expresado en lps.
- S_R Es la superficie regable en hectáreas
- I_{dn} Es la lámina neta en cm.
- H_L Son las horas brutas diarias laborables. $H_L \leq 24$ hr/día
- H_m Son las horas diarias no efectivas desde el punto de vista del riego, empleados en prender y apagar la bomba, etc.
- I_R Es el intervalo entre riegos en días
- D_d Son los días de descanso del sistema dentro del intervalo entre riegos; $0 \leq D_d < I_R$
- E_{fR} Es la eficiencia total de riego, expresada en decimal
- 1000 y 36 son constantes de conversión de unidades.

Los componentes del denominador de la ecuación 2.1.

se pueden expresar así:

$$H_R = H_L - H_m$$

$$D_R = I_R - D_d$$

En los que:

H_R son las horas netas diarias de riego

D_R son los días netos de riego dentro del I_R

Si se sustituyen las ecuaciones (2.2) y (2.3) en (2.1) resultan las expresiones matemáticas (2.4) y (2.5).

$$Q_d = \frac{1000 S_R I_{dn}}{36 H_R D_R E_{fR}} \quad (2.4)$$

$$S_R = \frac{36 Q_d H_R D_R E_{fR}}{1000 I_{dn}} \quad (2.5)$$

Se observa que para un caudal dado, la superficie regable aumentará a medida que aumentan las horas diarias netas de riego; los días de riego y la eficiencia total del sistema; y disminuye la lámina neta.

Para determinar el caudal unitario, que (lps/Ha) puede sustituirse en la ecuación 2.4. S_R por 1 Ha; I_{dn} por la transpiración, T , cm/día y D_R por 1 día. Así resulta:

$$q_u = \frac{1000 T}{36 H_R E_{fR}} \quad (2.6)$$

La forma de medir los caudales disponibles depende de la naturaleza de la fuente de agua. Existe una gran cantidad de métodos que en este trabajo no van a ser incluidos.

De los tipos de fuentes utilizables para el riego por goteo, los más comunes son los pozos perforados o artesianos, tal vez por emplearse este sistema en zonas áridas y semiáridas, con pocas probabilidades de corrientes y escurrimientos superficiales. En estos casos, dada la alta inversión que representa la fuente (desde 5000 hasta 15000 Bs/Ha) importa explotar el pozo hasta el óptimo económico.

En el Estado Zulia hay un inconveniente en el aforo de los pozos, por el hecho de que las empresas utilizan compresores que producen flujos intermitentes. Normalmente el caudal resulta menor que si

se hubiera utilizado una bomba. Por otro lado, las empresas sólo suministran un par de datos que representan un punto de la curva de caudal-abatimiento, valores condicionados por el tipo y tamaño del compresor que se utilice.

2.1.1.3. Calidad

Se define de acuerdo a la naturaleza y concentración de impurezas. Estas cambian constantemente en forma natural o por contaminación.

Antes de establecer cualquier sistema de riego, es necesario investigar la calidad física y química del agua disponible, ya que el uso de aguas no aptas puede generar graves problemas en la conservación del suelo (salinización y/o sodificación), en las plantas (toxicidad y deficiencias nutricionales), en las redes de conducción y en las bombas (corrosión o incrustación), en los dispositivos de aplicación del agua (obstrucción); y en la operación y mantenimiento del sistema (complica la operación e incrementa el mantenimiento), lo cual se traduce en rendimientos disminuidos del cultivo y en la elevación de los costos.

La calidad física se refiere a los sólidos en suspensión ya sean inorgánicos u orgánicos presentes en el agua. En riego por goteo conocer la concentración de estos sólidos es importante para el establecimiento de los tanques sedimentadores y la selección de los tipos y número de filtros.

La concentración se expresa en volumen o en peso, y se define como el volumen o el peso de sedimentos en suspensión que existe en un determinado volumen o peso de agua. Así, se tiene:

$$C_V = \frac{V_{SS}}{V_A} \times 1000 \quad (2.7)$$

$$C_P = \frac{P_{SS}}{P_A} \times 1000 \quad (2.8)$$

donde;

C_V y C_P son las concentraciones de sedimentos en suspensión en base a volumen y peso, respectivamente, expresado en %.

V_{SS} y P_{SS} son los volúmenes y pesos de los sedimentos suspendidos de la muestra tomada.

V_A y P_A son el volumen y el peso de la muestra analizada

En el Estado Zulia se encuentran con frecuencia pozos perforados con un inadecuado diseño del prefiltro de grava, con gran producción de sedimentos inorgánicos en suspensión, representando un grave inconveniente ya que la arena produce abrasión en los impulsores de la bomba, aparte de que obliga a construir tanques sedimentadores.

La calidad química del agua se establece con la determinación de aniones, cationes, PH y conductividad eléctrica de varias muestras representativas de la fuente, considerando siempre el efecto perjudicial que pueda ocasionar a los cultivos, al suelo y al sistema de riego.

En cuanto a los sistemas de clasificación química de las aguas en Venezuela normalmente se utilizan tres:

1) Sistema Americano (1948), basado en la peligrosidad salina medida a través de la conductividad eléctrica; y la peligrosidad sódica juzgada por medio de la relación adsorción de sodio.

2) Sistema utilizado por la División de Planeamiento de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas (1967); el cual establece 3 clases de aguas para riego en base a la conductividad eléctrica, la Relación adsorción de Sodio, concentración de Boro, Carbonato de Sodio Residual y Potencial de Salinidad.

3) Sistema Racional de Pla Sentis y Dappo (1974); utiliza valores de requerimientos de lixiviación para el control de sales totales, sodio y otros iones calculados, considerando posibilidades de precipitación de ciertas sales en el suelo, para calificar el agua de riego; permite una apreciación más objetiva y cuantitativa de sus posibilidades de uso. Define los límites permisibles de sales conforme a la tolerancia de los cultivos y los límites permisibles de sodio (expresado como RAS) de acuerdo a las características físicas y mineralógicas, así como las propiedades hidrológicas del suelo.

En el Estado Zulia, los problemas más frecuentes, derivados de la calidad química de las aguas son: corrosión, precipitados insolubles de hierro y depósitos de sales que frecuentemente destruyen prematuramente los impulsores de las bombas y las tuberías metálicas y obstruyen los emisores.

2.1.1.4. Frecuencia de la disponibilidad

Muchos sistemas privados de riego por goteo utilizan pozos como fuente de suministro, garantizándose una disponibilidad continua, lo que puede resultar ventajoso si se combina con largos horarios de riego, de manera que las horas laborables netas ($H_L - H_m = H_R$) se igualen a las horas de suministro (H_S); y se utilizan para el riego el mayor número de días dentro del intervalo entre aplicaciones (I_R), esto es que D_R/I_R tiende a 1,00. Así se evita la construcción del reservorio y los diámetros de las redes de distribución y aplicación resultan menores.

Cuando los días de riego (D_R) vienen dados por el intervalo entre aplicaciones (I_R) la superficie que debe regarse diariamente (S_d) es la mínima. Por otro lado, si los horarios de riego son prolongados ($H_L = 24$ hr/día) se podrá realizar un número máximo de turnos diarios (N_m), lo que trae como resultado que la superficie a regar en cada turno (S_t) sea mínima, con lo cual el caudal a aplicar (q_t) será mínimo también y por ende los diámetros de las redes de distribución y aplicación. Matemáticamente lo anteriormente anunciado puede expresarse así:

$$S_d = \frac{S_R}{D_R} = \frac{S_R}{I_R} \quad (2.9)$$

$$N_t = \frac{H_L - H_m}{I_t} \quad (2.10)$$

$$S_t = \frac{S_d}{N_t} \quad (2.11)$$

$$q_t = \frac{S_t I_d}{I_t} \quad (2.12)$$

$$d = K q_t m \quad (2.13)$$

donde;

I_t Es el tiempo necesario para suplirle al suelo la lámina bruta.

I_d Es la lámina bruta, es decir la lámina que se debe aplicar al suelo para reponer la evapotranspiración más las pérdidas ocurridas en el sistema.

d Es el diámetro del conducto.

K Es un valor que depende de la longitud del conducto, de la pérdida de carga permisible y del tipo de ecuación que se use para calcular las pérdidas por fricción.

De las ecuaciones (2.9), (2.10), (2.11), (2.12) y (2.13) se deriva lo siguiente; para un S_d dado, S_t disminuye al aumentar D_R , alcanzando su mínimo valor cuando $D_R = 1$; N_t crece al crecer H_L ; si H_R e I_t son constantes, siendo N_t máximo cuando $H_L = 24$ hr/día; S_t será mínimo ya que depende de un S_d mínimo y de un N_t máximo; q_t será mínimo si I_d es constante; y d será también el menor porque depende de un q_t que es mínimo.

El riego continuo exige operación automatizada, si se opera manualmente existen grandes dificultades para conseguir personal que labore durante las noches.

En los alrededores de Maracaibo, la mayoría de los sistemas por goteo sólo riegan durante el día y operan manualmente. Esto incrementa los costos de inversión pero facilita el manejo, control y mantenimiento.

2.1.1.5. Necesidad de almacenaje

El almacenaje es necesario si se desea regar el máximo hectareaje posible con un suministro continuo o intermitente, regando sólo una fracción de las horas diarias de suministro, H_S , ($H_S = 0,25$ Hs. ó $0,33$ Hs ó $0,50$ Hs, ó $0,67$ Hs, ó $0,75$ Hs). También cuando se suministran grandes caudales con reducidos horarios de entrega (H_S menor que H_R ó D_S mucho menor que I_R , donde D_S son los días de suplencia dentro de la I_R), debido a que el almacenaje permite aumentar los turnos totales de riego, T_t , ($T_t = N_t D_R$), lo cual se traduce en un diseño más económico.

Cuando se dispone de suministro continuo y se riega sólo una fracción del día, se subutiliza el recurso agua ya que la superficie regable se reduce conforme disminuye el horario de riego. Esto se observa en la ecuación (2.5.).

$$S_R = \frac{36 Q_d H_R I_i E_{fR}}{1000 I_{dn}}$$

En este caso, de no poderse aumentar H_R , es recomendable almacenar, para incrementar el Q_d y compensar con el aumento de caudal el bajo horario de riego, a fin de regar la máxima superficie posible.

El volumen de agua a almacenar, se calcula con la siguiente ecuación.

$$V_a = 3,6 Q_d (H_S - H_R) \quad (2.14)$$

donde;

expresado en m^3

H_S en lps.

24 hr.

V_a es el volumen de agua que se debe almacenar,

Q_d es el caudal disponible de la fuente durante

H_S son las horas diarias de suministro: $H_R \leq H_S \leq$

H_R son las horas diarias netas de riego.

El volumen del reservorio, V'_R , puede calcularse aumentándole un 20% al V_a , así:

$$V'_R = 1,20 V_a \quad (2.15)$$

El caudal utilizable con almacenamiento, Q_a , se puede calcular a través de la siguiente expresión matemática:

$$Q_a = Q_d + \frac{V_a}{3,6 H_R} \quad (2.16)$$

En la cual Q_a y Q_d se expresan en lps; V_a en m^3 y H_R en horas.

Con el almacenamiento se logra el máximo aprovechamiento del pozo y se riega la máxima superficie, pero el diseño del sistema sale más costoso porque los caudales que circulan por las tuberías y los diámetros de las mismas son mayores.

Los fruticultores de Maracaibo a pesar de disponer de una fuente de agua continua (pozos), utilizan los reservorios. Los motivos son los siguientes:

1) Dificultad para regar de noche con operación manual.

2) Las altas concentraciones de hierro que poseen las aguas del acuífero de Maracaibo. Al descargar el agua de los pozos a los almacenes, aquella se airea, precipitando el hierro en forma de hidróxido férrico, reduciendo los problemas de obstrucción de goteros.

3) Usan los reservorios como desarenadores.

4) Mayor comodidad para el chequeo del sistema

2.1.2. Características físico-químicas del suelo

2.1.2.1. Características edafotécnicas del perfil

2.1.2.1.1. Retención de humedad

La capacidad para almacenar agua se determina con la olla de presión. Se deducen los valores de capacidad de campo y marchitez permanente.

2.1.2.1.2. Densidad aparente

Uno de los métodos de campo más utilizados es el del muestreador de Uhlund. La densidad aparente del suelo interesa por varios motivos:

1) Para calcular la lámina útil del suelo, d_u .

$$d_u = \frac{(W_c - W_m) D_a P_r}{100} \quad (2.17)$$

donde;

d_u es la lámina útil del suelo, en las mismas unidades que la profundidad radical del cultivo, P_r .

D_a es la densidad aparente expresada en gr/cm^3

W_c y W_m son los contenidos gravimétricos de humedad del suelo a capacidad de campo y marchitez permanente, respectivamente.

2) Para el cálculo del volumen total de poros del suelo, (% P).

$$\% P = 100 \left(1,0 - \frac{D_a}{D_r} \right) \quad (2.18)$$

donde; D_r es la densidad de la partícula de suelo, o densidad real. Generalmente se usa un $D_r = 2,65$.

3) A partir del % P, llamado también contenido volumétrico a saturación, θ_s , se puede calcular la porosidad drenable, P_d , o contenido volumétrico de aire en el suelo a capacidad de campo, así;

$$P_d = \theta_s - \theta_c \quad (2.19)$$

$$\theta_c = W_c \cdot D_a \quad (2.20)$$

donde: θ_c es el contenido volumétrico de humedad en el suelo a capacidad de campo.

2.1.2.1.3. Velocidad de infiltración

Aunque existen varios métodos de campo para su determinación, generalmente se emplea el de infiltrómetro de cilindros.

Se usa para escoger los goteros, cuya rata de aplicación debe ser menor que la infiltración básica del suelo.

2.1.2.1.4. Otras características del suelo

Aquí se incluyen la textura, estructura, profundidad efectiva del suelo, ubicación del nivel freático, presencia de horizontes compactados en el perfil o rocosos y/o pedregosos. Estas características se establecen con la descripción de la calicata y con el análisis de rutina del laboratorio.

2.1.2.2. Características químicas del suelo. Determinadas en el Laboratorio

2.1.2.2.1. pH del suelo; su valor está relacionado con la disponibilidad de nutrientes para la planta.

2.1.2.2.2. Salinidad y sodicidad del suelo; sus valores indican los cultivos que pueden desarrollarse. Además permiten calcular la lámina de lixiviación de sales.

2.1.2.2.3. Capacidad de intercambio y bases cambiables; es un indicador de la fertilidad del suelo.

2.1.2.2.4. Carbono orgánico, materia orgánica y nitrógeno total. Relación carbono nitrógeno; permite interpretar la calidad y cantidad de nutrientes provenientes de la materia orgánica disponibles para el cultivo.

2.1.2.2.5. Fósforo y Potasio del suelo; su interpretación permite decidir sobre el grado de fertilización.

2.1.3. Cultivo

2.1.3.1. Ciclo del cultivo

Definir si es permanente o de ciclo corto, así como su distancia de siembra, elementos vinculados con la inversión en la red y los dispositivos de aplicación. Como ejemplo tenemos un sistema por goteo en Maracaibo para vid sembrada a 3 m x 3 m., requiere inversiones entre 10.000 y 15.000 Bs/Ha., mientras que hortalizas con poco espaciamiento entre hileras puede llegar a los 30.000 Bs/Ha., y para el mango con distancias de 8 m x 8 m fluctúa entre 8.000 y 10.000 Bs/Ha.

2.1.3.2. Patrón de enraizamiento

Es necesario conocer la distribución del sistema radical de la planta en profundidad y expansión lateral, en las condiciones de suelo y clima del sitio por los siguientes motivos:

1) la profundidad radicular se necesita para calcular la lámina útil del suelo. La profundidad conjuntamente con la expansión lateral permite determinar el volumen de agua que puede ser almacenado en el volumen de suelo explorado por las raíces.

2) Sirve para la selección de la distribución y número de laterales y goteros, a fin de garantizar el porcentaje de área humedecida.

2.1.3.3. Porcentaje de área humedecida, (P)

Relación porcentual entre el área humedecida y el área total de influencia de cada planta. Se mide directamente en el campo. Aún cuando no ha sido establecida experimentalmente el área mínima humedecida para los diferentes cultivos, Keller y Karmeli, 1975 proponen un gráfico hipotético que relaciona la producción relativa V/P , para zonas con diferentes regímenes pluviométricos; para plantas muy espaciadas (frutales) se recomienda un valor de P entre 20 y 33% según que las lluvias sean abundantes o escasas. Para cultivos hortícolas los valores de P son mucho mayores.

El valor de P se necesita, en riego por goteo, para calcular la lámina útil del suelo, d_u

$$d_u = \frac{(\theta_c - \theta_m) P_r P}{100} \quad (2.21)$$

donde: θ_c y θ_m son los contenidos volumétricos del suelo a capacidad de campo y marchitez permanente, respectivamente.

2.1.3.4. Umbral de riego, (U_r)

Porcentaje de agotamiento del agua útil del suelo permitido antes de realizar un nuevo riego. Depende del suelo, cultivo y clima. Varía entre el 30% (plantas sensibles a los bajos niveles de humedad, climas exigentes, suelos livianos) y el 70% para el caso contrario.

Puede determinarse por tres caminos: con la regla de protección; con el concepto de potencial crítico y utilizando expresiones matemáticas obtenidas a través de la combinación del modelo agrofísico de evapotranspiración máxima con relaciones empíricas de datos de evaporación del tanque estándar tipo A, la evapotranspiración de la planta y el potencial hídrico del suelo.

El conocimiento del umbral de riego es importante porque permite determinar la lámina neta, I_{dn} , a aplicarse en cada riego, a su vez relacionada con el tiempo de riego y el intervalo entre aplicaciones. Así:

$$I_{dn} = \frac{U_r (\theta_c - \theta_m) P_r P}{100} \quad (2.22)$$

2.1.3.5. Porcentaje de sombramiento (P_s)

Relación porcentual entre el área de sombra del cultivo cuando el sol está en su cenit, A_s y el área total de influencia de cada planta. Matemáticamente se expresa:

$$P_s = \frac{100 A_s}{S_H S_P} \quad (2.23)$$

donde: S_H , S_P son las separaciones entre hileras de plantas, y plantas de la hilera, respectivamente.

El P_s se determina por medición directa, se aconseja medir entre las 12 del mediodía y la 1 de la tarde. Debe anotarse: especie, variedad, edad, fase de ciclo, altura y proyección de la capa del cultivo; separación entre plantas e hileras, haciéndose un número tal de repeticiones que den validez estadística y que represente el P_s promedio de cada subunidad de riego por goteo.

El P_s se utiliza en el cálculo de la transpiración del cultivo, T , así:

$$T = EVT_P \frac{P_s}{85} \quad (2.24)$$

donde: EVT_P es la evapotranspiración potencial del cultivo, calculada en base a la tina estandar tipo A, o en base a datos climáticos.

85 es una constante debida al efecto de reflexión de la radiación que recibe el área desnuda entre las hileras y las plantas.

Es bueno aclarar que la ecuación 2.24 propuesta por Keller y Karmeli, 1975 requiere más investigación.

