

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD
EN LATERALES DE RIEGO POR GOTEO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

JUAN MANUEL RIVERA MARTINEZ

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE 1977

T

S605

R5

c.1



1080063621

Clasif.

T

S605

R5

040.631
FA 8
1977



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DEL COEFICIENTE DE UNIFORMI-
DAD EN LATERALES DE RIEGO POR GOTEO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

JUAN MANUEL RIVERA MARTINEZ

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE 1 9 7 7

C O N T E N I D O

	Página
INDICIE DE TABLAS Y FIGURAS	VI
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	3
Generalidades del sistema de Riego por goteo.	3
Desventajas	5
Ventajas	7
Partes esenciales de un equipo para riego por goteo	8
Tipos de goteros	12
Propiedades Mecánicas e Hidráulicas de los goteros	13
Factores que intervienen en el diseño hidráulico de los sistemas de riego por goteo.	15
Coeficiente de Uniformidad	18
Coeficiente de Variación	19
Factores que tienen influencia sobre el coeficiente de uniformidad	21
MATERIALES Y METODOS	24
RESULTADOS Y DISCUSION	31
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
RESUMEN	44
BIBLIOGRAFIA	46

A MIS PADRES:

SR. RUFINO RIVERA HERNANDEZ y

SRA. PETRA MARTINEZ DE RIVERA

Mi eterno agradecimiento por los
esfuerzos y sacrificios, hacien-
do posible la culminación de mis
estudios.

A MIS HERMANAS:

MA. TERESA

MA. DEL CARMEN

MA. MARGARITA

Por el cariño y comprensión que
siempre me brindaron.

A MIS CUÑADOS:

SR. FRANCISCO TORRES

SR. PEDRO ESQUIVEL

A MIS FAMILIARES

Con todo cariño

A MIS MAESTROS,

COMPAÑEROS y

AMIGOS.

A MI NOVIA

SRITA. LUCILA MENDOZA CABRIALES

Con amor por su gran comprensión
y apoyo durante toda mi Carrera.

Mi más sincero agradecimiento al Ingeniero
BENJAMIN IBARRA RUIZ, por haberme brindado su amistad
y por su eficaz y valioso asesoramiento en la realizaa
ción del presente trabajo.

 Al Ingeniero JORGE VILLARREAL GONZALEZ, -
por sus valiosas recomendaciones durante el presente-
trabajo.

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

	Página
TABLA 1.- Total de Tratamientos probados en tres laterales de riego por goteo	27
TABLA 2.- Valores de pérdidas de carga por fricción reales en tres laterales de riego por goteo en metros.	40
TABLA 3.- Valores de pérdidas de carga por fricción calculada por medio de la ecuación de Darcy Weisbach, para tres laterales de riego por goteo en metros.	40
TABLA 4.- Coeficiente de uniformidad en tres laterales de un sistema de riego por goteo determinado por medio de la ecuación de Crhistiansen, expresado en por ciento.....	41
TABLA 5.- Coeficiente de uniformidad en tres laterales de un sistema de riego por goteo, empleando la ecuación de Benami y Hore, expresado en por ciento.....	41
TABLA 6.- Coeficiente de variabilidad en tres laterales de un sistema de riego por goteo, utilizando la ecuación de Strong, expresado en por ciento.	42
FIGURA 1.- Disposición de los Materiales utilizados en la evaluación del coeficiente de uniformidad de tres laterales de riego por goteo.	28
FIGURA 2.- Tubería principal con los tres laterales, medidor volumétrico y manómetro de carátula.....	29

	Página
FIGURA 3.- Laterales con manómetros al final de cada uno de ellos. También se aprecia la posición del termómetro.....	29
FIGURA 4.- Aforo de los goteros	30
FIGURA 5.- Corte longitudinal de uno de los goteros utilizados en el trabajo con uno de los perforadores para insertarlos a la línea lateral.	30

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

Uno de los factores limitantes para la expansión de la agricultura es el agua, en la actualidad uno de los mayores problemas y de gran preocupación es el de enfocar desde el punto científico, técnico y económico, el mejor aprovechamiento de los recursos naturales de las zonas áridas y semi-áridas.