Deben determinarse varios valores de P_s a lo largo del ciclo, de cada cultivo para poder construir una gráfica que relacione P_s con el tiempo de desarrollo. Esto importa en la operación, pues los tiempos de aplicación y/o el número de goteros por planta van a ir variando con el desarrollo del cultivo. Lógicamente el diseño se hará en base a la situación más crítica (máximo valor de transpiración)

2.1.3.6. Parte cosechable

Es importante para definir el manejo del riego durante la cosecha.

2.1.3.7. Período crítico

Dentro del ciclo de todos los cultivos hay fases donde los déficits de humedad son particularmente dañinos. Importa para tomar las precauciones por fallas en el sistema, efecto de altas concentraciones salinas en cuanto al intervalo de riego, etc.

2.1.3.8. Porosidad drenable

La mayoría de los cultivos comerciales no bajan sus

rendimientos cuando la porosidad drenable es mayor del 10%. Sin embargo, hay plantas muy sensibles a la falta de oxígeno a niveles inferiores al 15%, como la remolacha.

La porosidad drenable es particularmente relevante en suelos pesados, donde debido a los reducidos intervalos entre aplicaciones (usualmente menos de 3 días) y la baja velocidad de percolación del agua, los niveles de humedad van a fluctuar entre saturación y capacidad de campo, pudiendo provocar asfixia y pudrición radicular.

2.1.3.9. Resistencia de los cultivos a la salinidad

Cuando el agua y/o suelo contienen altas concentraciones de sales, importa conocer la resistencia de las plantas a la salinidad, para establecer intervalo de riegos y lámina de lixiviación de sales.

2.1.4. Clima

Es imprescindible el conocimiento de los elementos que caracterizan el clima del área en cuestión, ya que influyen en los siguientes aspectos:

- 1) Aporte de lluvias y exigencias evaporativas de la atmósfera, que junto con el poder de retención de humedad del suelo y el cultivo, permiten realizar un balance hídrico, que informa sobre necesidades de riego en magnitud y oportunidad, relacionado con las horas anuales de funcionamiento del sistema y los costos de producción.
- 2) Permiten la selección de las épocas de siembra y cosecha, más adecuadas.
- 3) Posibilidad de lavado de sales del suelo con las precipitaciones.
- 4) Estimación del consumo de agua por las plantas.
- 5) Necesidad de obras de evacuación de excedentes de agua.
- 6) Intervienen en el cálculo de algunos parámetros de diseño, operación y mantenimiento del sistema.
- 7) Posibilidad de brotes de enfermedades fungosas, caídas de flores, frutos y plantas por exceso de viento, etc.

Los elementos climáticos más importantes son: la precipitación, evaporación, velocidad del viento, temperatura, humedad relativa y fracción de insolación.

Las condiciones climáticas están íntimamente relacionadas al intervalo entre riegos, I_R .

$$I_R = \frac{I_{dn}}{T} \quad (2.25)$$

2.1.5. Topografía

Para la evaluación de un sistema de riego por goteo, es necesario disponer de la información topográfica del área de estudio.

Debido a que normalmente los proyectos corresponden a pequeñas áreas se usan escalas para el plano de conjunto de 1:1000 a 1:500; el intervalo de curvas de nivel varía con la pendiente fluctuando entre 10 cm para menores de 1% hasta 100 cm para mayores del 10%.

En el plano de conjunto, deben aparecer ubicados todos los elementos de interés del área en cuestión. Si se trata de una evaluación, debe contener ubicación de la fuente de agua, número y dimensión de las subunidades de riego, trazado de las redes de tuberías (aducción, principal, subprincipal, múltiples y laterales), vialidad interna, sede, etc.

2.1.6. Mecanización y automatización agrícola

El diseño, la instalación y la operación de un sistema de riego por goteo está íntimamente ligado al grado de mecanización y automatización agrícola del mismo, lo que se refleja en la conservación de los recursos suelo y agua, en el cultivo; y en las inversiones y costos operacionales del complejo productivo.

2.1.7. Propietario

Su nivel técnico, preferencias, grado de respeto a las técnicas, la importancia que da a su propiedad, su disponibilidad financiera, etc., son determinantes en el tipo de diseño y en la realización de las modificaciones que sugiera la evaluación.

En Maracaibo, con frecuencia, existen propietarios que hacen cambios en el sistema inconsultamente, sin ningún criterio técnico. Así: agregan tramos de redes sin ningún cálculo hidráulico; cambian los parámetros de riego; niegan la información; eliminan elementos de control (reguladores de presión) y de detección de fallas (manómetros); construyen almacenes de agua sin consulta y le restan importancia al mantenimiento.

2.2. Recolección de la información relacionada con el sistema de riego.

Constituye una de las fases de mayor importancia dentro del proceso de evaluación integral. Abarca los dos aspectos siguientes:

- 1) Inventario de los componentes del sistema sobre equipos, especificaciones, funcionamiento, así como los criterios de diseño adoptados, parámetros de riego, operación y mantenimiento del complejo.
- 2) Un conjunto de pruebas, necesarias para juzgar el diseño y establecer con qué grado de aceptabilidad está funcionando el sistema de riego.

2.2.1. Tipos de sistemas

Los sistemas constan de tres grandes componentes: el cabezal de control, la red de conducción y la red de distribución-aplicación.

2.2.2. Disposición de los componentes de un sistema de riego por goteo

En la distribución de los componentes de un sistema, se reflejan las limitaciones de los recursos físicos, la intención de lograr alta eficiencia, la economía de inversión y la facilidad de operar y mantener el complejo.

2.2.2.1. Ubicación de la fuente de agua

La fuente puede estar fuera del área a regar, en el borde de la parcela o en el centro de ella. En el primer caso demanda una aducción hasta el sitio de riego. En el tercer caso facilita trazar redes que permitan dividir caudales y obtener unidades con alta uniformidad de aplicación y diámetro reducido de los conductos.

2.2.2.2. Ubicación del cabezal de control. Componentes.

Normalmente va colocado al lado de la fuente de agua. Consta de los siguientes elementos:

- 1) Fuente de energía.
- 2) Fertilizador: Incorporado o independiente.
- 3) Sistema de filtros
- 4) Medidores de presión
- 5) Válvulas métricas
- 6) Reguladores de presión
- 7) Accesorios

2.2.2.3. Número y dimensiones de las unidades

Las unidades y/o subunidades son el módulo fundamental de operación, cada unidad es una especie de pequeñísimo sistema, a cuya entrada se establecen los controles necesarios para garantizar una buena eficiencia de aplicación de agua a los cultivos.

El número y dimensiones de estos módulos son la parte donde el proyectista debe mostrar su capacidad para lograr el mejor diseño. Esto está vinculado al grado de automatización. El dimensionamiento y tamaño de lotes, con la operación establecida debe asegurar el mejor balance de los costos de funcionamiento y adquisición; gastos de manejo, eficiente uso del agua y control de la humedad del suelo.

El número de unidades, N_u , se puede calcular con la ecuación 2.26.

$$N_u = \frac{H_L I_R}{I_t} \quad (2.26)$$

donde: H_L son las horas diarias de funcionamiento del sistema

I_R es el intervalo entre riegos

I_t es el tiempo de riego

Para reducir las fluctuaciones de presión por topografía y los costos de la línea principal, es recomendable dividir cada unidad entre dos, hasta ocho subunidades, de forma que las múltiples y laterales sean más cortos y de menor diámetro, con parcelas de menor tamaño y mayor uniformidad de aplicación. El área de cada subunidad, A_S , se puede calcular por:

$$A_S = \frac{S_R}{f_u N_u} \quad (2.27)$$

donde: f_u es el número de partes en que va a dividirse cada unidad pudiendo variar desde 1 hasta 8.

Keller y Kameli, 1975, recomiendan las ecuaciones 2.28 y 2.29 para la obtención de las longitudes óptimas de laterales y múltiples.

$$L_L \approx K_L A_S \quad 0,45 \quad (2.28)$$

$$L_m \approx K_m A_S \quad 0,55 \quad (2.29)$$

donde: L_L y L_m son las longitudes óptimas de laterales y múltiples expresados en m

K_L y K_m son coeficientes que para los laterales pueden ser 1 ó 0,685; y para los múltiples 1 ó 0,73 para los casos de laterales a un solo lado de la múltiple o a ambos lados, respectivamente.

A_S es el área de la sub-unidad expresada en m²

Para la evaluación se deben tomar como muestra una de las subunidades con sus dimensiones y características para chequear luego su diseño y operación.

En Maracaibo se encuentran, con mucha frecuencia, proyectos elaborados por casas comerciales con número reducido de subunidades (baja uniformidad de aplicación); módulos de diferentes tamaños con los mismos diámetros de laterales y múltiples; un número de unidades no concordantes con el intervalo entre riegos y el tiempo de aplicación, es decir, que el número de turnos totales no coincide con el número de tablonnes, lo cual obliga a usar intervalos entre riegos variables o reducir el tiempo de aplicación.

2.2.2.4 Tuberías de aducción, principal y subprincipal. Naturaleza, trazado, longitud y diámetro.

Se prefieren los materiales plásticos y su diámetro debe ser escogido con un análisis económico, comparando costos fijos de las tuberías contra los costos de energía.

En Maracaibo, algunos viticultores utilizan el acero galvanizado como conducción, habiéndose detectado ya problemas de corrosión, desfoliación, contaminación y hasta perforación de las tuberías.

2.2.2.5. Tubería múltiple. Naturaleza, trazado, longitud y diámetro.

Llevar el agua de la red de conducción a los laterales o líneas regantes. Pueden ser de PVC flexible (deben ir enterradas) o manguera de polietileno de media o alta densidad (puede ir enterrada, sobre el suelo o elevada). Los diámetros van desde una pulgada en adelante, usándose con frecuencia 2 pulgadas. Es deseable que el trazado sea tal que la múltiple vaya en pendiente favorable.

2.2.2.6. Líneas regantes o laterales. Naturaleza, trazado, longitud y diámetro.

Sobre ellas están conectados los goteros. Normalmente se construyen de PVC flexible y polietileno de alta, media o baja densidad. Los regantes generalmente tienen diámetros que fluctúan entre 12 y 32 mm. Su trazado y longitud están ligados al tamaño de la propiedad. Debe tratarse siempre que las líneas laterales queden dispuestas sobre la curva de nivel.

2.2.3. Características del gotero

Constituye el "corazón" del sistema, y su selección representa quizás el paso más importante en cualquier diseño. La escogencia del gotero está vinculada a los datos físicos del área, localización, tipo de operación, diámetro del lateral y preferencias del usuario. Se considera un buen gotero aquel que cumple con las siguientes características:

1) Descarga baja, uniforme y constante (2 a 10 lph a 10 m de carga) que no varíe con pequeños cambios de presión.

2) Debe tener sección hidráulica suficiente para evitar obstrucción (usualmente es menor de 2 mm) por lo que su manufactura debe ser precisa.

3) Deben ser baratos y compactos. Su costo normalmente representa del 25 al 35% de la inversión total del sistema. Los de salidas múltiples, donde una hilera de goteros puede alimentar dos hileras de plantas, son los de menor costo,

En la evaluación, el gotero debe ser clasificado de acuerdo con el régimen de flujo, mecanismo disipador de presión, forma de conexión al lateral, forma de distribuir el agua, susceptibilidad a la obstrucción, características de limpieza, si poseen o no mecanismo regulador de presión, material de construcción y de acuerdo con el control de las descargas.

2.2.3.1. Relación presión-descarga del emisor

Los vendedores de equipos tienen la obligación de entregar al comprador una gráfica de la curva de calibración del gotero o una tabla con los valores de caudal y presión correspondiente, información que permite conocer las descargas del emisor dentro de un rango de presiones. La ecuación que relaciona esas dos variables es del tipo:

$$q_g = K_d H^x \quad (2.30)$$

donde: q_g es el caudal del gotero en lph

K_d es un coeficiente empírico de descarga del emisor

H es la presión del agua en el gotero

x es un exponente empírico que está ligado al régimen de flujo del líquido

Si para la evaluación no se cuenta con la curva o ecuación de calibración del emisor, debe construirse ésta tomando un número estadísticamente representativo de goteros nuevos que se someten a diferentes presiones recogiendo las descargas. Luego se aplica el método de los mínimos cuadrados para obtener x y K_d , así:

$$x = \frac{\sum \log H \log q_g - \frac{\sum \log H \sum \log q_g}{N_d}}{\sum (\log H)^2 - \frac{(\sum \log H)^2}{N_d}} \quad (2.31)$$

$$K_d = 10 \frac{\sum \log q_g - x \sum \log H}{N_d} \quad (2.32)$$

donde: N_d es el número de pares de datos de \bar{q}_g y \bar{H}

El valor de x está relacionado con el régimen de flujo. Vale 1.0 en goteros con flujo laminar; 0,5 flujo turbulento; de 0,0 a 0,5 en goteros con compensador de presión.

Es muy importante definir el valor del exponente x , porque está directamente relacionado con la pérdida de carga permisible en la unidad, H_S , en los laterales, ΔH_L , y en la múltiple ΔH_m es decir, en el cálculo de los diámetros de la red de distribución-aplicación (regantes y múltiples) así:

$$H_S = \left| (1,10)^{1/x} - 1 \right| H_g \quad (2.33)$$

$$\Delta H_L = 0,55 H_S \quad (2.34)$$

$$\Delta H_m = 0,45 H_S \quad (2.35)$$

donde: H_g es la presión promedio del gotero en el lateral a la cual se logra q_g

2.2.3.2. Coeficiente de manufactura (C_m)

Refleja las variaciones de descargas de los goteros sometidos a una misma presión debido a defectos de construcción o de vaciado del plástico en los moldes. Normalmente es suministrado por los fabricantes. En un buen emisor C_m es menor del 5%. Este coeficiente debe ser conocido en la fase de diseño del sistema, ya que interviene en el cálculo de la uniformidad de emisión y por lo tanto en la eficiencia de aplicación. Si no se conoce puede determinarse en el campo con el siguiente procedimiento:

- 1) Se toma un número de emisores adecuado estadísticamente (normalmente se usan muestras de 16 goteros) los cuales se someten a una presión constante.
- 2) Se miden los caudales (volumen sobre tiempo)
- 3) Se repite para otras presiones
- 4) Se mide la temperatura del líquido
- 5) Se aplican las ecuaciones 2.36 y 2.37

$$Q_r = \sqrt{\frac{(q_{ri} - q_{ra})^2}{N-1}} \quad (2.36)$$

$$C_m = \frac{r}{q_{ra}} \quad (2.37)$$

donde: r es la desviación estandar de los datos

N es el número de datos

q_{ri} son los caudales registrados

q_{ra} es el promedio de los caudales registrados

2.2.4. Distribución de presiones

La calidad del diseño de un sistema depende de la selección de goteros (q_g , H_g) y el dimensionamiento de una red de tubos (laterales y múltiples) en base a la curva de calibración del emisor para lograr una alta uniformidad de aplicación en la unidad (mayor del 90%).

2.2.4.1. Presión de diseño del gotero (H_g)

Se fija en base a su curva de calibración y a la descarga deseada. En la mayoría de los goteros el rango de presiones está entre 10 y 20 m; aunque existen algunos que trabajan con menos de 10 m. En la evaluación la presión del gotero se puede medir desconectándolo e insertando en la perforación un tubo Pitot adaptado a un manómetro. Este dato asociado al de descarga permite inferir sobre obstrucciones o deterioro del gotero.

Para seleccionar los emisores a ser evaluados se hace un muestreo representativo de la unidad. Consiste en escoger tanto en la múltiple como en los laterales cuatro puntos equi-espaciados. Así queda un lateral al inicio de la múltiple, uno a un tercio de su longitud total, uno a dos tercios y el último lateral; en los laterales seleccionados se procede con igual criterio para escoger los goteros a evaluar.

2.2.4.2. Presión en el lateral

Según Keller y Karmeli, 1975, los laterales se diseñan permitiendo una pérdida de carga, H_l , igual al 55% de la permisible en la unidad (ecuación 2.24) para lograr el diseño económico. En la evaluación aparte de la presión a los goteros seleccionados, se deben tomar medidas en la unión del lateral con la múltiple y en el extremo de los laterales escogidos.

2.2.4.3. Presión en la múltiple

El diseño más económico se garantiza seleccionando el diámetro o su combinación para una pérdida de carga igual al 45% de la permisible en la subunidad (ecuación 2.35).

Con las presiones medidas en los extremos de la múltiple y al inicio de los laterales seleccionados, se puede inferir sobre el diseño de la múltiple y los problemas de obstrucción.

2.2.4.4. Presión en la red de conducción.

Con las presiones medidas en las diferentes unidades a lo largo de la red de conducción se puede interpretar el diseño y detectar posibles problemas de taponamiento o de fugas.

2.2.4.5. Reserva de presión (R_p)

Cuando el agua tiene problemas de calidad y se prevén inconvenientes de taponamiento o simplemente de deterioro del gotero, se recomienda usar una reserva de presión, la cual puede ser fijada en un 20% de H_g , esto es $R_p = 0,20 H_g$.

2.2.4.6. Presión de la bomba. Carga dinámica total

La bomba que se seleccione debe ser capaz de suplir la carga dinámica total y el caudal de operación a una alta eficiencia. El manómetro colocado a la salida de la bomba informa sobre el grado en que

la bomba está satisfaciendo las necesidades de presión del sistema.

2.2.5. Distribución de caudales

La medición de descargas junto con las presiones de los goteros seleccionados, constituyen uno de los principales pilares de la evaluación integral, ya que así se puede calcular la uniformidad de cada unidad o subunidad, factor que controla todo el proyecto, ya que lo que idealmente se busca es que todas las plantas reciban la misma cantidad adecuada de agua.

La uniformidad de emisión, U_E , y la relación de transpiración R_T , permiten calcular la eficiencia de aplicación E_{fA} , definida como la relación porcentual entre cantidades de agua que las plantas transpiran o aprovechan, V_T , y el total aplicado, V_{ap} , esto es:

$$E_{fA} = \frac{100 V_T}{V_{ap}} \quad (2.38)$$

La eficiencia de aplicación está condicionada por el tipo de gotero (coeficiente de manufactura), C ; de la curva de calibración del emisor, $q_g = K_d H^x$; obstrucción de la regante por el "Pitongo" inserto del gotero y por la facilidad de taponamiento. Los elementos que permiten un control de E_{fA} , son eficiencia de filtrado, presión de operación del emisor y variación permitida en la unidad; grado de control del flujo o uso de reguladores de gastos a nivel de cada línea regante, o de reguladores de presión en cada módulo unitario o uso de goteros compensadores; corrección de las descargas por temperatura, tratamiento químico del agua para impedir la formación de depósitos de minerales; uso de filtros unitarios; incorporación de flujo monitorizado, disponer de reservas de presión y de tiempo.

$$E_{fA} = R_T U_E \quad (2.39)$$

La relación de transpiración se define como la cantidad que las plantas transpiran del total evapotranspirado, ésta es:

$$R_T = \frac{T}{U_c} \quad (2.40)$$

donde: T representa la temperatura de la planta

U_c es el uso consuntivo, formado por la cantidad de agua transpirada, la evaporada directamente del suelo, y la utilizada por la planta para formar sus propios tejidos.

La relación de transpiración depende del manejo del riego, de la lámina de lixiviación de sales y del clima. En zonas áridas, con manejo razonable la $R_T = 0,90$; y puede llegar a 0,95 con un excelente manejo. En condiciones húmedas R_T puede alcanzar fácilmente 1,00. El valor de R_T lo fija el proyectista cuando calcula el sistema.

La uniformidad de emisión puede ser simple o absoluta. En la primera sólo se consideran las descargas mínimas y las descargas medias de los goteros de la unidad. En la segunda se considera además las descargas máximas, bajo el criterio de que los cultivos pueden sufrir tanto por defecto como por exceso de humedad.

A nivel de diseño las uniformidades de emisión simple (U_E) y absoluta, U_{Ea} , de la subunidad se pueden calcular con las ecuaciones:

2.41; 2.42; 2.43 y 2.44.

$$U_{E(s)} = 100 \left(1,00 - \frac{1,27 C_m}{\sqrt{g}} \right) \left(\frac{q_m}{q_g} \right)_s \quad (2.41)$$

$$U_{Ea(s)} = 100 \left(1,00 - \frac{1,27 C_m}{\sqrt{g}} \right) \frac{1}{2} \left[\left(\frac{q_g}{q_M} \right)_s + \left(\frac{q_g}{q_M} \right)_s \right] \quad (2.42)$$

$$\frac{q_m}{q_g} = 1,0 - \frac{0,36x}{0,22x} \left[\frac{\Delta H_L + \Delta E_L + \Delta H_m + \Delta E_m}{H_g} \right] \quad (2.43)$$

$$\frac{q_M}{q_g} = 1,0 + \frac{0,56x}{0,58x} \left[\frac{\Delta H_L + \Delta E_L + \Delta H_m + \Delta E_m}{H_g} \right] \quad (2.44)$$

donde: g es el número de goteros por planta

$(q_m/q_g)_s$ es la relación de mínima descarga de la subunidad

$(q_M/q_g)_s$ es la relación de máxima descarga de la subunidad

En la evaluación del sistema, se deben determinar la $U_{E(s)}$ y $U_{Ea(s)}$, en condiciones de campo, con el siguiente procedimiento:

1) Se aforan los goteros seleccionados; cuando existen varios goteros por planta se miden independientemente, para saber cuáles están obstruidos e inferir sobre la calidad del agua, el grado de mantenimiento y la efectividad de los filtros.

2) Durante la medición se deben anotar las fugas, tanto entre la múltiple y el lateral como entre el lateral y los goteros seleccionados. Esto permite inferir sobre los materiales usados, sobre la instalación y mantenimiento del sistema.

3) Con esos datos se calculan las uniformidades de emisión simple y absoluta de las subunidades evaluadas, mediante las ecuaciones 2.45 y 2.46.

$$U_{E(s)} = \frac{100 \bar{q}_{25}}{\bar{q}_g} \quad (2.45)$$

$$U_{Ea(s)} = 100 (1/2) \left(\frac{\bar{q}_{25}}{\bar{q}_g} + \frac{\bar{q}_g}{\bar{q}_{12.5}} \right) \quad (2.46)$$

donde: \bar{q}_{25} es el promedio del 25% de los valores mínimos medidos

\bar{q}_g es el promedio de los caudales medidos

$\bar{q}_{12,5}$ es el promedio del 12,5% de los valores máximos medidos

4) Con las obstrucciones localizadas en los laterales seleccionados, se puede calcular el porcentaje de obstrucción (% O_b)

$$\% O_b = \frac{100 N_{ob}}{N_1} \quad (2.47)$$

donde: N_{ob} es el número de obstrucciones parciales o totales medidas o registradas

N_1 es el número de lecturas hechas, que abarca básicamente la unión del lateral con la múltiple y los goteros con el lateral

5) Con la uniformidad de emisión y la relación de transpiración se calcula la eficiencia de aplicación de cada subunidad, por la ecuación 2.39.

$$E_{fA} = R_T U_{E(s)}$$

6) conociendo la eficiencia de aplicación se puede calcular la lámina bruta, I_d

$$I_d = \frac{I_{dn}}{E_{fA}} \quad (2.48)$$

La distribución de caudales y presiones en cada módulo unitario, permite conocer cómo funciona el sistema en cuanto a la uniformidad de aplicación. Además se obtienen conclusiones sobre diseño, instalación y mantenimiento.

2.2.6. Bulbos de humedecimiento

Aún no ha sido establecida experimentalmente el área humedecida mínima en riego por goteo para los diferentes cultivos. Keller y Karmeli, 1975, presentan una curva hipotética que relaciona la producción relativa y el porcentaje de área humedecida con las precipitaciones del área. Según el gráfico los cultivos ampliamente espaciados necesitan alrededor de un 20% de área humedecida con altas precipitaciones y 33% si éstas son escasas.

Los trazados que se usan para garantizar determinada área humedecida son: lateral recto simple con goteros equiespaciados por hilera de plantas; doble lateral recto con emisores uniformemente espaciados por línea de plantas; y los goteros de salidas múltiples o varios goteros por planta alimentados por un lateral simple, por hileras de árboles.

Keller y Karmeli, 1975, dan una tabla para calcular el porcentaje de área humedecida para los trazados mencionados, tabla preparada para aplicaciones de 40 mm por ciclo en suelos homogéneos; en base a una ecuación que establece relación lineal entre área humedecida y volumen descargado por cada punto de emisión. Presenta combinaciones de caudal y textura que pudieran ocasionar escurrimiento superficial, tales como: suelos pesados con descargas de 8 y 12 lph por emisor, y suelos medios con caudales de 12 lph por gotero.

Añez D., 1979, propone un procedimiento basado en pruebas de crecimiento de bulbos para estimar el porcentaje de área humedecida, el cual comprende los siguientes pasos:

1) Seleccionar un área descubierta de las mismas condiciones texturales del terreno sembrado (si es evaluación) o a sembrar (si es diseño).

2) Tomar muestras del suelo del perfil para determinar el porcentaje de humedad en el momento de la prueba.

3) Colocar los goteros a la misma separación del campo y ponerlos a descargar el caudal de diseño. Si resulta difícil utilizar los emisores, por las instalaciones requeridas para darle la presión que garantice los caudales a probar, se puede simular la situación utilizando microtubos de polietileno de mediana densidad de 2 a 4 mm de diámetro con estrangulador de flujo. La presión se suministra con un tanque (tonel de 200 litros) manteniendo el agua al mismo nivel.

4) Se ponen a descargar los goteros o microtubos. Periódicamente se aforan y se leen los diámetros humedecidos.

5) Al día siguiente del ensayo, se hace un corte del bulbo y se mide su profundidad y forma.

Los diámetros humedecidos corregidos por humedad y los volúmenes aplicados correspondientes se plotean en un papel doble logarítmico obteniéndose una recta, cuya ecuación es del tipo

$$D_c = K V^m \quad (2.49)$$

donde: D_c es el diámetro promedio humedecido

K es el intercepto de la recta, cuando $V = 1$

V es el volumen aplicado por el emisor

m es la pendiente de la recta

Con la ecuación 2.49 se pueden obtener las ecuaciones 2.50 y 2.51, suponiendo que el área humedecida, A_h , por un gotero, es un círculo de diámetro D_c ; y que el área mojada, A_h , por todos los emisores de la planta es el número de goteros, n_g , multiplicado por el área humedecida por un emisor. Así:

$$A_h = \frac{\pi}{4} K^2 V^{2m} \quad (2.50)$$

$$A_m = n_g \frac{II K^2}{4} v^{2m} \quad (2.51)$$

El porcentaje de área humedecida, P, será por tanto:

$$P = \frac{100 A_m}{S_H S_P} \quad (2.52)$$

donde: S_H y S_P son las separaciones entre hileras y plantas respectivamente.

2.3. Recolección de la información relacionada con la operación y mantenimiento del sistema de riego.

2.3.1. Operación

Comprende el conjunto de actividades necesarias para entregar el agua a la parcela o unidad. Lo primero que debe definirse es si la operación es manual o automatizada. En esta última debe establecerse el grado de automatización. El cumplimiento de las etapas de la operación puede apoyarse un cronograma de actividades; el cual debe contener entre otras cosas, días de intervalo entre riegos, horas diarias laborales, tiempos de aplicación para cada unidad, número de unidades de cada turno, cantidad de agua a aplicar por riego y a cada unidad; y frecuencia de limpieza de filtros.

2.3.1.1. Tipos de control

Puede ser manual o automatizado. El primero comprende el control a mano de presiones y el manejo de las válvulas de paso. El control automatizado tiene varios grados, dependiendo de los métodos usados para abrir y cerrar las válvulas que controlan las subunidades.

En Maracaibo el control más difundido es el manual. Hay algunos casos de control semi-automatizado con válvulas métricas en el cabezal y válvulas de paso a nivel de cada subunidad.

2.3.1.2. Horas diarias laborales

La operación está íntimamente ligada a las horas diarias de riego; factor que influye sobre el número de turnos diarios que puedan darse, lo que incide en el costo del sistema.

El período anual de riego se determina con un balance hídrico (2.1.4). Las horas anuales de riego están relacionadas con los costos variables del riego: energía, mano de obra, reparaciones y repuestos. En la zona de estudio la mayoría de las granjas hacen riego diurno.

2.3.1.3. Intervalo y tiempo de riego

Dentro del intervalo de riego interesa conocer los días de riego, los efectivos desde el punto de vista de aplicación de agua.

El tiempo de riego se puede calcular a través de las siguientes ecuaciones:

$$I_t = \frac{V_g}{q_g} \quad (2.53)$$

$$V_g = \frac{V_R}{n_g} \quad (2.54)$$

$$V_R = S_H S_P I_d K_c \quad (2.55)$$

$$n_g = \left[\frac{P(S_H S_P)^{1-2m}}{K_1 (I_d K_c)^{2m}} \right] \frac{1}{1-2m} \quad (2.56)$$

donde: I_t es el tiempo de riego

V_g es el volumen de agua aplicado por un emisor en un tiempo I_t

K_c es un coeficiente que depende del área de influencia de cada planta. Si es menor de 12 m² vale 1; si fluctúa entre 12 y 30 m², el K_c oscila entre 0,85 y 0,75; y para áreas de influencia mayores de 30 m² el coeficiente está entre 0,50 y 0,75.

$$K_1 \text{ vale } \frac{\pi K^2}{4}$$

Los tiempos de aplicación, I , varían con la transpiración del cultivo. Así se tiene que $I_d = I_{dn} / E_d$; $t_{I_{dn}} = I_d T$; y $T = f$ (ciclo de cultivo y de la evaporación de la tina estándar tipo A). De manera que si se considera a I_R constante (siempre y cuando no produzca asfisia en el sistema radicular de los cultivos) y una transpiración variable, los valores de I_t van a ser variables también.

2.3.1.4. Número de unidades, subunidades, lotes, módulos parcelas, cuarteles, tablones.

Discutido detalladamente en 2.2.2.3.

2.3.1.5. Caudal a aplicar a las subunidades

Detallado en: 2.1.1.1.; 2.1.1.2.; 2.1.1.3.; 2.1.1.4.; y 2.1.1.5.

2.3.1.6. Frecuencia de la limpieza de filtros y goteros

Depende de la calidad del agua y del sistema de filtros y gotero. La limpieza del filtro puede ser por retrolavado o manual. Los goteros pueden lavarse en forma automática, manual desarmable y manual no desarmable. No son deseables limpiezas muy frecuentes, lo que ocurre cuando la capacidad del filtro es insuficiente o el gotero no ha sido bien seleccionado.

2.3.1.7. Cronograma de actividades

Incluye en forma pormenorizada en tiempo la secuencia de pasos a ejecutar para cumplir con la entrega apropiada de agua a cada módulo unitario. Debe contemplar, entre otros, los siguientes aspectos:

- 1) Días de riego dentro del intervalo de aplicación
- 2) Horas diarias laborables
- 3) Hora de inicio de actividades de riego (puesta en marcha de la motobomba del sistema de riego)
- 4) Tiempo de riego de cada unidad de acuerdo al mes, según la fase de ciclo del cultivo y la demanda evaporativa de la atmósfera en ese período.
- 5) Día y hora de riego de cada unidad
- 6) Frecuencia de limpieza de los filtros
- 7) Horas de chequeo de los manómetros (bomba, filtros y entrada del módulo parcelario)
- 8) Volúmenes de agua a aplicar a cada parcela en función del mes.
- 9) Horas de funcionamiento de la bomba del pozo, cuando se almacena para regar.

Cuando el bombeo del pozo o el último turno de riego termina fuera de horas laborables, se puede instalar, tanto en la bomba del pozo como en la motobomba del sistema, un mecanismo de reloj ("time") que las apague automáticamente al cumplirse el tiempo requerido.

2.3.2. Mantenimiento

En riego por goteo existe una lucha constante entre el propietario y los elementos extraños que tratan de penetrar, de formarse o de permanecer dentro de la red, ocasionando obstrucciones a los estrechos conductos internos de los emisores, modificando totalmente su comportamiento hidráulico y amenazando, en muchos casos, la vida de las plantas.

El mantenimiento de un sistema de riego por goteo comprende las siguientes actividades:

- 1) Purga del sistema para remover, por arrastre, sedimentos o precipitados.
- 2) Tratamiento químico con disolventes, desaglutinantes, dispersantes
- 3) Reparaciones menores de líneas, goteros, filtros, unidades de control, etc.

1°) Purga del sistema: Los sedimentos tienden a depositarse en las partes finales de los múltiples y laterales, cuando el régimen de flujo baja a laminar.

El lavado periódico anual, forma parte de un buen programa de mantenimiento. Se comienza por la tubería principal, luego la subprincipal hasta llegar a los múltiples y laterales. Al final de cada tramo debe haber una válvula de drenaje para evacuar los sedimentos en secciones.

Los goteros deben chequearse periódicamente (dos veces al año), a través de la uniformidad de emisión, cuando ésta baja de 5 a 10%, se deben limpiar, reparar o reemplazar.

2°) Tratamiento químico: se hace con sulfato cúprico, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, algunos detergentes y cloro. La frecuencia, concentración y duración de la aplicación demanda mucha investigación. Se consideran los casos problemáticos:

2a: Depósitos orgánicos: (1) Algas verdes en los reservorios. (2) pequeñas partículas de algas que atraviesan los filtros. (3) Bacterias del lodo conjuntamente con partículas de arcilla y limo. (4) Bacterias fijadoras de hierro como coproducto de su metabolismo.

2b: Precipitados: causados por minerales disueltos que salen de la solución por cambios de pH o temperatura y se forman de las tuberías y goteros. Incluye: (1) Precipitados de calcio; (2) precipitados de hierro.

3°) Reparaciones menores en líneas, goteros, controles, etc. actividad muy importante que está relacionada con la vida útil del sistema.

En síntesis, lo más importante dentro del mantenimiento es prever la obstrucción antes que combatirla, esto puede lograrse en cierta medida:

- 1) Tratando el agua químicamente si fuera necesario
- 2) Seleccionando el gotero adecuado a la calidad fisicoquímica de la fuente.
- 3) Filtrando suficientemente el agua, de acuerdo a los goteros que están siendo usados.
- 4) Manteniendo suficiente número de filtros para que los goteros reciban toda el agua filtrada,

En Maracaibo se presentan con frecuencia los siguientes problemas de mantenimiento:

- 1) Altas concentraciones de algas en los depósitos de agua, las cuales no son combatidas.
- 2) Uso de filtros inadecuados y en número insuficiente
- 3) Altas concentraciones de hierro y bicarbonato en las aguas de los pozos, provocando obstrucciones en líneas y goteros, que no se tratan químicamente sino manualmente, lo que aumenta los costos.
- 4) Alta proporción de fugas en conexiones.
- 5) Falta de programa de reemplazo periódico de las partes del sistema.
- 6) Falta limpieza y mantenimiento al sistema.

2.4. Información económica

Es la parte que estudia la conveniencia de aplicar todas las técnicas adecuadas a la explotación. En los sistemas oficiales se considera además la parte social como elemento de peso para justificar la inversión en el sistema de riego. En los sistemas privados la decisión es eminentemente de tipo económico, y es la relación beneficio sobre costos u otro índice de la misma naturaleza lo que mueve al propietario a ensayar nuevos métodos a adoptar nuevas técnicas.

La información económica que interesa conocer es: la inversión de la explotación, sus costos operacionales y sus beneficios.

2.4.1. Inversión de la explotación

Para fines de análisis, conviene separar los componentes de la inversión en tres partes:

2.4.1.1. Inversión en la fuente de agua

Si la fuente de suministro es un pozo (caso común en zonas áridas y semiáridas) se incluye el costo del pozo, la motobomba para extraerla y el reservorio.

En este tipo de fuente la inversión puede oscilar entre 10.000 y 30.000 Bs/Ha, dependiendo de la profundidad y riqueza del acuífero, de la capacidad y tipo de almacén que se use y del tipo de motor y bomba que se instale.

2.4.1.2. Inversión en el sistema de riego.

Incluye la bomba del sistema, el cabezal de control, la red de conducción, la red de distribución-aplicación con los goteros, todos los accesorios y la instalación. La inversión puede variar entre 8000 Bs/Ha y 30.000 Bs/Ha dependiendo del cultivo y del tipo de gotero. A continuación se presenta la incidencia relativa de cada componente, sacada de licitaciones realizadas en Maracaibo.

a) Línea principal:	19,42%
b) Línea múltiple:	3,75%
c) Línea lateral:	26,06%
d) 60 goteros:	22,50%
e) Motobomba:	3,89%
f) Filtro:	8,26%
g) Sistema de control automático:	16,27%
h) Instalación del sistema:	5,85%

2.4.1.3. Inversión en el cultivo

Comprende costo de la tierra, implantación del cultivo, instalaciones necesarias y maquinaria de trabajo.

Para el cultivo de la vid con emparrado en el área de Maracaibo la inversión puede variar entre 18.000 y 39.000 Bs/Ha.

2.4.2. Costos operacionales

Para analizar el peso de cada uno de sus componentes, también se separan en tres partes: los de la fuente de agua, los del sistema de riego y los del cultivo propiamente dicho.

2.4.2.1. Costos operacionales de la fuente de agua

Incluye costos fijos y costos variables. Los primeros están integrados por intereses sobre capital invertido y depreciación de los equipos. Los variables están compuestos por la mano de obra, costo de energía eléctrica o combustible, lubricantes, reparaciones y repuestos.

$$D_e = \frac{V_i - V_f}{V_u} \quad (2.57)$$

$$C_e = (H P_M) (0,746) (H_B) (D_B) (P_{Kwh}) \quad (2.58)$$

$$C_c = 0,20 (H P_M) P_u (H_B) (D_B) \quad (2.59)$$

donde: D_c es la depreciación anual en Bs/año

V_i es el valor inicial del equipo en Bs.