El sistema de riego por goteo, es uno de los métodos más recomendables para cubrir grandes extensiones de terreno, mediante pequeñas fuentes de abastecimiento de agua, de acuerdo con los trabajos realizados en Israel, Estados Unidos y México.

Fundamentalmente el sistema de riego por goteo se basa en llevar el agua hasta las raíces de las plantas a través de un sistema de tuberías y hacerla salir en forma de gotas por medio de dispositivos específicos llamados emisores (4).

A pesar de las ventajas que ofrece la utilización de éste sistema de riego, su aplicación más conveniente hasta la fecha es en árboles frutales, pues requiere de altos costos de inversión inicial y solo la explotación de cultivos altamente redituables justifica inversiones de este tipo.

El sistema por goteo deberá ser planteado para proporcionar el agua requerida a todas las plantas por igual, para que la aplicación del agua de riego no resulte limitante de la acción benéfica de factores que intervienen en la producción (9).

El objetivo principal de un buen diseño de un sistema de riego por goteo, es lograr una suficiente capacidad de flujo para regar adecuadamente y con la menor cantidad de agua a la planta. Es por éso que la relación entre el gasto mínimo y el promedio de los emisores dentro de un sistema, es un factor muy importante de la uniformidad en la aplicación (15).

El objetivo del presente trabajo es el de analizar tres laterales de riego por goteo, comparando los coeficientes de uniformidad; Christiansen, ~~Keller y Karmeli~~ y Benami Hore que normalmente se utilizan en sistema de riego por goteo y aspersion.

REVISION DE LITERATURA

Generalidades del Sistema de Riego por Goteo.-

México es un país geográficamente situado entre los paralelos 14° y 32 grados latitud norte, en donde se encuentran los grandes desiertos de Libia, Arabia, el Sahara etc. y no escapa a la condición de aridéz que caracteriza a todas las regiones del mundo localizadas en esta zona.

La condición de aridéz del país se agrava más aún, con las circunstancias de la mala distribución del agua en relación con las tierras de cultivo (16).

Las posibilidades agrícolas de México se verían aún más reducidas si tomáramos en cuenta la calidad de los suelos. Es por eso que el sistema de riego por goteo ha sido considerado como la técnica más avanzada de aplicación de agua a los cultivos, y que a partir del año de 1968, se han empezado a efectuar las instalaciones a nivel comercial en México. Algunas de las experiencias obtenidas hasta ahora son las siguientes:

Voth citado por Torres Aguilera (13) especialista en pomología de la Universidad de California, estableció un experimento para el cultivo de fresa, en el cual comparó el sistema de riego por goteo con el convencional.

En el sistema de riego por goteo utilizó tubería de plástico de 1.27 centímetros de diámetro a un espaciamiento de en

tre emisores de 60 centímetros colocandola entre las hileras de las plantas sobre una cama de 2 hileras, encontrándose que tanto en el incremento de la producción de grano por planta como en la lámina de agua utilizada, el sistema de riego por goteo fue superior al convencional en un 44%.

Voth y Burghst, citado por Torres Noyola (14) en el año de 1968, --- efectuaron un experimento de riego por goteo en árboles de manzano, en la joya, California U. S. A. obteniéndose que con el sistema de riego por goteo se ahorró agua en un 43%, y la producción se aumentó en un 44%.

S. Davis, citado por Rosales (11), en California, al instalar un sistema de riego por goteo al lado de uno de gravedad obtuvo que para lograr una cosecha de naranja en los árboles irrigados por goteo, se requirió -- una lámina de 77.8 centímetros, en cambio para alcanzar los rendimientos - que se obtuvieron en riego por goteo; hubo que aplicar una lámina de riego de 180 centímetros por medio de gravedad.

En Sonora Reyes Manzanarez (10), experimentó con el sistema de riego por goteo, utilizando el cultivo del algodón, para el cual requirió - aproximadamente la mitad del volumen de agua que generalmente se utiliza en el medio tradicional, para producir el mismo rendimiento de algodón - en hueso.