V_f es el valor final del equipo al terminar su vida útil. Normalmente V_f varía entre 0 y 10% de V_i

V_u es la vida útil, en años del equipo

C_e es el consumo de electricidad en Bs/año

HP_M es la potencia del motor en HP

H_B son las horas diarias de bombeo

D_B son los días anuales de bombeo

P_{Kwh} es el precio de cada kWh en Bs/Kwh

C_c es el consumo de combustibles en Bs/año

P_u es el precio unitario del combustible en Bs/litro

El concepto de reparaciones y repuestos se estima en función de la depreciación anual.

2.4.2.2. Costos operacionales del sistema de riego.

El tratamiento es idéntico al caso anterior. En nuestras condiciones se presenta el inconveniente del desconocimiento de la vida útil de los equipos.

2.4.2.3. Costos operacionales del cultivo

Al igual que en los casos anteriores, se considerarán también costos fijos (intereses y depreciación) y costos variables (mano de obra, combustible y lubricante, reparaciones y repuestos y otros insumos)

2.4.3. Relación Beneficio-Costos

Indicador económico que permite apreciar si el dinero invertido en la explotación produce ganancias iguales o mayores que en un banco o simplemente si arroja pérdidas. Para que la explotación resulte favorable al propietario, la relación Beneficios sobre Costos Operacionales Totales, B_T/CO_T , debe ser mayor que 0,1.

Los beneficios totales están dados por el volumen de la producción anual multiplicado por el precio de mercado; mientras que los costos operacionales totales se integran con los correspondientes de la fuente de agua, del sistema de riego y del cultivo propiamente dicho.

$$B_T = V_P \times P_V \quad (2.60)$$

$$CO_T = CO_A + CO_R + CO_c \quad (2.61)$$

$$R = \frac{B_T}{CO_T} \quad (2.62)$$

donde: B_T son los beneficios totales de la explotación

V_P es el volumen de la cosecha anual, se expresa con Kgs/Ha

P_V es el precios de comercialización del producto

CO_T son los costos operacionales totales de la explotación en Bs/Ha año.

CO_A son los costos operacionales de la fuente de agua en Bs/Ha año.

CO_R son los costos operacionales del sistema de riego en Bs/Ha año

CO_C son los costos operacionales del cultivo propiamente dicho en Bs/Ha año

R Es la relación beneficio sobre costos totales (adimensional)

3. CONCLUSIONES

3.1. Con respecto a la metodología propuesta

Este trabajo debe considerarse como una primera aproximación de una secuencias operativa que se desea elaborar para evaluar en forma integral los sistemas de riego en funcionamiento y poder establecer las posibles fallas, su naturaleza y la forma de eliminarlas.

La información obtenida en el campo complementada con la de laboratorio, permiten establecer una "radiografía cuantificada" del sistema, donde se ven con claridad las condiciones de su funcionamiento, pudiéndose diagnósticar si las fallas son de información básica, de diseño, de instalación, de operación, de mantenimiento o de factibilidad económica del proyecto, al tiempo que señala la vía más expedita para su corrección.

La evaluación se facilita cuando el sistema se ha diseñado usando la mayor cantidad y calidad de información básica. También sucede que los correctivos son generalmente más sencillos y económicos.

3.2. Aporte al diseño del riego por goteo

Las ecuaciones 2.51; 2.53; 2.54; 2.55 y 2.56 del trabajo, constituyen un aporte al diseño del riego por goteo, pues integrando lógicamente diversos parámetros del dominio del riego por gravedad (intervalos de aplicación, umbral de riego) con parámetros específicos del riego por goteo (área humedecida y profundidad mojada), puede estimarse el porcentaje de área a humedecer para garantizar el uso consuntivo crítico, el volumen a descargar por cada gotero y el número de emisores por planta que asegure al cultivo disponibilidades hídricas suficientes durante las máximas exigencias climáticas.

4. RECOMENDACIONES

4.1. Con respecto a la metodología

a) Aplicarla, ya que ha demostrado su utilidad para diagnosticar cualquier tipo de falla en un sistema de riego por goteo.

b) Debe hacerse la evaluación de los sistemas en funcionamiento,

por lo menos una vez por año, preferiblemente dos.

c) Retroalimentar a la metodología con la nueva información que se obtenga, para caracterizar a cada área evaluada en aspectos edáficos, topográficos, disponibilidad de agua, climáticos, de cultivo, mecanización, automatización, nivel técnico de los usuarios, nuevos equipos en el mercado, etc., ya que así se robustecerá la metodología haciéndose más accesible, versátil y precisa su utilización .

4.2. Generales para todos los países de la región.

a) Promover programas de investigación sostenida de los problemas más apremiantes. Se sugiere coordinar la participación de los centros nacionales de: docencia superior, investigación y extensión, asociaciones de agricultores, empresas fabricantes y vendedoras de equipos e insumos especiales para el riego por goteo.

b) Promover asimismo la experimentación en el campo a través de programas formales que enriquezcan el conocimiento sobre el riego por goteo. En especial se recomienda el fomento de su uso por los campesinos de menores recursos, en huertos familiares que representen, además de las ventajas en productividad una muy positiva acción educativa entre los niños hijos de los mismos campesinos. Para esta importante estrategia habrá de promover la disponibilidad al alcance de los campesinos, de equipos susceptibles de ser operados por ellos.

c) Gestionar el establecimiento de mecanismos operativos que permitan fijar y hacer observar normas de calidad para el equipo de riego por goteo, así como para los insumos especiales para el mismo.

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

- AÑEZ, D. 1977. Problemática del riego por goteo en el Estado Zulia. Una metodología para evaluar el riego por goteo. I Seminario Nacional sobre Riego por Goteo. CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- AÑEZ, D. 1977. Una solución para el verano: riego o ensilaje. Consideraciones técnico-económicas del riego por aspersión con cercas eléctricas. Problemática del riego de pastizales en el Estado Zulia. I Jornadas Venezolanas sobre Utilización Intensiva de Forrajes. Maracaibo, Venezuela.
- AÑEZ, D. y B. OBERTO. 1977. Proyecto de riego por pozas de pasto alemán en la Finca Río Yaza. I Jornadas Venezolanas sobre Utilización Intensiva de Forrajes. Maracaibo, Venezuela.
- AÑEZ, D. y M. VALBUENA. 1976. Consecuencias del mal manejo de los suelos de los alrededores de Maracaibo. IV Congreso Nacional Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo, Maturín, Venezuela.
- AÑEZ, D. 1977. Apuntes de riego. Riego de hortalizas. Material de enseñanza en la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.
- AÑEZ, D. y J. NEUMAN. 1978. Aspectos técnico económico del riego de pastos en la Cuenca del Lago de Maracaibo. Seminario "Problemática de Suelos y Aguas en la Cuenca del Lago". Maracaibo, Venezuela.
- BRACHO, E. 1973. Encuesta sobre el cultivo de la vid en la región nor-occidental del Estado Zulia. FUSAGRI. Maracaibo, Venezuela.
- DIAZ R, A. DIAZ, H DE ALVARADO Y G. AGUERO. 1977. Estudio y evaluación del sistema de riego por goteo en diferentes cultivos en las condiciones semiáridas del Estado Lara. CIARCO. Barquisimeto, Venezuela.
- FONDEFRU. 1972. Manual práctico para el cultivo de la vid en el estado Zulia. Caracas, Venezuela.
- GALUE, N. 1976. Algunas consideraciones sobre la calidad de agua para diversos usos. Departamento de Edafología, Ministerio de Obras Públicas.
- GOLDBERG, D. y M. SHUMUELI. 1969. Riego por goteo. Ministerio de Agricultura de Israel.
- GRASSI, C. 1977. Estimación de los usos consuntivos del agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- ISRAELSEN, O y V. HANSEN. 1965. Principios y aplicaciones del riego. Editorial Reverté. 2da Edición. México.
- KELLER J. y D. KARMEI. 1975. Trickle Irrigation Design. 1st Edition Raim Bird Sprinkler Manufacturing Co. California, U.S.A.
- NORERO, A. 1973. La lluvia como factor agroecológico. CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- PARRA, J. 1975. Calidad del agua de riego y su relación con la salinidad de los suelos. MOF. División de Información Básica. Maracaibo, Venezuela.

- PLA, I. y F.DAPPO. 1974. Sistema racional de evaluación de calidad de aguas para riego. FUDECO. Bol. Inf.Suplem.Tecn.N°12 Barquisimeto, Venezuela.
- SANCHEZ,C. 1972. Aspectos generales relacionados con la fertilidad de suelos. División de Edafología, MOP. Caracas, Venezuela.
- SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS Y UNIVERSIDAD DE SONORA. 1975. Memorias del Seminario Nacional sobre Riego por Goteo. Tomos I y II. Hermosillo Sonora, México.
- TAYLOR, S. 1972. Riego para máxima producción. Traducido al español por José Salazar. Publicado por la Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo. Publicación Divulgativa N° 2. Venezuela.
- URBINA,J. 1977. Características hidráulicas de laterales de riego por goteo. I Seminario Nacional de Riego por Goteo. CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- U.S.D.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook N° 60.
- VALBUENA, M. 1977. Bulbos de humedecimiento en los alrededores de la planicie de Maracaibo. I Seminario Nacional de Riego por Goteo. CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- VALBUENA, M. 1977. El riego por goteo. Facultad de Agronomía de Luz. Maracaibo, Venezuela.

DOCUMENTO TECNICO 31

ANALISIS ECONOMICO DE SISTEMAS
DE RIEGO POR GOTEO

Por: Lic. Ma. del Rocío Guerrero Marín (*)
Ing. Efrén Peña Peña (**)
Ing. S. Felipe Mendoza Moreno (***)
Ing. Federico Vega Sotel (****)

-
- (*) Jefe de la Sección de Estudios Económicos del CENAMAR
(**) Director del CENAMAR
(***) Jefe de la Sección de Sistemas de Riego a Presión del CENAMAR
(****) Investigador de la Sección de Sistemas de Riego a Presión del CENAMAR.

ANALISIS ECONOMICO DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO

Ma. del Rocío GUERRERO MARIN	1
Efrén PEÑA PEÑA	2
S. Felipe MENDOZA MORENO	3
Federico VEGA SOTELO	4

INTRODUCCION

En México el método de riego por goteo se ha utilizado en cultivos de durazno, vid, guayaba, nogal y cítricos, en donde se ha obtenido ahorro de agua al aumentarse las eficiencias de conducción y aplicación del agua de riego. Por otra parte en los frutales se tienen grandes espaciamientos - entre árboles y entre líneas de árboles, lo cual permite que los sistemas de riego por goteo sean más baratos que los que se utilizan en el cultivo de hortalizas.

En los trabajos de investigación desarrollados sobre el uso de riego por goteo en la producción de hortalizas se han obtenido resultados con - producciones del doble o triple de los obtenidos en los métodos de riego - tradicionales, sin embargo, los costos del sistema son mayores que los - costos de los métodos de riego tradicionales. Es por esto que se planteó el presente trabajo con la finalidad de estudiar las posibilidades de apli - cación del riego por goteo en condiciones comerciales para la producción - de hortalizas.

-
- 1 Lic., Jefe de la Sección de Estudios Económicos del Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego. (CENAMAR)
 - 2 M.C., Director del Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego.
 - 3 Ing. Agr., Jefe de la Sección de Sistemas de Riego a Presión del Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego.
 - 4 Ing. Agr., Investigador de la Sección de Sistemas de Riego a Presión del Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego.

MATERIALES Y METODOS

MODULO DE PRODUCCION

De acuerdo a las condiciones de tenencia de la tierra en la Región - Lagunera, Coahuila y Durango México, se consideró un módulo de producción de 4 hectáreas con la finalidad de representar la situación de los productores de hortalizas en dicha región.

CULTIVOS

Los cultivos que se consideraron fueron: tomate, lechuga, melón, sandía, repollo y maíz por ser los cultivos en los que se conocían las producciones potenciales que pueden obtenerse con diferentes cantidades de agua aplicadas a través del método de riego por goteo.

INDICE DE COMPARACION

En el módulo de producción de 4 hectáreas se consideraron dos cultivos en los subciclos de Invierno y dos en los de Primavera-Verano con la finalidad de utilizar el sistema de riego por goteo el mayor tiempo posible.

Los cultivos de invierno son la lechuga y el repollo y los cultivos de primavera-verano son el tomate, melón, sandía y maíz. Como puede verse se presentaron diferentes alternativas de combinaciones de los cultivos.

Las alternativas que se tomaron en cuenta en el estudio se compararon a través de la rentabilidad considerando ésta como el cociente de dividir la utilidad neta obtenida en cada alternativa entre la inversión correspondiente.

UTILIDAD NETA

Se consideró la utilidad neta como la diferencia que existe entre la utilidad bruta obtenida en el módulo de producción menos los egresos correspondientes a un año de producción.

UTILIDAD BRUTA

Se considera como utilidad bruta del módulo de producción el valor de la cosecha obtenida durante un año menos los costos de cultivo y costo del agua utilizada durante ese año.

EGRESOS

Los egresos se consideraron como los costos de: instalación, operación, mantenimiento, amortización y financiamiento.

VALOR DE LA COSECHA

El valor de la cosecha o ingreso bruto del módulo de producción se consideró el rendimiento de cada cultivo multiplicado por el precio unitario promedio obtenido durante el ciclo para dicho cultivo.

COSTOS DE CULTIVO

En los costos de cultivo se consideraron los siguientes conceptos: preparación del terreno, semilla, siembra, labores de cultivo, pesticidas y su aplicación, fertilizantes, cosecha y otros.

COSTO DEL AGUA

Se desarrolló en el Distrito de Riego No. 17 un estudio específico para determinar el costo del agua proveniente del acuífero subterráneo a través de bombeo en la Región Lagunera, Coahuila y Durango.

COSTO DE INSTALACION

Para determinar los costos de instalación se consideraron los conceptos de estacado, instalación de líneas regantes, corte de tuberías, inserción de goteros y terminales, instalación de líneas de conducción y distribución, perforación de tuberías e instalación de silletas, excavación de zanjas y tapado de tuberías e instalación del cabezal de control.

COSTOS DE OPERACION

Para determinar los costos de operación se tomaron en cuenta los días que dura el desarrollo vegetativo de los cultivos y los jornales necesarios del operador del sistema.

COSTO DE MANTENIMIENTO

Debido a que los trabajos de investigación difieren en su conservación y mantenimiento de los sistemas de riego a nivel comercial, se consideró que los costos de mantenimiento en el módulo de producción deberán ser al 15% del costo de amortización anual.

COSTO DE AMORTIZACION

Para determinar el costo de amortización del sistema se dividió el costo total del sistema entre los años de vida útil del mismo. Es importante hacer resaltar que en el presente estudio se consideraron siete años de vida útil para el sistema, debido a que esta duración es aceptada por las fuentes de crédito en México, sin embargo, hay partes del sistema que tienen vida útil hasta 20 años y otras que fácilmente pueden llegar a 10 años de vida útil.

COSTO DE FINANCIAMIENTO

Para determinar el costo de financiamiento se consideró el costo del sistema, su vida útil y el tipo de interés a través del cual se otorga el crédito. El costo de financiamiento anual es el equivalente al pago anual de financiamiento.

Para el cálculo del pago del financiamiento se utilizó la fórmula:

$$\text{F.R.C.} = \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Donde:

F.R.C. = Factor de recuperación del capital

i = Tasa de interés en tanto por uno

n = Número de años

Datos utilizados:

i = 0.16% n = 7 años

$$\text{F.R.C.} = \frac{0.16 (1 + 0.16)^7}{(1 + 0.16)^7 - 1} = 0.2476$$

Como el costo del sistema de riego por hectárea es de \$ 132,402.70, se le aplica el factor de recuperación del capital y se obtiene el pago anual por hectárea.

$$\text{Pago anual/ha} = \$ 32,784.49$$

PROCEDIMIENTO DE CALCULO

Para obtener el valor de la cosecha por hectárea de cada cultivo, se tomaron las producciones del Cuadro 2 para las alternativas A y B y luego se multiplicaron por el precio unitario de la cosecha; este valor se encuentra en el Cuadro 3.

Los costos de cultivo por hectárea se encuentran en el Cuadro 1, se obtuvieron integrando los costos de las principales actividades necesarias para la producción de los cultivos y el costo de los materiales que se requieren.

El cálculo del costo del agua para cada cultivo (Cuadro 3) se basó en la lámina de riego de cada alternativa convertida a volumen aplicado por hectárea en metros cúbicos y el volumen así obtenido se multiplicó por el costo de cada metro cúbico. En el estudio realizado para determinar el costo de un metro cúbico de agua, se tomó en cuenta el gasto medio de los pozos en la región y el nivel dinámico de bombeo, la energía eléctrica necesaria, costos de conservación y amortización del equipo, obteniéndose que cada metro cúbico cuesta \$ 0,638 (pesos mexicanos).

La utilidad bruta por hectárea (Cuadro 3) se obtuvo de restar los costos de cultivo y del agua al valor de la cosecha en las alternativas A y B.

En el Cuadro 5 se muestra la integración del costo de instalación por hectárea correspondiente al sistema de riego por goteo para el módulo propuesto.

En el Cuadro 6 se muestra el costo de operación del sistema para las alternativas, donde se indica el número de días de operación por cultivo, tomando el jornal a \$ 152.82 (pesos mexicanos). Se considera que el sistema opera 16 horas y se requieren dos jornales de ocho horas para cubrir el tiempo total de riego en todo el módulo. A cada alternativa corresponde un jornal diario para cada cultivo. El costo de operación para cada alternativa del módulo, es la suma de los productos del número de días por el importe del jornal.

El costo de mantenimiento se consideró como el 15% del costo anual de amortización.

Para obtener el costo de amortización, primero se determinó el costo del sistema de riego por goteo. El costo del cabezal de control (Cuadro 7) se sumó al costo de la conducción (Cuadro 8), luego se multiplicó el costo de la unidad de riego por doce (veces que cabe en el módulo de producción) y se sumó a las anteriores cantidades y resultó \$ 529,611.00 (pesos mexicanos). Luego se dividió entre cuatro para obtener el costo del equipo por hectárea \$ 132,402.70 (pesos mexicanos) el cual se usó para determinar el costo de amortización y el costo de financiamiento.

El costo de financiamiento se obtuvo en el Cuadro 11, por el método de amortización del crédito refaccionario a siete años con interés del 16% anual.

En los cuadros 12 y 13 se muestran las utilidades netas para las diferentes alternativas A y B donde a la utilidad bruta se le restaron los egresos y se obtuvo la utilidad neta.

En los cuadros 14 y 15 se muestran las tasas de rentabilidad para las diferentes alternativas A y B, en las cuales se observa que las mejores son las del cuadro siguiente:

Nº de Orden	Alternativa	Rentabilidad
1º	3A	1.15
2º	5A	1.06
3º	6A	0.91

En la alternativa 3A, se tienen los cultivos de melón, tomate, lechuga y repollo.

En la alternativa 5A, se tienen los cultivos de sandía, tomate, lechuga y repollo.

En la alternativa 6A, se tienen los cultivos de maíz, tomate, sandía y repollo.

CUADRO 1. COSTOS (*) DE PRODUCCION DE LOS CULTIVOS CON EL METODO DE RIEGO POR GOTEO

CONCEPTO	REPOLLO	LECHUGA	TOMATE	MAIZ	SANDIA	MELON
Preparación del terreno	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00
Labores de cultivo	3,044.00	3,044.00	9,169.20	1,522.56	4,167.68	4,320.60
Pesticidas y su aplicación	3,490.20	4,212.20	7,517.12	986.28	6,806.80	6,297.40
Fertilizantes	1,813.60	1,991.00	2,940.00	1,715.00	1,702.00	1,702.00
Semilla y otros	880.00	520.00	16,458.61	450.00	512.00	450.00
Siembra	3,196.20	5,497.80	3,209.22	250.00	611.28	1,222.56
Cosecha	7,610.00	11,461.50	12,225.60	2,328.20	7,641.00	7,641.00
T O T A L	20,834.00	27,526.50	52,319.75	7,852.04	22,240.76	22,433.56

* Pesos mexicanos

CUADRO 2. CULTIVOS, LAMINAS DE RIEGO, RENDIMIENTOS Y PRECIOS DE LOS PRODUCTOS
PARA LAS ALTERNATIVAS A Y B

CULTIVO	LAMINAS	cm	PRODUCCION		ton/ha	PRECIO UNITARIO \$/ton
	A		A	B		
Tomate	81	42	109	61		3,750.00
Lechuga	49	76	73	47		2,250.00
Melón	68	46	85	48		1,950.00
Sandía	88	42	79	50		1,630.00
Repollo	57	53	47	39		1,800.00
Maíz	60	42	10	7		3,100.00

CUADRO 3. VALOR DE LA COSECHA, COSTOS DE CULTIVO, COSTOS DE AGUA Y UTILIDAD BRUTA PARA LAS ALTERNATIVAS A.

ALTERNATIVA	CULTIVO	VALOR DE LA COSECHA \$/ha	COSTO DE CULTIVO \$/ha	COSTO DEL AGUA \$	UTILIDAD BRUTA \$/ha
1	Melón	165,750.00	22,433.56	4,338.40	138,978.04
	Sandía	128,770.00	22,240.76	5,614.40	100,914.84
	Lechuga	164,250.00	27,526.50	3,126.20	133,597.30
	Repollo	84,600.00	20,634.00	3,636.60	60,329.40
2	Melón	165,750.00	22,433.56	4,338.40	138,978.04
	Maíz	31,000.00	7,852.04	3,828.00	19,319.96
	Lechuga	164,250.00	27,526.50	3,126.20	133,597.50
	Repollo	84,600.00	20,634.00	3,636.60	60,329.40
3	Melón	165,750.00	22,433.56	4,338.40	133,597.30
	Tomate	408,750.00	52,319.75	5,167.80	351,262.45
	Lechuga	164,250.00	27,526.50	3,126.20	133,597.30
	Repollo	84,600.00	20,634.00	3,636.60	60,329.40
4	Sandía	128,770.00	22,240.76	5,614.40	60,329.40
	Maíz	31,000.00	7,852.04	3,828.00	19,319.96
	Lechuga	164,250.00	27,526.50	3,126.20	133,597.30
	Repollo	84,600.00	20,634.00	3,636.60	60,329.40
5	Sandía	128,770.00	22,240.76	5,614.40	60,329.40
	Tomate	408,750.00	52,319.75	5,167.80	351,262.45
	Lechuga	164,250.00	27,526.50	3,126.20	133,597.30
	Repollo	84,600.00	20,634.00	3,636.60	60,329.40
6	Maíz	31,000.00	7,852.04	3,828.00	19,319.96
	Tomate	408,750.00	52,319.75	5,167.80	351,262.45
	Lechuga	164,250.00	27,526.50	3,126.20	133,597.30
	Repollo	84,600.00	20,634.00	3,636.60	60,329.40

CUADRO 4. VALOR DE LA COSECHA, COSTOS DE CULTIVO, COSTOS DEL AGUA Y UTILIDAD BRUTA PARA LAS ALTERNATIVAS B.

ALTERNATIVA	CULTIVO	VALOR DE LA COSECHA \$/ha	COSTO DE CULTIVO \$/ha	COSTO DEL AGUA/mm ³ \$/mm ³	UTILIDAD BRUTA \$/ha
1	Melón	93,600.00	22,433.56	2,934.80	68,231.64
	Sandía	81,500.00	22,240.76	2,679.60	56,579.64
	Lechuga	105,750.00	27,526.50	4,848.80	73,374.70
	Repollo	70,200.00	20,834.00	3,381.40	45,984.60
2	Melón	93,600.00	22,433.56	2,934.80	68,231.64
	Maíz	21,700.00	7,852.04	2,679.60	11,168.36
	Lechuga	105,750.00	27,526.50	4,848.80	73,374.70
	Repollo	70,200.00	20,834.00	3,381.40	45,984.60
3	Melón	93,600.00	22,433.56	2,934.80	68,231.64
	Tomate	228,750.00	52,319.75	2,679.60	173,750.65
	Lechuga	105,750.00	27,526.50	4,848.80	73,374.70
	Repollo	70,200.00	20,834.00	3,381.40	45,984.60
4	Sandía	81,500.00	22,240.76	2,679.60	56,579.64
	Maíz	21,700.00	7,852.04	2,679.60	11,168.36
	Lechuga	105,750.00	27,526.50	4,848.80	73,374.70
	Repollo	70,200.00	20,834.00	3,381.40	45,984.60
5	Sandía	81,500.00	22,240.76	2,679.60	56,579.64
	Tomate	228,750.00	52,319.75	2,679.60	173,750.65
	Lechuga	105,750.00	27,526.50	4,848.80	73,374.70
	Repollo	70,200.00	20,834.00	3,381.40	45,984.60
6	Maíz	21,700.00	7,852.04	2,679.60	11,168.36
	Tomate	228,750.00	52,319.75	2,679.60	173,750.65
	Lechuga	105,750.00	27,526.50	4,848.80	73,374.70
	Repollo	70,200.00	20,834.00	3,381.40	45,984.60

CUADRO 5. COSTO DE INSTALACION POR HECTAREA

CONCEPTO	JORNALES	COSTO TOTAL
1 Estacado	3	458,46
2 Tendido de líneas regantes	4	611,28
3 Corte de tuberías de L. regantes	4	611,28
4 Inserción de goteros y terminales	9	1,375,38
5 Instalación de la conducción y dist.	9	1,375,38
6 Instalación de silletas	4	611,28
7 Enterrado de la conducción	5	764,16
8 Excavación con zanjeadora		100,00
9 Cabezal de control		305,64
T O T A L		6,212,86

CUADRO 6. COSTOS DE OPERACION POR 4 HECTAREAS PARA LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS DE PRODUCCION EN EL MODULO.

ALTERNATIVA	CULTIVOS	DIAS	COSTO
1	Melón	110	16,810.00
	Sandía	110	16,810.00
	Lechuga	100	15,282.00
	Repollo	110	16,810.00
TOTAL			65,712.00
2	Melón	110	16,810.00
	Maíz	110	16,810.00
	Lechuga	100	15,282.00
	Repollo	110	16,810.00
TOTAL			65,712.00
3	Melón	110	16,810.00
	Tomate	150	22,923.00
	Lechuga	100	15,282.00
	Repollo	110	16,810.00
TOTAL			71,825.00
4	Sandía	110	16,810.00
	Maíz	110	16,810.00
	Lechuga	100	15,282.00
	Repollo	110	16,810.00
TOTAL			65,712.00
5	Sandía	110	16,810.00
	Tomate	150	22,923.00
	Lechuga	100	15,282.00
	Repollo	110	16,810.00
TOTAL			71,825.00
	Maíz	110	16,810.00
	Tomate	150	22,923.00
	Lechuga	100	15,282.00
	Repollo	110	16,810.00
TOTAL			71,825.00

CUADRO 7. COSTO DEL CABEZAL DE CONTROL DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA 4 HECTAREAS

CONCEPTO	UNIDAD	COSTO UNITARIO (pesos)	CANTIDAD	COSTO TOTAL (pesos)
Motobomba 5 HP	Pieza	16,000.00	1	16,000.00
Filtro malla Mod. 502	"	4,572.20	1	4,572.20
Tanque y conexiones fertilización Mod. 30 L	"	4,206.00	1	4,206.00
Hidrociclón Mod. 150	"	5,716.00	1	5,716.00
Válvula globo de 2" Ø	"	1,200.00	2	2,400.00
Tuerca unión de 2" Ø	"	130.00	3	390.00
Tee fierro galvanizado de 2" Ø	"	60.00	3	180.00
Niple de fierro galvanizado de 2x20 cm	"	6.80	3	20.40
Codo fierro galvanizado de 2" Ø	"	167.70	2	335.40
Niple de fierro galvanizado de 2'x1.25m	"	60.00	2	120.00
Reducción bushing 2x1 1/2" Ø	"	60.00	1	60.00
			T O T A L	34,000.00

CUADRO 8. COSTO DE LA CONDUCCION DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO DE 4 HECTAREAS

CONCEPTO	UNIDAD	COSTO UNITARIO (pesos)	CANTIDAD	COSTO TOTAL (pesos)
Tubería de polietileno de 2" Ø	metro	73.80	1,100	81,180.00
Adaptador plástico rosca inserción 2" Ø	pieza	23.20	80	1,856.00
Cruz de fierro galvanizado de 2" Ø	"	406.20	10	4,062.00
Codo de fierro galvanizado de 2" Ø	"	167.70	2	335.40
Válvula de compuerta de 2" Ø	"	900.00	22	19,800.00
Tee de fierro galvanizado de 2" Ø	"	60.00	3	180.00
Niple de fierro galvanizado de 2" Ø	"	6.80	48	326.40
Abrazadera de acero inoxidable de 2" Ø	"	15.00	80	1,200.00
			T O T A L	108,939.80

CUADRO 9. COSTO DE LA UNIDAD DE RIEGO PARA EL CULTIVO DE LECHUGA
(SUPERFICIE 3333 m²)

CONCEPTO	UNIDAD	COSTO UNITARIO (pesos)	CANTIDAD	COSTO TOTAL (pesos)
Tubería de polietileno de 1" Ø	metro	20.70	80	1,656.00
Tubería de polietileno de 12 mm Ø	"	2.97	2,720	8,078.40
Gotos Rex 122-T	pieza	3.50	5,440	19,040.00
Silletas de 1" Ø	"	17.40	140	2,436.00
Adaptador plástico rosca inserción 1" Ø	"	8.35	4	33.40
Terminal de 12 mm Ø	"	1.30	136	176.80
Tapón macho de 1" Ø	"	13.70	4	54.80
Tee fierro galvanizado de 2" Ø	"	60.00	2	120.00
Reducción campana fierro galvanizado de 2"-1" Ø	"	35.00	4	140.00
Niple fierro galvanizado de 2" Ø	"	6.80	4	27.20
Manómetro de 2 kg/cm ²	"	200.00	2	400.00
Abrazadera acero inoxidable de 2" Ø	"	15.00	4	60.00
			T O T A L	32, 222.60

CUADRO 10. COSTO DE LA UNIDAD DE RIEGO PARA EL CULTIVO DE REPOLLO
(SUPERFICIE 3333 m²)

CONCEPTO	UNIDAD	COSTO UNITARIO (pesos)	CANTIDAD	COSTO TOTAL (pesos)
Tubería polietileno de 1" Ø	metro	20.70	80	1,656.00
Tubería polietileno de 12 mm Ø	"	2.97	2,160	6,415.00
Goteros 122 T-Rex	pieza	3.50	4,320	15,120.00
Silletas de 1" Ø	"	17.40	108	1,879.20
Adaptador plástico rosa inserción 1" Ø	"	8.35	4	33.40
Terminales de 12 mm	"	1.30	108	140.40
Tapones macho de 1" Ø	"	13.70	4	54.80
Tee de fierro galvanizado de 2" Ø	"	60.00	2	120.00
Reducción campana fierro galvanizado 2"-1" Ø	"	35.00	4	140.00
Niple de fierro galvanizado de 2" Ø	"	6.80	4	27.20
Manómetro de 2 kg/cm ²	"	200.00	2	400.00
Abrazadera de acero inoxidable de 1" Ø	"	15.00	4	60.00
			T O T A L	26,046.20

CUADRO 11.
 TABLA DE AMORTIZACION DEL CREDITO REFACCIONARIO 7 AÑOS AL 16% ANUAL

AÑOS	SALDO	CAPITAL	INTERESES	TOTAL
1	132,402.70	11,601.00	21,184.00	32,785.00
2	120,801.70	13,457.00	19,328.00	32,785.00
3	107,344.70	15,610.00	17,175.00	32,785.00
4	91,734.70	18,108.00	14,677.00	32,785.00
5	73,626.70	21,005.00	11,780.00	32,785.00
6	52,621.70	24,366.00	8,419.00	32,785.00
7	28,255.70	28,255.70	4,520.00	32,785.00
TOTAL		132,402.70	97,083.00	229,485.70

CUADRO 12. UTILIDADES Y EGRESOS PARA LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS A.

UTILIDAD BRUTA EGRESOS	ALTERNATIVAS					
	1A	2A	3A	4A	5A	6A
	867,639.16	704,449.40	1'368,334.30	628,323.00	1'292,207.90	1'129,018.20
Costo de Instalación	24,851.44	24,851.44	24,851.44	24,851.44	24,851.44	24,851.44
Costo de Operación	65,712.00	65,712.00	65,712.00	65,712.00	65,712.00	65,712.00
Costo de Mantenimiento	11,348.80	11,348.80	11,348.80	11,348.80	11,348.80	11,348.80
Costo de Amortización	75,658.68	75,658.68	75,658.68	75,658.68	75,658.68	75,658.68
Costo de Financiamiento	131,140.00	131,140.00	131,140.00	131,140.00	131,140.00	131,140.00
UTILIDAD NETA	558,928.24	395,738.48	1'053,510.50	319,612.08	977,384.10	814,194.40

CUADRO 13. UTILIDADES Y EGRESOS PARA LAS ALTERNATIVAS B

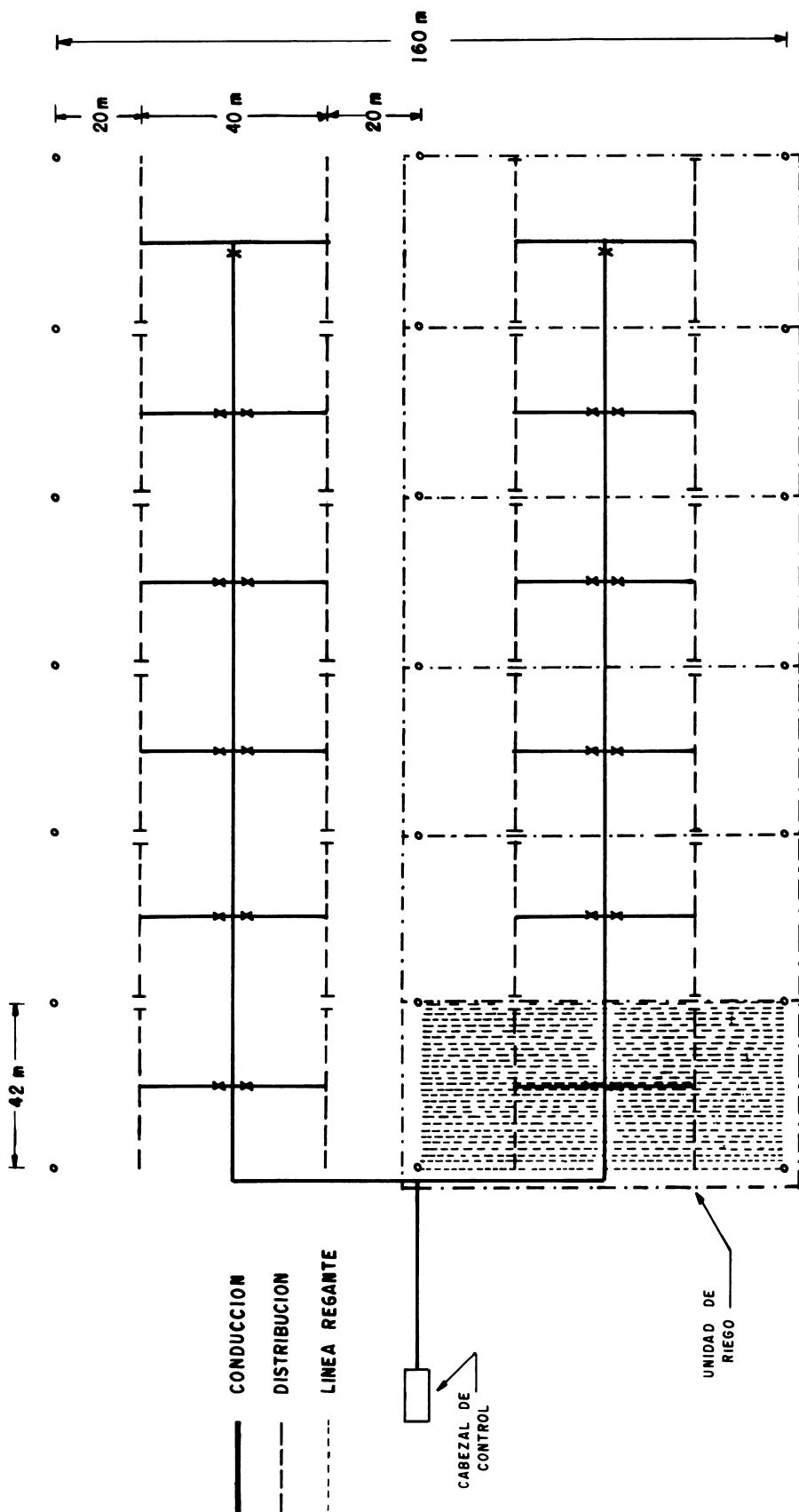
UTILIDAD BRUTA	ALTERNATIVAS					
	1B	2B	3B	4B	5B	6B
EGRESOS	488,341.16	397,518.60	722,683.18	374,214.60	699,379.18	608,556.62
Costo de Instalación	24,851.44	24,851.44	24,851.44	24,851.44	24,851.44	24,851.44
Costo de Operación	65,712.00	65,712.00	71,825.00	65,712.00	71,825.00	71,825.00
Costo de Mantenimiento	11,348.80	11,348.80	11,348.80	11,348.80	11,348.80	11,348.80
Costo de Amortización	75,658.68	75,658.68	75,658.68	75,658.68	75,658.68	75,658.68
Costo de Financiamiento	131,140.00	131,140.00	131,140.00	131,140.00	131,140.00	131,140.00
UTILIDAD NETA	179,630.24	88,807.68	413,972.26	65,503.68	390,668.26	299,845.70

CUADRO 14. DATOS PARA OBTENER LA TASA DE RENTABILIDAD EN LAS ALTERNATIVAS A

UTILIDAD NETA	ALTERNATIVAS					
	1A	2A	3A	4A	5A	6A
INVERSION	558,928.24	395,738.48	1'053,510.50	319,612.08	977,381.10	814,194.40
Costo de cultivo	185,669.64	156,892.20	245,827.62	156,505.40	245,442.02	216,664.58
Costo de agua	33,431.20	29,858.40	32,538.00	32,410.40	35,090.00	31,517.20
Costo de equipo	529,610.80	529,610.80	529,610.80	529,610.80	529,610.80	529,610.80
Costo de instalación	24,851.44	24,851.44	24,851.44	24,851.44	24,851.44	24,851.44
Costo de operación	65,712.00	65,712.00	71,825.00	65,712.00	71,825.00	71,825.00
Costo de mantenimiento	11,348.80	11,348.80	11,348.80	11,348.80	11,348.80	11,348.80
INVERSION TOTAL	850,623.88	818,273.64	916,001.66	820,438.84	918,168.06	885,817.82
RENTABILIDAD	0.65	0.48	1.15	0.39	1.06	0.91

CUADRO 15. DATOS PARA OBTENER LA TASA DE RENATABILIDAD EN LAS ALTERNATIVAS B

UTILIDAD NETA	ALTERNATIVAS					
	1B	2B	3B	4B	5B	6B
INVERSION	179,630.24	88,807.68	413,972.26	65,503.68	390,668.26	299,845.70
Costo de cultivo	186,069.64	157,292.20	246,227.62	156,906.60	245,842.02	217,064.58
Costo de agua	27,689.20	27,689.20	27,689.20	27,178.80	27,178.80	27,178.80
Costo del equipo	529,610.80	529,610.80	629,610.80	529,610.80	529,610.80	529,610.80
Costo de instalación	24,851.44	24,851.44	24,851.44	24,851.44	24,851.44	24,851.44
Costo de Operación	65,712.00	65,712.00	71,825.00	65,712.00	71,825.00	71,825.00
Costo de mantenimiento	11,348.80	11,348.80	11,348.80	11,348.80	11,348.80	11,348.80
INVERSION TOTAL	845,281.88	816,504.44	911,552.86	815,608.44	910,656.86	881,879.42
RENTABILIDAD	0.21	0.11	0.45	0.08	0.43	0.34



PLANO DE DISTRIBUCION DE UNIDADES DE RIEGO PARA EL MODULO DE PRODUCCION DE HORTALIZAS CON EL METODO DE RIEGO POR GOTEO

DOCUMENTO TECNICO No 32

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO HIDRÁULICO EM LINHA
DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Por: Ing. Direceu Brasil Viera (*)
Ing. Abel Maia Genovez (*)
Ing. Vander Trindade (**)

-
- (*) Docentes do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Faculdade de Engenharia de Limeira-UNICAMP.
- (**) Bolsista de Iniciação Científica da Fundação de Amparo à Pesquisas do Estado de São Paulo-FAPESP.