La calidad y productividad de los cultivos, puede ser afectadas por exceso o deficiencia de humedad. (6)

El riego por goteo es la aplicación lenta del agua a las plantas en forma de gotas por medio de dispositivos mecánicos llamados emisores. El propósito de ésta aplicación es de abastecer de agua y los nutrientes --

los cuales serán utilizados por la planta. La irrigación por goteo ofrece un gran potencial agrícola en áreas donde los suplementos de agua sea limitados y/o costosos, así como también en áreas con suministros de calidad pobre (alto contenido de sal) (4).

Lloyd I. Myers y Dale A. Bucks (5) sin embargo expresan que debido a las imperfecciones de fabricación en los emisores y la obstrucción de los mismos, el sistema de riego por goteo no aplica el agua con una uniformidad perfecta a lo largo de la hilera del cultivo. Sin embargo estos problemas pueden ser corregidos mejorando los procesos de fabricación, filtración del agua para remover las partículas de materia, y técnicas de manejo para evitar la precipitación de sales. El diseño del sistema de riego por goteo ofrece al ingeniero un problema de diseño hidráulico único.

El sistema de pérdidas por presión dentro del cual un sistema de riego por goteo debe operar es extremadamente pequeño cuando es comparado con el "convencional" o sea en un sistema de pérdidas por presión en la irrigación por aspersión.

Sin embargo el sistema de riego por goteo a pesar de las condiciones que debe reunir, se plantea una serie de problemas a resolver que son los siguientes:

Desventajas.

a).- Disponer de equipo de tubería, emisores y piezas especia-

les, que sean lo suficientemente resistentes a los agentes de intemperismo.

- b).- La inversión inicial es sumamente costosa.
- c).- Proporcionar la misma cantidad de agua a todas las plantas, mediante la elaboración de proyectos, para tener lógicamente un desarrollo uniforme y el máximo de producción.
- d).- Por el alto contenido de humedad, en el suelo y en las plantas aumentan las posibilidades de mayor incidencia de enfermedades y plagas.
- e).- Dentro del proyecto debe preverse, con dispositivos especiales de filtración, el taponamiento de los emisores.
- f).- Los materiales fertilizantes que se apliquen con el agua de riego, deben ser altamente solubles.
- g).- Vigilancia constante para detectar cualquier irregularidad en el funcionamiento del sistema.
- h).- En caso de aguas turbias se necesitan instalaciones especiales de decantación para eliminar los materiales en suspensión, o adicionar filtros especiales para evitar el taponamiento de los goteros.

El sistema de riego por goteo a pesar de esta serie de desventajas, las cuales ya pueden resolverse fácilmente poseen

un gran número de ventajas que los hacen totalmente aceptable. Entre las cuales se señalan las siguientes.

Ventajas.

- a).- Puede ser usado en suelos de cualquier textura, con cualquier topografía y con cualquier clima, lo cual incrementa el valor comercial de los suelos marginados.
- b).- Se puede usar en la mayoría de los cultivos, con excepciones como el arroz y tabaco.
- c).- Evita la nivelación de tierras que implican además de una fuerte inversión inicial, una alteración en la fertilidad de los suelos.
- √d).- Incrementa grandemente la producción tanto en cantidad como en calidad.
- e).- Adelantó en la época de producción, permitiendo con ello llevar los productos al mercado en épocas de mejores precios.
- f).- Está formado por un equipo que permite una operación tan fácil que puede llegar a su automatización total, y por ende un ahorro grande de mano de obra.
- g).- Permite aprovechar fácilmente aguas con altos contenidos de sales solubles y esto hace que se incremente en forma relativa los recursos hidráulicos disponibles.

- h).- No existe ninguna interferencia en la operación de riego, por efecto del viento.
- i).- No entorpece las labores de cultivo, de cosecha ni de aplicación de agroquímicos (insecticidas, fungicidas, fertilizante etc.
- j).- Hay menor incidencia de malas hiervas especialmente en lugares de clima con pocas lluvias, por lo que en este aspecto también ahorra mano de obra, agua de riego y fertilizantes.

Partes esenciales de un equipo para riego por goteo.