Contribuição ao Estudo Hidráulico em Linha de Irrigação por
Gotejamento

Dirceu Brasil Vieira(1)

Abel Maia Genovez(1)

Vander Trindade(2)

O sistema de irrigação por gotejamento caracteriza-se pela água ser aplicada à cultura através de gotejadores inseridos em tubulações de pequeno diâmetro. As condições de escoamento do líquido nessas tubulações variam muito, ocorrendo regime laminar, de transição e turbulento, o que dificulta sobremaneira o dimensionamento hidráulico do sistema. Frequentemente são utilizadas formulas hidráulicas convencionais, nem sempre recomendadas para tubulações de pequeno diâmetro. No presente trabalho, os autores procuraram através de testes de laboratório verificar o comportamento de algumas fórmulas hidráulicas, afim de verificar a mais adequada. Além disso, os autores procuraram estabelecer uma correlação entre a pressão no início da linha, no trecho entre gotejadores e a vazão nesse trecho. Para tanto a linha foi submetida a diferentes pressões de serviço, sendo que tal linha tinha 30 metros de comprimento e os testes foram feitos com ele em nível e a diferentes declividades. Com os resultados obtidos e para as condições da experiência chegou-se a seguinte fórmula empírica:

$$P = (1,01 P_i + 0,2) Q^{0,00595}$$

P= pressão no trecho- mca
 P_i= pressão inicial na linha- mca
 Q= vazão no trecho em estudo em l/s.

(1) Docentes do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Faculdade de Engenharia de Limeira-UNICAMP

(2) Bolsista de Iniciação Científica da Fundação de Amparo à Pesquisas do Estado de São Paulo- FAPESP

DOCUMENTO TECNICO 33

DISTRIBUCION DE AGUA Y SALES A TRAVES
DEL RIEGO POR GOTEO Y SURCOS

Por: Ing. Agr. Juan Tosso T. (*)
Ing. Agr. Raul Ferreyra E. (**)
Ing. Agr. Rafael Ruiz S. (***)

-
- (*) Líder Nacional, Programa de Riego y Drenaje, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Especialista Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) de Chile.
- (**) Programa de Riego y Drenaje, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- (***) Investigador, Programa Fertilidad de suelos, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

III SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE RIEGO POR GOTEO

ABID — IICA

DISTRIBUCION DE AGUA Y SALES A TRAVES DEL RIEGO POR GOTEO Y SURCOS

Autores: Ing. Agr. Juan Tosso T. *
 Ing. Agr. Raúl Ferreyra E. **
 Ing. Agr. Rafael Ruiz S. ***

RESUMEN

El riego por goteo ha tenido un rápido desarrollo en Chile. Las razones de ésto se deben a las limitaciones de agua, especialmente en la zona Norte del país, y la posibilidad de incorporar terrenos marginales con problemas de pedregosidad o pendiente. Sin embargo, en la zona Central, se han instalado gran número de equipos de goteo, en lugares en que las limitaciones recién indicadas no existen y sólo se desea obtener las ventajas adicionales que presente este sistema, en términos de economía de mano de obra, mejor distribución de fertilizante, buen control del agua de riego, etc.

Es conocido el hecho del riesgo que se produce al aplicar un volumen localizado de agua en el suelo. Este problema se acentúa en el riego por goteo trayendo como consecuencia acumulación de sales en el suelo que puede acarrear serios problemas. Por tales motivos se realizó un estudio cuyos objetivos fueron:

- a) Determinar en forma cuantitativa la distribución de sales y características químicas del suelo en 3 sistemas de riego, por goteo establecidos en un parronal, huerto de duraznero de alta densidad, y un cultivo de tomates. Para ello se utilizaron 2 tipos de agua, una agua con alto contenido salino proveniente de un pozo profundo, y agua con bajo contenido salino. El mismo estudio se realizó para el riego por surcos a modo de comparación.
- b) Estudiar la distribución de humedad en los sistemas indicados anteriormente y correlacionarlos con el movimiento de sales.

Se realizaron mediciones adicionales con el fin de obtener algunas características que sirvan como criterio en el diseño de riego por goteo, como determinación de tiempo de riego basado en evaporación de bandeja clase A, coeficientes de área de cobertura, etc. También se midió potenciales de agua en la planta y rendimiento final del cultivo.

Como conclusión general se puede indicar una enorme diferencia de rendimiento a favor del riego por goteo, aunque a su vez una concentración de algunos elementos en el suelo a niveles muy altos. Se observa además una adecuación del sistema radicular a la restricción del bulbo de humedad en el suelo, el que no produjo problemas en el rendimiento final del cultivo.

* Ing. Agr. Ph. D., Líder Nacional, Programa de Riego y Drenaje, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Especialista Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) de Chile.

** Ing. Agr. Divulgador, Programa de Riego y Drenaje, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

*** Ing. Agr. M. Sc. Investigador, Programa Fertilidad de suelos, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

DOCUMENTO TECNICO 34

EL RIEGO POR GOTEO: UNA ALTERNATIVA VALIDA PARA FAVORECER
EL INCREMENTO DE LA PRODUCCION Y PRODUCTIVIDAD AGRICOLA
EN LOS PAISES LATINOAMERICANOS

Por: Ing. Agustín Merea Canelo (*)

(*) Coordinador del Programa de Conservación y Manejo de Tierras y Aguas del IICA-Zona Sur.

EL RIEGO POR GOTEO: UNA ALTERNATIVA VALIDA PARA FAVORECER EL INCREMENTO DE LA PRODUCCION Y PRODUCTIVIDAD AGRICOLA EN LOS PAISES LATINOAMERICANOS

I. INTRODUCCION

En los últimos años, en las reuniones que han congregado a los responsables del desarrollo agrícola en los países latinoamericanos, se ha afirmado el consenso de que nuestras áreas actualmente bajo riego y las particularmente aptas para ello, al igual que en otras regiones del mundo en desarrollo, pueden y deben contribuir significativamente al logro del objetivo común de incrementar la producción y productividad agrícola, en especial de alimentos, para satisfacer, progresiva y suficientemente, las legítimas aspiraciones de mejores niveles de alimentación y de vida de la creciente población de la región.

En consecuencia con el consenso mencionado, en dichas reuniones se ha dado preferente atención, por una parte, a identificar los obstáculos que habría que remover para lograr que la agricultura bajo riego pueda cumplir a cabalidad y en el menor plazo posible con dicha significativa contribución y, por otra, a encontrar las soluciones que, adecuadas a los diferentes medios permisivos existentes, permitan la erradicación o minimización de tales obstáculos.

No obstante lo manifestado, las conclusiones generales que se desprenden de la última información disponible para la América Latina señalan meridianamente que cada día es más amplia la brecha a cubrir en materia de producción agrícola, fundamentalmente en alimentos, y que, consecuentemente, resulta indispensable la búsqueda de nuevos enfoques y el desarrollo de instrumentos más eficaces para revertir dicha preocupante realidad.

Nuestros países, en mayor o menor escala, disponen de recursos limitados para lograr en el corto y mediano plazo los objetivos que en el campo económico y social han sido fijados a la amplia gama de políticas y líneas de acción, intersectoriales e interdisciplinarias, puestas en marcha para facilitar y asegurar el incremento de la producción y productividad agrícola de nuestro interés. Ante esta realidad, la solución del problema no resulta fácil, aun circunscrita a la agricultura bajo riego.

En los Seminarios Latinoamericanos que han precedido al que actualmente nos reúne, se ha coincidido en que el método de riego por goteo registra apreciables ventajas para el incremento de la producción y productividad agrícola, consenso que sin lugar a dudas será ratificado también en esta oportunidad. Partiendo de dicha premisa, uno de los objetivos que se pretende alcanzar en este III Seminario es la identificación de los problemas comunes a los países latinoamericanos que vienen afectando la experimentación y consecuente difusión del método de riego por goteo y sus posibles soluciones.

Consignando algunas ideas sobre dichos problemas y sus posibles soluciones, este trabajo pretende servir de base de discusión a los distinguidos especialistas que en representación de sus países participan en este certamen y, consecuentemente, pretende ser útil también para el logro del objetivo puntualizado.

Como antecedentes válidos para la mejor comprensión y consecuente discusión de las ideas que se señalan en este trabajo, se incluyen en el mismo algunos indicadores relacionados con la problemática de la producción y productividad agrícola latinoamericana y una síntesis de las ventajas y limitaciones del método de riego por goteo.

Los indicadores mencionados, actualizados en lo pertinente, han sido tomados del documento básico para discusión titulado "La Expansión de la Frontera Agrícola en Areas Bajo Riego" que el autor del presente trabajo, en cumplimiento del honroso encargo recibido de la Dirección General del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas - OEA (IICA), presentara a la Mesa Redonda que sobre la "Expansión de la Frontera Agrícola para la Producción de Alimentos" se llevara a cabo en ocasión de la VII Conferencia Interamericana de Agricultura (Tegucigalpa, Honduras, 5 al 10 de septiembre de 1977). En aquella oportunidad, dichos indicadores fueron tomados en su mayor parte de documentos oficiales recientes de FAO, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua (Mar del Plata, Argentina, marzo de 1977), Banco Interamericano, Banco Mundial, de los países y del propio IICA.

A su vez, las ventajas y limitaciones que se señalan en relación con el método del riego por goteo se apoyan, tanto en los trabajos y conclusiones de los Seminarios Latinoamericanos precedentes, como en las mas actualizadas informaciones disponibles sobre el tema.

II. ALGUNOS INDICADORES RELACIONADOS CON LA PRODUCCION Y PRODUCTIVIDAD AGRICOLA EN AMERICA LATINA

A. Población y crecimiento demográfico

En 1977 la población estimada de la América Latina ascendió a 320 millones, registrando una tasa de crecimiento de 2.8 por ciento anual entre 1960 y 1977, en comparación con tasas de 2.4 y 1 por ciento para los países en desarrollo en su conjunto y los países industriales, respectivamente. De mantenerse la tasa de crecimiento actual de la población latinoamericana llegará a cerca de 400 millones en 1985.

Se sigue registrando en la región un fuerte incremento en la población urbana, derivado de la rápida migración desde el campo a las ciudades. Se estima que alrededor del 63 por ciento de su población vive actualmente en las ciudades, en comparación con una proporción del 49 por ciento en 1960.

B. Tendencias de la producción agropecuaria total y de alimentos

La producción agropecuaria total de la América Latina ha aumentado año tras año en la década del 70, pero en la práctica, pese a la ligera mejoría experimentada en 1977, puede afirmarse que la expansión de dicha producción agropecuaria total ha sido plenamente anulada por el crecimiento demográfico ya puntualizado.

Por la razón expuesta, la producción agropecuaria total por habitante no ha cambiado y algo parecido ha ocurrido con la producción de alimentos por habitante, que bajó en el período 1970-1972 y subió a un ritmo modesto entre 1973 y 1977.

Las tasas de aumento anual medio en el período 1970-1977 de producción agropecuaria total y de alimentos, ambas por habitante, han sido de alrededor del 0.33 y 1 por ciento, respectivamente. Estos promedios, como es natural, encubren las mejoras y bajas que se registran a nivel de cada país, individualmente considerado.

Por último, lo que es singularmente revelador, es el hecho puesto en evidencia por estudios serios en el sentido de que por lo menos un 50% de la población latinoamericana tiene un déficit en la ingestión diaria de calorías, distribuido en los tramos de población ubicados en los tramos de ingresos que se califican como muy bajo (20%) y bajo (30%). Se señala también que, aparentemente, como derivación de los mayores ingresos y mejor estructura de comercialización que registran las ciudades, el consumo de energía y proteínas es mayor en las áreas que en las zonas rurales.

Existen otra serie de indicadores, tales como la necesidad de vivienda, servicios de agua potable de cañería, alcantarillados, disponibilidad de camas de hospital y niveles de alfabetismo, que enfatizan la desventajosa situación de las áreas rurales ante las urbanas, que justifican ampliamente que a las primeras se las califique como "áreas de expulsión" de la población.

C. Disponibilidad y uso de la tierra y el agua

1. Recursos de tierra

Las definiciones y conceptos usados en América Latina para clasificar las tierras varían ampliamente entre países, haciendo difícil la comparación y consolidación pertinente. En lo que sí existe total coincidencia es en lo que respecta a que la región tiene todavía un apreciable margen para expandir su superficie cultivada, estimándose en 700,8 millones de hectáreas su actual potencial para la producción agropecuaria. Por otro lado, no se discute tampoco que las superficies actualmente cultivadas podrían serlo con mayor intensidad y que existen grandes posibilidades de ampliar las áreas bajo riego en muchos de nuestros países.

Con apoyo en informes nacionales recientes, diagnósticos efectuados por el IICA y estadísticas de la FAO podemos señalar que el total de tierras actualmente cultivadas (cultivos anuales, permanentes, praderas cultivadas y barbechos) asciende a 142 millones de hectáreas, que incluyen aproximadamente 11.6 millones con facilidades de riego total o suplementario, o sea un 8,2% del total cultivado. En relación con las tierras con facilidades de riego, cabe hacer la salvedad que las variaciones anuales que se producen en los volúmenes de agua que aportan las corrientes que les sirven de fuentes de aprovechamiento (la mayor parte de ellas no reguladas), no permiten, en asocio con otros factores, un 100% de intensidad de cultivos en dichas áreas la cual se estima en un promedio anual del 82%. Por otro lado, las variaciones anuales de la precipitación en gran parte de las 128.832.000 hectáreas de cultivo exclusivamente de secano, por exceso o defecto, otorgan un carácter marcadamente aleatorio a la producción pertinente, que se refleja en la relativa frecuencia con que nuestros gobiernos se ven obligados, para morigerar sus desfavorables efectos, a declarar zonas de emergencia y disponer mo ratorias.

CUADRO 1. Tierras cultivadas y bajo riego en los países de las Zonas Norte, Andina, Sur y Antillas del IICA.

P A I S E S	TIERRAS (Miles de Has.)		Porcentaje (3)
	Cultivadas (1)	Regadas (2)	
ZONA NORTE			
Costa Rica	622	66	10,6
El Salvador	733	26	3,5
Guatemala	1.700	60	3,5
Honduras	870	44	5,1
México	27.390	5.000	18,3
Nicaragua	960	29	3,0
Panamá	555	30	5,4
Totales	32.830	5.255	16,8
ZONA ANDINA			
Bolivia	1.100	100	9,1
Colombia	5.090	270	5,3
Ecuador	4.324	190	4,4
Perú	2.880	1.120	38,9
Venezuela	5.214	235	4,5
Totales	18.608	1.915	10,3
ZONA SUR			
Argentina	34.420	1.400	4,1
Brasil	38.803	851	2,2
Chile	5.742	1.244	21,7
Paraguay	970	50	5,2
Uruguay	2.252	45	2,0
Totales	82.187	3.590	4,4
ZONA ANTILLAS			
Haití	908	70	7,7
Santo Domingo	995	130	13,1
Cuba	3.720	530	14,2
Jamaica	260	40	15,4
Cuayana	845	120	14,2
Trinidad Tobago	147	18	12,2
Totales	6.875	908	13,2
TOTAL GENERAL	140.500	11.668	8,4

- NOTAS:
- (1) Comprende cultivos anuales, permanentes, praderas cultivadas y barbechos.
 - (2) Comprende las tierras regadas por canales, depósitos, pozos corrientes, pozos artesianos, aparatos para riego por la aspersión y goteo, independientemente que lo sean durante todo el año o solamente durante la estación seca.
 - (3) De tierras regadas sobre tierras cultivadas.

FUENTES: Informes nacionales recientes, diagnósticos efectuados por el IICA y estadistas de la FAO.

Del análisis efectuado (Ver cuadro N° 1), se desprende que en la actualidad todos los países de la región cuentan con áreas bajo riego, ubicándose el Perú y el Uruguay como los que tienen, respectivamente, el mayor (38,9%) y el menor (2,0%) porcentaje de tierras regadas sobre su total de tierras cultivadas. Se aprecia también, que México es el país que cuenta con la mayor área bajo riego en la región (el 42,8% del total) y que Trinidad Tobago es el que tiene la menor superficie irrigada (el 0,15% del total).

De acuerdo a cifras válidas para 1975, el total mundial de las tierras bajo riego era de 223 millones de hectáreas, incluyendo 92 millones en los países en desarrollo. Consecuentemente, el área bajo riego latinoamericana representa el 5,23% de dicho total mundial y el 12,68% del total en los países en desarrollo.

Como se ha dicho, América Latina tiene un gran potencial para incrementar sus áreas actualmente cultivadas de secano y riego. En el cuadro 2, según datos recopilados por el IICA con apoyo en informes oficiales de los organismos nacionales pertinentes, se muestran las áreas potenciales para riego determinadas para algunos de nuestros países.

CUADRO 2. Areas potenciales para riego en algunos países latinoamericanos

PAIS	Area actual bajo riego	Areas potenciales para riego	% (1)
Panamá	30.260	272.400	900,2
El Salvador	26.150	250.000	956,0
Guatemala	60.000	450.000	750,0
Honduras	44.400	250.000	563,1
México	5.000.000	8.000.000	160,0
Bolivia	100.000	600.000	600,0
Perú	1.120.000	1.733.000	154,7
Venezuela	235.000	727.000	309,4
Haití	70.000	110.000	157,1
Chile	1.244.000	1.300.000 (2)	104,5
Brasil	851.000	2.964.000 (3)	348,3

(1) Del potencial de hectáreas de riego sobre hectáreas actualmente regadas.

(2) Incluye 800.000 de mejoramiento de riego.

(3) Limitado al Valle de San Francisco.

En términos generales, se puede afirmar que los restantes países latinoamericanos que no figuran en el Cuadro 2, cuentan también con un apreciable potencial para incorporar nuevas áreas al riego. Esta afirmación se refuerza en el hecho de que todos nuestros países, en mayor o menor medida, cuentan con programas para la incorporación, rehabilitación y mejoramiento de nuevas áreas en el corto y mediano plazo, cuyo detalle, para algunos de ellos, se brinda en el Cuadro 3.

CUADRO 3. Areas de riego a incorporar en algunos países latinoamericanos en el corto y mediano plazo.

PAISES	Areas bajo riego Has.		% de aumento (2)
	Actuales	Programas (1)	
Honduras	44.400	76.705	172,7
El Salvador	26.150	152.809	584,4
Costa Rica	66.300	100.000	150,8
Panamá	30.260	72.772	240,5
Colombia	270.000	90.000	33,3
Perú	1.120.000	224.670	20,1
Brasil	851.000	538.600 (3)	63,3
Chile	1.244.000	92.000	7,4
Uruguay	45.000	57.200 (3)	127,1

FUENTES: Los diagnósticos efectuados por el IICA para cada país citado.

NOTA: (1) Mediano plazo hasta 30 años y a diferentes niveles de estudio, financiamiento y ejecución.

(2) De las áreas nuevas sobre las actuales.

(3) Limitado al Valle de San Francisco.

En resumen, no creemos equivocarnos al afirmar que la América Latina, como un todo, no presenta mayores restricciones en lo que hace a disponibilidad de tierras aptas para ser incorporadas a la producción agrícola bajo riego, en especial de alimentos.

2. Recursos de agua

En términos generales, América Latina es una región húmeda y numerosos estudios coinciden en considerarla como la región mejor dotada de agua del mundo.

La precipitación promedio anual asciende a 1.500 m.m., superior en un 60% al promedio mundial; la escorrentía media anual es de 370.000 m³ por segundo, equivalente al 30% del total mundial.

En la práctica, los significativos promedios señalados encubren diferencias muy notables, que en relación con la demanda-oferta de agua permiten que muchos de los países latinoamericanos estén afrontando problemas que muy apropiadamente han sido calificados de "escaseces en la abundancia".

En lo que se refiere a precipitaciones, existen zonas como la mayor parte de la costa del Perú y Norte de Chile, con prácticamente cero de precipitaciones útiles, mientras que en el Chocó Colombiano y el Darién Panameño se tienen precipitaciones anuales de cercade 8.000 m.m. Por otro lado, zonas con registros promedios anuales de 1.200 m.m., acusan grandes variaciones estacionales y aun anuales en intensidad y frecuencia, que hacen marcadamente aleatorio, por exceso o por defecto, como ya se ha señalado, el éxito de los cultivos de secano, en especial de los anuales con ciclos vegetativos que superan los 100 días y los permanentes.

Las variaciones estacionales y anuales de las precipitaciones se reflejan en grandes variaciones de los caudales y comportamiento de nuestras cuencas. Solo las cuencas superiores de los ríos andinos, al sur del paralelo 28, reciben una cantidad apreciable de agua proveniente de glaciares y deshielos, sin que esta circunstancia, en muchos casos, les asegure una adecuada regularidad.

La mayor demanda para riego en América Latina, al igual que para el abastecimiento de servicios de agua potable e industria, se concentra en los ríos medianos y pequeños de las zonas con precipitaciones menores, que por regla general son los que experimentan las mayores variaciones en sus caudales. En mucho menor escala, dichos usos se apoyan en aguas subterráneas, cuyo potencial en la región si bien se estima apreciable es todavía muy poco conocido. Los grandes ríos de la región, como el Amazonas, el Orinoco, el Plata y el Magdalena, en razón de las características de las zonas bajo su influencia, no abastecen en la práctica áreas significativas bajo riego.

En las últimas décadas se viene registrando en América Latina, al igual que en las restantes regiones del mundo, un acelerado aumento de los usos del agua. Esto, como consecuencia en gran medida de la expansión dinámica urbana e industrial, lo que justifica que destacados especialistas, parodiando la calificación de "década de la energía" dada a la del 70, señalen a la del 80 como la "década de la sed".

Como consecuencia de lo expresado en último término, se ha tenido que recurrir a la construcción de embalses reguladores, cuya evolución, según información de la International Commission on Large Dams, World Register of Dams, Paris, Francia, se puede apreciar en los Cuadros 4 y 5.

CUADRO 4. América Latina: Capacidad de los embalses por período de puesta en marcha (millones de m³)

Período puesta en marcha	De un objetivo: hidro-electricidad	Riego, agua potable, prevención crecidas	De múltiples objetivos	Total para el período
Antes de 1942	2.254 (41)	3.386 (111)	9.531 (39)	15.171 (191)
1943-1952	8.420 (30)	2.958 (56)	9.746 (23)	21.124 (103)
1953-1962	15.376 (56)	3.531 (108)	64.679 (49)	83.586 (213)
1963-1972	46.890 (42)	9.714 (183)	70.176 (52)	126.780 (277)
En construcción	191.626 (24)	7.428 (48)	37.159 (23)	236.213 (95)

(*) Se incluyen las preses de más de 15 m. de altura, y aquellas que tienen entre 10 y 15 m. de altura, si la longitud de su coronamiento es superior a 500 m, su capacidad es de 1 millón de m³ o más, o si la capacidad de descarga de crecimiento es superior a 2.000 m³/segundo.

(**) Los números en paréntesis indican el número de embalses.

CUADRO 5. América Latina: Capacidad promedio de los embalses por período de puesta en marcha. (millones de m³).

Período puesta en marcha	De un objetivo: hidro-electricidad	Riego, agua potable, prevención crecidas	De múltiples objetivos	TOTAL
Antes de 1942	55	31	244	79
1943-1952	281	59	424	205
1953-1962	275	33	1.320	392
1963-1972	1.116	53	1.350	458
En construcción	7.984	155	1.616	2.486

Del Cuadro 4 se desprende que, en la región, si bien los embalses construidos y en construcción exclusivamente para riego, agua potable y control de crecidas son los más numerosos (506 contra 193 exclusivamente para generación de energía hidroeléctrica y 186 para objetivos múltiples), su capacidad total de almacenamiento está muy lejos de la que registran los otros dos tipos de embalses (27.017 millones de m³ contra 264.566 y 191.291). En consecuencia con lo anterior, del Cuadro 5 fluye que la capacidad promedio de los embalses de nuestro interés es sensiblemente inferior a la que registran los otros dos tipos identificados (155 millones de m³ contra 7.984 y 1.616 millones, tomando en cuenta la información dada para los embalses en construcción).

Las conclusiones citadas en último término confirman lo ya expresado, o sea, que la demanda de agua para riego es atendida fundamentalmente por los ríos medianos y pequeños. No obstante, con apoyo en los avances de la tecnología de la construcción, puede afirmarse que es mucho lo que puede hacerse en la región en el corto y mediano plazo para, mediante embalses, aprovechar en mucho mayor escala los cursos mencionados.

Como un ejemplo del potencial señalado, extraído del Informe Oficial de la República del Perú a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua (Mar del Plata, Argentina, marzo 1977), puede citarse que en la vertiente del Pacífico, el volumen anual estructurado de escurrimiento de los ríos de dicho país es de 40.000 millones de m³, de los que solamente el 25% es utilizado con fines agrícolas, descargando en el mar el 75% restante. Sin embargo, en la costa peruana existe un déficit promedio anual de aguas de riego para su área actualmente bajo riego de 4.000 millones de m³, causado por el régimen hidrológico irregular de la vertiente y la escasez de obras de regulación es de 2.500 millones de m³ y la capacidad potencial neta que podría aprovecharse mediante obras de regulación adicionales es de 6.500 millones.

Otras acciones que pueden contribuir en apreciable medida a reducir en el mediano plazo los déficits de agua para mejorar o ampliar las áreas latinoamericanas actualmente bajo riego, son las que se derivan del traslado de aguas de una cuenca a otra y de la utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas.

En materia de traslados de agua entre cuencas existen algunas realizaciones y pueden citarse ambiciosos proyectos en la Argentina, Chile, México y Perú que en conjunto podrían beneficiar aproximadamente 3.000.000 de hectáreas en el medio plazo. También, en dichos países, entre otros, se viene utilizando ya importantes volúmenes de aguas subterráneas.

Si se parte de las estimaciones presentadas por FAO en 1977 a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua, ya mencionada, la demanda bruta de agua para las áreas de riego en América Latina (asumiendo aguas de lluvias, superficiales y subterráneas y un promedio de 9164 m³ de agua por hectárea), puede fijarse aproximadamente en 107 millones de m³ anuales la demanda bruta de las 11.668.000 hectáreas actualmente bajo riego consignadas en el Cuadro 1. Dicho volumen bruto anual es sustancialmente superado por la disponibilidad de aguas señalada y, más aún, de elevarse la eficiencia global de los sistemas de riego por gravedad tradicionales predominante e incorporarse métodos de riego de probada mayor eficiencia como el de goteo, podrían liberarse importantes volúmenes adicionales para ampliar y mejorar las áreas de riego existentes.

En resumen, teniendo en cuenta la información brindada en este numeral, puede ratificarse en términos generales que la región no presenta mayores limitaciones físicas para disponer en el corto y mediano plazo de aguas adicionales para satisfacer las demandas de riego total o suplementario de nuevas áreas de agricultura bajo riego. Las principales que deberán superarse para el efecto se relacionan fundamentalmente con la disponibilidad de recursos financieros suficientes y oportunos y la adopción por los agricultores de prácticas de riego más eficientes, entre las cuales puede y debe corresponder un importante rol al método de riego por goteo.

Lo afirmado en cuanto a que América Latina cuenta con un gran potencial de tierras y aguas para la expansión de sus áreas bajo riego fue confirmado también con los datos hechos públicos en ocasión del Congreso de las Naciones Unidas sobre la "Población Mundial, los Recursos Humanos y el Medio Ambiente", realizado en Bucarest, Rumanía, del 19 al 30 de agosto de 1974. En efecto, en el Tema 9, página 16 de la Agenda Provisional de dicho certámen, se señala que la capacidad mundial de riego, conjugando aguas y tierras disponibles en zonas fuera de los trópicos húmedos, alcanza a 947 millones de hectáreas, de las cuales, en la actualidad, se riega aproximadamente el 25%. De esa capacidad total corresponden 240 millones de hectáreas al continente americano (160 a Sud América y 80 a América Central y del Norte).

III. MAGNITUD DE LOS PROGRAMAS DE ACCION SUGERIDOS EN RELACION CON EL APROVECHAMIENTO CONJUNTO DE LOS RECURSOS DE TIERRAS Y AGUAS PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCION AGRICOLA EN AMERICA LATINA

A. La Conferencia Mundial de la Alimentación

En la Conferencia citada, celebrada en noviembre de 1974, se señalaron dos programas de acción fundamentales a desarrollar en un período de diez años (1975-1985) para, en relación con el aprovechamiento conjunto de tierras y aguas, revertir significativamente la desfavorable situación que en materia de producción agrícola y, en especial de alimentos, registran los países en desarrollo.

La primera de dichas prioridades consiste en mejorar y rehabilitar los sistemas de riego existentes, los cuales por descuido o ignorancia o por ambas cosas simultáneamente, no se vienen utilizando plenamente, lo cual significa en la práctica que se pierde una parte de la producción potencial, se desperdicia el recurso agua y se deterioran las tierras productivas. Se estimó que dentro del programa de 10 años señalado, las medidas correctivas deberían aplicarse, aproximadamente, a cerca del 50% de las hectáreas de regadío existentes en los países en desarrollo.

En segundo lugar, para el mismo período de 10 años, se sugirió un aumento del 25% en la superficie regada de los países mencionados.

Los programas de acción reseñados se apoyan en la premisa que cualquiera que sea el país, la importancia que se conceda al establecimiento de nuevos sistemas de regadío, o al mejoramiento de los ya existentes, dependerá de las condiciones económicas y sociales específicas, aunque influirán también otros factores tales como la disponibilidad o la escasez de aguas o tierras. Se señala también, que en general, lo más urgente es rehabilitar y mejorar los sistemas, pero que a largo plazo no será posible alimentar a toda la población del mundo si además de introducir todas las mejoras posibles en los rendimientos no se utilizan para la agricultura nuevas tierras y nuevos e importantes recursos hídricos.

B. Nuevo análisis para la utilización del agua en la agricultura comprendiendo el período 1975-1990

A solicitud del Secretario General de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua, la FAO preparó un borrador del documento titulado "Agua para la Agricultura", el cual, examinado, revisado y aprobado por un grupo de 12 consultores especialmente convocados (incluyendo dos latinoamericanos), fue presentado en la mencionada Conferencia, realizada en marzo de 1977 en Mar del Plata, Argentina.

En dicho documento, con datos extraídos esencialmente de fuentes tales como el Plan Indicativo Mundial para el Desarrollo Agrícola; Conferencia Mundial de la Alimentación; Comisión Internacional de Riego y Avenamientos (CIRA); Comité Nacional de la CIRA de la URSS; El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación (1971, 1972, 1973 y 1974); Boletines mensuales de economía y estadísticas agrícolas y varios informes de campo, se ha hecho un nuevo análisis de la situación para una mejor precisión de lo que es necesario hacer en materia de utilización del agua para la agricultura, comprendiendo el período 1975-1990 (15 años).

Con apoyo en las conclusiones del citado estudio, y para los fines específicos de este documento de trabajo, se consignan a continuación los Cuadros 6, 7 y 8, que muestran, respectivamente, las metas que debe alcanzar latinoamérica en materia de mejoramiento de sistemas de riego existentes e incorporación de nuevas áreas bajo riego; construcción de nuevos sistemas de drenaje (avenamiento) y las inversiones requeridas para dichos fines a precios de 1975.

CUADRO 6. Superficie latinoamericana actualmente bajo riego y su proyección requerida para 1990 en mejoramiento e incorporación de nuevas áreas (En miles de hectáreas).

ZONAS	1975	1990		
	Area actualmente regada	Mejoramiento áreas de riego		Area de Riego a incorporar (*)
		Pequeñas mejoras	Grandes mejoras	
América Central y México	5.255	800	800	1.000
Sudamérica	5.505	1.387	1.387	1.861
Las Antillas (Caribe)	908	162	162	240
TOTALES	11.668	2.349	2.349	3.101

(*) Incluye sistemas de drenaje.

CUADRO 7. Superficie latinoamericana actualmente con sistemas de drenaje y su proyección requerida para 1990 en áreas actualmente con y sin riego. (En miles de hectáreas).

ZONAS	1975	1990	
	Con y sin riego	Areas a dotar de sistemas de drenaje	
		Con riego	Sin riego
América Central y México	8.160	211	4.154
Sudamérica	37.225	1.730	12.762
Las Antillas (Caribe)	1.200	77	311
TOTALES	46.585	2.018	17.227

CUADRO 8. Inversiones necesarias en Latinoamérica para alcanzar en 1990 las metas previstas en: mejoramiento de sistemas de riego existentes, nuevo sistema de riego y nuevos sistemas de drenaje, con indicación de costos promedios por hectáreas. (A precios de 1975).

ZONAS	Mejoramiento de Riego (1)		Nuevos Sistemas de Riego (2)		Nuevos Sistemas de Drenaje (3)			Demanda de Agua	
	Superficie (miles Has)	Costo Total (U\$S x 10 ⁶)	Superficie (miles Has)	Costo Total (U\$S x 10 ⁶)	Promedio Ha. (U\$S)	Superficie (miles Has)	Costo Total (U\$S x 10 ⁶)		Promedio Ha. (U\$S)
América Central y México	1.600	880	1.000	2.400	2.400	4.365	270	62	9.30
Sudamérica	2.774	1.047	1.861	3.536	1.900	14.492	1.157	80	21.20
Las Antillas (Caribe)	324	179	240	576	2.400	388	39	101	2.17
TOTALES	4.698	2.106	3.101 ⁽⁴⁾	6.512	2.100	19.245	1.466	76	32.67

NOTA:

- (1) Incluye pequeñas y grandes mejoras con costos por Ha. variable entre 200 y 800 U\$S.
- (2) Incluye obras de drenaje y en el caso de obras para uso múltiple del agua sólo se ha incluido los costos correspondientes al riego.
- (3) Incluye la construcción de sistemas de drenaje en áreas actualmente bajo riego y en áreas no regadas, con costos por Ha. variable entre 50 y 300 U\$S.
- (4) Teniendo en cuenta la mayor intensidad de cultivos que se prevé para las áreas actualmente bajo riego que serían mejoradas, en 1990 se tendría un aumento real de la superficie cultivada bajo riego equivalente a 3.565.000 hectáreas.

Del análisis de dichos cuadros surge meridianamente la magnitud del programa que en materia de uso conjunto de tierras y aguas debe realizarse en la región en el período 1975-1990. Las cifras resultantes son las siguientes:

- 4,7 millones de hectáreas de riego mejoradas.
- 3,1 millones de hectáreas de nuevos sistemas de riego.
- 19,2 millones de hectáreas de nuevos sistemas de drenaje.
- 32.670 millones de m³ anuales de agua adicional para riego.
- 10.084 millones de dólares de inversiones (a precios de 1975).

De acuerdo a lo ya puntualizado en este documento, se estima que nuestros países no tendrán mayores limitaciones para disponer de las tierras y aguas necesarias para el cumplimiento del programa recomendado, lo cual, desafortunadamente, no puede extenderse a otros factores y en especial a lo que se relaciona con la disponibilidad oportuna y suficiente de los apreciables recursos financieros requeridos.

Lo aseverado en último término tiene mayor validez si se toma en cuenta que la estimación de recursos financieros responde a precios de 1975, y que, como es de todos conocido, en estos cuatro últimos años, como derivación del proceso inflacionario en curso, los costos de obras y trabajos han sufrido fuertes incrementos. En efecto, no es raro encontrar ahora en Latinoamérica sistemas de riego en construcción con costos que superan los U\$S 4.000 por hectáreas y trabajos de mejoramiento que bordean los U\$S 1.000 por hectárea. Conservadoramente, a la fecha, el estimado de U\$S 10.084 millones podría elevarse en un 70%, o sea, a un valor aproximado de U\$S 17.000 millones.