Tomás Valenzuela Ruíz (16) especifica que el sistema de riego por goteo para contar con las partes fundamentales debe de cumplir con los principios básicos del mismo, los cuales se mencionan a continuación.

- a).- Debe de contar con una fuente de abastecimiento de agua, la cual puede ser un pozo, canal, lago, río, manantial etc.
- b).- Tomando en consideración el gasto que deben de proporcionar los emisores, las pérdidas de carga por fricción en las tuberías, por piezas especiales, filtros y tanques fertilizadores es necesario que al principio de la red de tuberías exista una carga hidráulica no menor de 25 mts.

- c).- Manómetro.- La función primordial del manómetro es indicar la presión con que el agua está siendo conducida en el sistema.
- d).- Tanque fertilizador.- Este dispositivo es fundamental y necesario para la aplicación de fertilizante, especialmente el nitrogenado además como otros agroquímicos (insecticidas, fungicidas etc.)
- e).- Filtros.- La función de estos filtros es con el fin de evitar el taponamiento de los emisores que generalmente suceden por incrustación de materiales sólidos de naturaleza orgánica o inorgánica (arena, restos vegetales - etc.), los cuales llegan a obstruir completamente los emisores.
- f).- Medidor de Volúmenes.- En virtud de que el riego por goteo es un método altamente tecnificado, es muy importante tener un estricto control de los volúmenes de agua - que se aplican con el equipo, por lo cual el medidor es de los dispositivos más importantes del sistema. Además estos dispositivos registran volúmenes acumulados y el gasto instantáneo para tener informaciones respecto a - los volúmenes de agua que se aplican a los cultivos.
- g).- Reguladores de gasto.- Cuando en el trabajo no es posible regular las presiones para dar un gasto uniforme en los emisores y proporcionar a las plantas la misma cantidad de agua, es preciso la utilización de reguladores

de gasto.

h).- Tubería principal y tubería Secundaria.- Estas tuberías son parte esencial en todo equipo de riego por goteo. - Al faltar la tubería principal, las tuberías secunda---rias ocuparían la categoría principal dependiendo del - tamaño del proyecto y de su diseño. Para diámetros de - tuberías de 1 1/2" o más, normalmente se debe usar P.V.C. ya que su transporte y costo es más bajo que las de acero y asbesto. Las presiones de trabajo para P.V.C. en - condiciones "Standard" son mayores.

Para diámetros menores de 1 1/2" y mayores de 3/4" puede usarse tanto P.V.C. como polietileno.

i).- Tuberías Regantes.- En estas tuberías en donde se alo--jan los emisores cuyo diámetro es de 1/2".

j).- Emisores.- Estos dispositivos son los más importantes, - pues de ellos recibe el nombre de sistema de riego por goteo.

Como conclusiones se puede decir que las partes que in--tegran un sistema de riego por goteo fundamentalmente son -- las siguientes.

Una línea principal, líneas secundarias y líneas regan--tes. Las tuberías regantes se diseñan para distribuir el a--gua en los campos de cultivo con grado aceptable de uniformidad. (3) Las líneas secundarias actúan como un sistema de --

control, el cual ajusta la presión del agua, con objeto de enregar el gasto requerido en cada una de las tuberías regan--tes: se utilizan también para controlar el tiempo de riego de cada uno de los campos. La línea principal sirve como medio - de conducción de volumen total de agua que se tenga que dis--tribuir en el sistema.

El diseño de los sistemas de riego por goteo, se basa en la "hidráulica de tubos". El sistema deberá diseñarse de manera tal que:

- a).- Se satisfagan los requerimientos de agua de los cultivos.
- b).- Tenga la capacidad suficiente para suministrar riegos extras durante períodos de sequía.
- c).- La distribución del agua en los campos de cultivo sea -- con uniformidad aceptable.
- d).- Su costo sea bajo dentro de un grupo de alternativas de diseño.

El diseño de la línea principal se basa en las condiciones topográficas, en la presión de operación, en la distribución de campo de las líneas secundarias y de las regantes, y el gasto de descarga requerido en cada una de las tomas a lo largo de la línea principal.

En el diseño de la línea principal se selecciona el diámetro apropiado para cada sección, con el fin de que éstos -

sean capaces de entregar el agua a la tasa requerida, a todas las líneas secundarias del sistema. El objetivo de la línea principal será también seleccionar el mejor trazo posible.

Tipos de goteros.

T. Valenzuela Ruiz (16) divide a los emisores en tres grandes grupos que son: Goteros de Microtubo, Goteros Regulares y Goteros de descarga constante.

Los goteros de microtubo son tubos de polietileno de densidad media, cuyo diámetro es entre 1.0 mm y 3.0 mm, los cuales generalmente se conocen con el nombre genérico de "Spaguetti". La longitud de estos está en función de la carga hidráulica disponible y del gasto.

La característica principal de los goteros regulables es el de poder modificar mediante un mecanismo obturador el gasto de descarga.

Los goteros de descarga constante bajo condiciones prácticas de hidráulica proporcionan una descarga de agua constante.

Sin embargo Michael Shani (12) expresa que en Israel están disponibles en forma comercial tres tipos principales que son los siguientes:

- 1º- Aquellos en los cuales la fricción ocurre longitudinalmente sobre un hélice tubular y elongado, el cual induce una pérdida gradual de carga y el agua liberada a una presión mínima. Su rango de gasto es de 1-8 litros/hora, el diámetro de la sección transversal por donde ocurre el flujo es de 1.3 mm.

- 2º- Goteros cuya estrangulación de la salida es extremadamente corta y el orificio involucra la caída de la presión. El diámetro de la abertura varía de 0.5 a 1.5 m. el gasto es de 6-7 lts/hora, el cual está principalmente gobernado por el tamaño del orificio. La mayor ventaja es su simple construcción, la posibilidad de extender los laterales y el bajo costo de los goteros con respecto al sistema.

- 3º- Por último, los goteros de torbellino, el agua es forzada tangencialmente en una cámara circular y la oposición centrífuga dá lugar a la pérdida de presión deseada.

Propiedades Mecánicas e Hidráulicas de los goteros.

Con el acelerado aumento de la aplicación del método de riego por goteo, se han introducido varios tipos de goteros. La tasa rápida de desarrollo y las modificaciones que han sido necesarias, han dificultado el obtener datos hidráulicos, técnicos y operacionales para los diseños de este sistema de riego.

Los datos sobre la hidráulica de los goteros son obtenidos a partir de pruebas de laboratorio y en muchos casos de cálculos técnicos. Las comparaciones hechas entre los datos empíricos obtenidos en el laboratorio y los derivados de los datos teóricos, muestran que hay una gran diferencia entre ellos. Las propiedades mecánicas de los goteros tienen influencia directa sobre las hidráulicas y su operación (1).

Los diferentes sistemas de riego por goteo se han caracterizado por los diferentes tipos de emisores, como perforaciones en la tubería de plástico insertados en la misma, reguladores de presión que trabajan por medio de un espiral u orificios estrechos a través de los cuales fluye el agua con orificios con salidas múltiples que primeramente reducen la presión en la línea aprovisionadora por medio de una pequeña perforación o por medio de espirales, los cuales a su vez dirigen el agua hacia aberturas secundarias conectadas a tubos angostos. La intención al diseñar estos varios tipos de emisores es la de obtener un gasto pequeño con una abertura tan grande como sea posible. Los goteros que tienen espiral pueden alcanzar un gasto bajo con una abertura de aproximadamente 1 mm. de diámetro y más goteo por esto que son menos propensos a la obturación y operan a una presión de aproximadamente una atmósfera. Los goteros con vía corta tienen orificios con diámetros menores de 1mm, son de diseño simple y son relativamente baratos. Sin embargo, se obstruyen fácilmente.

Factores que intervienen en el diseño hidráulico de los sistemas de riego por goteo.