El BID y el Banco Mundial son los organismos internacionales que, mediante préstamos, han contribuido en mayor medida en estos últimos 18 años al financiamiento externo de los sistemas de riego latinoamericanos. De los Cuadros 9 y 10 se desprende que hasta abril de 1975 ambos organismos han otorgado préstamos por un total de U\$S 1.264 millones (considerando U\$S 200 millones prestados por el Banco Mundial antes de 1965), beneficiando aproximadamente 2.100.000 de hectáreas en 88 proyectos distribuidos en 12 países latinoamericanos.

La suma prestada por los Bancos mencionados representa aproximadamente el 40% del costo total de los proyectos de riego materia de financiación. El 60% de dicho costo, alrededor de U\$S 1.600 millones, ha sido asumido por los países, con recursos propios. En mucho menor escala, algunos de nuestros países han obtenido, en especial a partir de los últimos 10 años, financiaciones externas de diferentes países industrializados, las cuales, generalmente, han sido condicionadas a la provisión de equipos y servicios de asistencia y supervisión técnica.

CUADRO 9. Préstamos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), para proyectos de riego. (Período septiembre 1961 - marzo 1975). (En miles de U\$S).

PAISES	Proyectos	Valor de préstamos	Inversión Total	% (3)
Argentina	3	50.298	155.890	7,5
Chile	2	5.711	25.879	0,9
Colombia	2	9.700	41.372	1,4
Ecuador	2	24.900	35.800	3,7
El Salvador	1	8.000	10.609	1,2
Guatemala	1	6.000	10.000	0,9
México	36	473.557	1.134.454	70,7
Perú	27	64.010	100.577	9,6
Rep. Dominicana	1	18.800	44.175	2,8
Venezuela	1	8.467	181.340	1,3
TOTALES	76 (1)	669.443 (2)	1.740.096	100,0

NOTAS:

- (1) Comprenden construcción de embalses y de infraestructura de riego; reconstrucción, mejoramiento y ampliación de infraestructura de riego, obras de drenaje, defensa contra inundaciones, nivelación de tierras para riego, asistencia técnica, etc. Aproximadamente han beneficiado 1 millón de Has.
- (2) A partir de abril de 1975, el BID ha otorgado préstamos adicionales en Argentina, Chile, Perú, Ecuador, México y Costa Rica para los fines señalados en Nota (1).
- (3) Porcentaje recibido en relación con los préstamos totales otorgados por el BID.

FUENTE: Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

CUADRO 10. Préstamos del Banco Mundial para Proyectos de Riego en Países Latino americanos. (Perfodo junio 1965 - abril 1975). (En miles de U\$S).

PAISES	Proyectos	Valor de préstamos	Inversión Total	Has. Beneficiadas	% (4)
Brasil	1	23.000	56.500	32.000	5,8
Colombia	2	35.000	61.800	60.900	8,9
Ecuador	1	5.500	11.000	15.000	1,4
Guyana	1	12.900	18.500	16.900	3,3
México	5	299.000	696.200	720.000	75,7
Perú	1	6.500	13.000	27.000	1,6
Rep. Dominicana	1	13.000	55.000	27.500	3,3
TOTALES	12 (1)	394.900 (2)	912.000	899.300 (3)	100,0

NOTAS:

- (1) Comprenden construcción de embalses y de infraestructura de riego; reconstrucción, mejoramiento y ampliación de infraestructura de riego; obras de drenaje, defensa contra inundaciones; nivelación de tierras para riego; asistencia técnica; etc.
- (2) Incluye préstamos que en abril de 1975 estaban en etapa final de aprobación (1 de Brasil de U\$S 23.000; 1 de Colombia de U\$S 21.000 y 2 de México de U\$S 150.000).
- (3) En años anteriores a 1965 el Banco Mundial ha otorgado préstamos por un valor aproximado de U\$S 200 millones para alrededor de 200.000 Has.
- (4) Porcentaje recibido en relación con los préstamos totales otorgados por el Banco Mundial.

Para dar una idea de la magnitud del esfuerzo que se requiere para que nuestros países puedan cumplir en el período 1975-1990 con las metas globales señaladas para mejorar e incrementar sus áreas de riego, en el supuesto de que la financiación de los U\$S 17.000 millones previstos pudiera ser financiada en un 60% por los países y en un 40% por los Bancos citados, puede señalarse que éstos últimos deberían tener capacidad de otorgar préstamos por U\$S 6.800 millones y los países la de invertir U\$S 10.200 millones de recursos propios. Esto significa, en la práctica, que debería casi sextuplicarse lo financiado por ambas partes en el período de 15 años inmediatamente anterior (1960-1975).

El documento "Agua para la Agricultura", ya citado, consigna también los estimados hechos en relación con los recursos humanos que se requieren para el estudio, construcción, operación, conservación y desarrollo de los 3.100.000 hectáreas que se recomienda incorporar a la agricultura intensiva en nuevos proyectos de riego durante el período 1975-1990. Dichos estimados pueden apreciarse en el Cuadro 11.

CUADRO 11. Necesidades de recursos humanos para el estudio, construcción, operación, conservación, mantenimiento y desarrollo de los nuevos sistemas de riego previstos como requeridos en el período 1975-1990.

ZONAS	Superficie (Ha. x 1000)	Agricultores x 1000	Trabajadores Agrícolas x 1000	Trabajadores Manuales x (1)	Trabajadores Especiales(2)	Técnicos (3)	Agentes de extensión	Personal Profesional (4)
América Central y México	1.000	100	20	1.000	2.080	1.160	200	250
Sudamérica	1.860	186	37	5.000	3.490	2.300	370	460
Las Antillas (Caribe)	240	30	6	1.000	780	330	60	60
TOTALES	3.100	316	63	7.000	6.350	3.790	630	770

NOTA:

- (1) Trabajadores manuales: empleados permanentes.
- (2) Trabajadores calificados: inspectores de acequias, operadores de bombas, maquinaria pesada, etc.
- (3) Técnicos y empleados de oficina: peritos agrónomos, topógrafos, mecánicos, empleados administrativos y de contabilidad, etc.
- (4) Personal profesional: ingenieros viciales; mecánicos; agrónomos; contadores; economistas; etc.

En relación con las cifras de dicho cuadro, cabe resaltar que el promedio de superficie por agricultor a beneficiar ha sido estimado en 10 hectáreas para la América Central, México y Sudamérica y en 8 hectáreas para las Antillas. En opinión personal, en algunos de nuestros países dichos promedios podrían elevarse para facilitar el ingreso a la actividad agrícola bajo riego de medianos agricultores, en especial de jóvenes profesionales y técnicos de la agronomía. Por otro lado, creemos también que si bien es cierto que en muchos de nuestros países, sin mayor tradición y realizaciones en materia de riego, se pueden tener limitaciones para contar con el personal profesional y técnico idóneo requerido para los nuevos proyectos de riego, no puede desconocerse que en otros, como México, Perú, la Argentina y Chile, no se tendrán mayores limitaciones al respecto. Más aún, creemos también, que los países identificados están en capacidad, actuando mediante acuerdos bilaterales o en asocio con programas de los organismos del sistema mundial y regional, de prestar la valiosa colaboración de sus profesionales y técnicos en materia de riego a los países hermanos que lo requieran.

Los problemas, que en materia de financiamiento y requerimientos de personal se han destacado en este numeral, no son los únicos que deberán superar los países de la región para cumplir a cabalidad con el programa recomendado para 1975-1990. Existen otros muchos problemas, estrechamente interrelacionados, que actualmente vienen atentando contra una mejor producción y productividad de nuestras actuales áreas bajo riego, los cuales, de no ser superados en el corto y mediano plazo, incidirán negativamente también contra el mejor y más correcto cumplimiento del programa tratado en el presente Capítulo.

IV. PROBLEMAS QUE ATENTAN CONTRA UNA MAYOR PRODUCCION Y PRODUCTIVIDAD AGRICOLA EN LAS AREAS LATINOAMERICANAS BAJO RIEGO

Al titular este trabajo -"El Riego por Goteo: Una alternativa válida para favorecer el incremento y productividad agrícola en los países latinoamericanos"- no se ha querido significar en modo alguno dicho método, per se, puede constituirse en la solución fundamental para el logro de dicho objetivo. Se cree si, que puede y debe constituirse en una herramienta útil para contribuir a tal logro, en especial en aquellas zonas latinoamericanas con serias limitaciones en cuanto a calidad y cantidad de sus tierras y aguas.

Tal como se ha señalado, los problemas que atentan contra el mejor y más rápido incremento de la producción y productividad agrícola latinoamericana, aún limitados a las áreas bajo riego, son muchos, variados y complejos, intersectoriales e interdisciplinarios.

De acuerdo al objetivo específico señalado al presente trabajo, no corresponde incidir en detalle sobre algunos de dichos problemas, que pueden identificarse como comunes a muchos de nuestros países. No obstante, se enuncian los que fueron señalados en el documento de trabajo "La expansión de la Frontera Agrícola en Areas bajo Riego", que como ya se mencionara fue presentado a consideración de la mesa redonda que integraran calificados ejecutivos y especialistas en ocasión de la VII Conferencia Interamericana de Agricultura, documento que esta ocasión se pone a disposición de los participantes en el Seminario.

Los problemas comunes a nuestros países latinoamericanos identificados y tratados con algún detalle en la ocasión indicada, fueron los siguientes:

- Eficiencia global de los sistemas o distritos de riego.
- Lento proceso de desarrollo de los proyectos de riego.
- Inadecuado manejo de los proyectos de riego.
- Inexistencia de Planes Nacionales de Ordenamiento de los Recursos Hidráulicos.
- Participación de los Ministerios de Agricultura en el estudio, diseño, construcción y manejo de los proyectos de riego.
- Insuficiencia de investigaciones para apoyo del mejor desarrollo de la agricultura bajo riego.

En adición a los problemas enunciados, el documento en mención consignó y trató también con cierto detalle algunas de las líneas de acción que se estiman indispensables para el mejor desarrollo de nuestros proyectos de riego. Los títulos de dichas líneas de acción fueron los siguientes:

- Planificación Agrícola.
- Actualización de las normas legales y reglamentarias relacionadas con el uso de las aguas.
- Aplicación de acciones de Reforma Agraria o Reordenamiento Rural.
- Prioridad en las inversiones públicas para programas de riego.
- Investigación Agrícola y Asistencia Técnica.
- El Crédito Agrícola.
- El Mercadeo Agrícola.
- Capacitación y Adiestramiento.
- Organización Institucional.

V. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL RIEGO POR GOTEO

Como se adelantara en la introducción de este trabajo, las ventajas y limitaciones que en apretado resumen se consignan a continuación se apoyan, tanto en los trabajos y conclusiones de los Seminarios Latinoamericanos sobre Riego por Goteo precedentes, como en las más actualizadas informaciones disponibles sobre el tema.

A. Ventajas

1. Una alta eficiencia de aplicación del agua para riego (96 - 98%) que se compara favorablemente con las obtendias mediante métodos tradicionales de gravedad y por aspersión.

2. Gran adaptabilidad a suelos de cualquier textura, topografía y a diferentes climas, permitiendo incorporar a la agricultura intensiva suelos que se califican como marginales desde el punto de vista de la aplicación de otros métodos de riego (en especial suelos gruesos y arenosos bajo altas temperaturas y baja humedad relativa).
3. Su posibilidad de uso (con excepciones como el arroz) en casi todos los cultivos.
4. No requerir trabajos de nivelación de tierras, los cuales en la generalidad de los casos implican una fuerte inversión inicial, la alteración de la fertilidad del suelo y un retraso, hasta la normalización del mismo, de su más adecuado aprovechamiento.
5. Permitir significativos incrementos en la producción agrícola tanto en cantidad como en calidad, lo cual constituye su principal ventaja. (Se conoce que no son poco comunes cosechas a nivel comercial de hasta 200 toneladas por hectárea de tomate, 50 toneladas por hectárea de melones y 120 toneladas por hectárea de manzanas y peras).
6. En general, adelantos en la época de cosecha, facilitando la obtención de mejores precios y una más rápida recuperación de la inversión.
7. La facilidad de controlar la aplicación del agua a los cultivos computando la demanda de agua (bajo condiciones de transpiración potencial) mediante tanques de evaporación tipo A.
8. El permitir aprovechar, sin mayores efectos nocivos contra las plantas, aguas con altos contenidos de sales solubles, generalmente consideradas marginales para la aplicación de otros métodos de riego. En Israel, en Campos comerciales y experimentales se han obtenido excelentes cosechas mediante el riego por goteo con aguas con contenidos de 600 p.p.m. Cl. a 1.200 p.p.m. Cl, superando el concepto de que sólo podrían considerarse aguas de buena calidad y apropiadas para los usos agrícolas aquellas que registraban hasta 300 p.p. m. Cl.
9. Esta constituido por un conjunto de implementos que no ofrece mayores dificultades para su operación, con grandes posibilidades de automatización y ahorro efectivo de mano de obra, si fuere del caso. Consecuentemente, con grandes ventajas para su adopción por pequeños y medianos agricultores.
10. No dificultar las labores de cultivo y de cosecha, ni las de aplicación de insecticidas, fungicidas, fertilizantes, etc.
11. Nula interferencia de la acción del viento en la aplicación del riego.
12. La reducida proliferación de malas hierbas, especialmente en áreas de escasas precipitaciones, con las naturales ventajas en cuanto al ahorro de mano de obra, agua de riego y fertilizantes.

13. Permitir aprovechar recursos hídricos que por ser tan limitados sería antieconómico usarlos para agricultura mediante otros métodos de riego, en especial cuando se trata del aprovechamiento de aguas subterráneas de gran profundidad y elevado costo de alumbramiento.
14. No permitir el escurrimiento del agua en la superficie a lo largo de los surcos y, por lo tanto, eliminar la erosión del suelo y la pérdida de agua en los extremos de los surcos.

B. Limitaciones

1. El hasta ahora poco generalizado conocimiento de los fundamentos, criterios de diseño, operación y mantenimiento necesarios para garantizar la correcta implantación y generalización del método.
2. El alto costo de inversión inicial requerido, con la salvedad de que dicho costo es casi proporcional a la cantidad de líneas de distribución que se colocan en el campo y la longitud de líneas por hectárea. (Consecuentemente, hasta el momento se observa que el método sólo se aplica en cultivos de frutales y hortalizas, de alto rendimiento económico, no apreciándose su uso en cultivos como trigo, cebada, sorgo, cártamo, etc.).
3. Posibilidad de mayor incidencia de plagas y enfermedades, por el alto contenido de humedad en el suelo y en las plantas.
4. Requerir un mantenimiento adecuado y constante, en especial en lo referente al funcionamiento de los goteros para un abastecimiento adecuado de agua para todas las plantas que asegure un desarrollo uniforme y un máximo de producción.
5. En el caso de aguas turbias, la necesidad de instalaciones especiales de filtración y decantación para evitar el taponamiento de los goteros.
6. Necesidad de que los fertilizantes que se apliquen con el agua de riego sean altamente solubles.
7. Subsistir algunos interrogantes sobre los resultados y efectos secundarios a largo plazo que, en relación con aspectos agronómicos, pueden derivarse de su aplicación.

VI. RECOMENDACIONES

Con la reiteración, por una parte, del convencimiento de que el método de riego por goteo, correctamente seleccionado, diseñado, instalado, operado y mantenido, puede y debe constituirse en una herramienta útil en muy importantes áreas latinoamericanas para favorecer el incremento de la producción y productividad agrícola y, por otra, la salvedad de que en su mayor parte ya han sido expresadas en los Seminarios precedentes, se consignan a continuación algunas recomendaciones que pueden ser útiles al mejor conocimiento y más rápida difusión del método:

1. Que en los planes de estudios teórico-prácticos de las instituciones de instrucción media y superior en Ciencias Agropecuarias se incorporen y/o refuerzen los aspectos concernientes a los fundamentos del método de riego por goteo y a la selección, diseño, instalación, operación y mantenimiento de los equipos pertinentes.
2. Que los servicios oficiales de investigación de los países latinoamericanos implanten y/o impulsen significativamente, en especial en áreas con serias limitaciones de aguas y tierras en cantidad y calidad, programas tendientes a perfeccionar las técnicas de aplicación del método de riego por goteo en aspectos tales como:
 - densidad de plantas
 - espaciamiento entre goteros
 - calendario de riegos
 - fertilización
 - Control de sedimentos y algas
 - selección, operación y conservación de equipos
 - adelanto de cosechas
 - mejoramiento de la calidad de los productos
 - eficiencia de la producción por unidad de volumen de agua aplicada
 - lavado de suelos
 - control de heladas
3. Que los servicios de extensión agrícola y asistencia técnica, capitalizando al máximo los resultados de la investigación, den prioridad a la divulgación entre los agricultores de las áreas bajo riego o potencialmente aptas para ello, del conjunto de prácticas y normas que favorezcan el conocimiento y adecuada adopción del método de riego por goteo.
4. Que para actualizar los conocimientos de los profesionales y técnicos que prestan servicios en las instituciones públicas y privadas con responsabilidades en el desarrollo de la agricultura bajo riego, se les brinde cursos cortos y ciclos de capacitación y adiestramiento sobre el método de riego por goteo; incluyendo a los agricultores.
5. Que se dicten las disposiciones que permitan establecer líneas de crédito oficial y privado a mediano plazo para la adquisición e instalación de equipos de riego por goteo, incluyendo el financiamiento de la asistencia técnica que pudiera requerirse.
6. Que se establezcan incentivos de diferente tipo que favorezcan la implantación de fábricas de equipos para riego por goteo y/o permitan la importación de los mismos a precios económicamente aceptables.
7. Que se realicen y/o incrementen estudios que permitan conocer y divulgar las ventajas económicas de la aplicación del método de riego por goteo en relación con otros métodos de riego.

8. Que los participantes en el III Seminario Latinoamericano sobre Riego por Goteo se pronuncien sobre la conveniencia de crear una Asociación Latinoamericana de Riego por Goteo (ALARGO), la cual, sin fines de lucro, nucleee a los profesionales dedicados a los diferentes aspectos teóricos o prácticos relacionados con el riego por goteo, con los siguientes objetivos básicos:
- Contribuir al mejoramiento de las técnicas existentes para la selección, diseño, operación, conservación y evaluación de equipos de riego por goteo.
 - Facilitar la vinculación permanente entre sus miembros, así como apoyar el estudio e implantación de proyectos de riego que contemplen la utilización del método de riego por goteo.
 - Favorecer el intercambio de información entre sus miembros sobre los progresos técnicos y prácticos producidos en la materia.
 - Establecer enlaces con instituciones nacionales e internacionales que desarrollen actividades vinculadas a los objetivos de la Asociación.

RESERVA
NO FINE CAUSIDE
DE BIELLI
Digitized by Google