Efren Peña Peña (19) enuncia que los factores más importantes en el diseño hidráulico de los sistemas de riego por goteo son:

- 1.- Gasto por gotero.- Que depende del cultivo, del suelo y del tipo de goteros.
- 2.- Separación entre goteros.- Depende de la textura del suelo y del cultivo.
- 3.- Número de goteros.- El número de goteros por líneas, depende de la carga hidráulica disponible, del tipo de gotero, del diámetro de la tubería y de la separación entre goteros.
- 4.- Diámetro de las tuberías.- Es el factor que se debe determinar, para que los sistemas de riego por goteo sean económicos y en general depende de los demás factores. - Del diámetro de las tuberías depende el tipo de flujo -- (láminar, turbulento o de transición) y las pérdidas de carga en las tuberías.
- 5.- Viscosidad cinemática del agua.- La viscosidad de los líquidos disminuye cuando aumenta la temperatura y no es afectada apreciablemente con cambios de presión. La viscosidad cinemática entra como factor en la determinación del número de Reynolds.

6.- Número de Reynolds.- Caracteriza el tipo de flujo:

Laminar	Nº Reynolds < 2,000
Flujo de transición.	2,000 < Nº Reynolds < 4,000
Turbulento	Nº Reynolds > 4,000

7.- Rugosidad relativa.- Es el cociente de dividir el tamaño de las deformaciones del material de la tubería, entre el diámetro interior de la misma. Para un mismo material puede variar mucho la rugosidad relativa.

8.- Fórmula de pérdidas de carga por fricción.- Se utiliza la de Darcy-Weisbach en la cual entre otros, interviene el factor de pérdidas de carga por fricción, que depende de la rugosidad relativa y del número de Reynolds.

9.- Coeficiente de pérdidas de carga por fricción en tuberías con salidas múltiples. Este coeficiente interviene para evitar el desperdicio de tiempo al calcular las pérdidas de carga por fricción en tantos tramos de tubería, como goteros o salidas tenga la línea.

10.- Pérdidas de carga localizadas.- Estas pérdidas de carga son producidas por reducciones de tuberías, conexiones, válvulas filtros o aditamentos para el control de la red de distribución y por los goteros.

11.- Topografía.- La topografía es uno de los factores claves para el diseño hidráulico del sistema, siendo indispensable contar con planos de curvas de nivel, para conocer -

la topografía general. Si se aprovecha la pendiente del terreno puede obtenerse un diseño más económico, al utilizar diámetros pequeños de tubería.

12.- Carga hidráulica total disponible.- La carga total disponible es un factor limitante para el tipo de goteros que se puede utilizar.

La carga total disponible, debe ser mayor que la suma de pérdidas de carga necesarias para entregar el gasto requerido en el último gotero del sistema y se puede representar de la siguiente forma:

$$H_T = H_g + Hf_g + Hf_d + Hf_a + H_L + H_v - \dots \dots \dots (1)$$

donde:

H_T = Carga hidráulica total necesaria.

H_g = Carga necesaria para el funcionamiento de los goteros.

Hf_g = Pérdidas de carga por fricción en la línea regante.

Hf_d = Pérdidas de carga por fricción en las líneas de distribución.

Hf_a = Pérdidas de carga por fricción en la línea abastecedora.

H_L = Pérdidas de carga localizadas.

H_v = Carga de velocidad en la salida de goteros.

Coeficiente de Uniformidad.

El coeficiente de uniformidad puede ser conceptualizado como un término de eficiencias, representado por una medida volumétrica de la distribución. (2)

La importancia de conocer o determinar el coeficiente de uniformidad en un sistema de riego por goteo estriba en que la aplicación del agua sean distribuida lo más uniformemente posible, para que las plantas reciban igual cantidad de agua posible y así obtener un desarrollo mejor de las mismas.

Ecuaciones para determinar el coeficiente de uniformidad.

Christiansen, propuso un coeficiente de uniformidad C_u , con el intento de hacer comparaciones de patrones de aspersión para determinar como diferentes espaciamentos afectan la distribución del agua. El coeficiente de uniformidad de Christiansen, es definido por la siguiente ecuación:

$$C_i = 1 - \frac{\Delta \bar{q}_i}{\bar{q}} \quad (2)$$

deonde \bar{q} .- Es el gasto promedio, litros/por hora.

$\Delta \bar{q}_i$.- Es la desviación media con respecto al promedio.

Benami y Hore (17), en base a que: 1º las distribuciones que no son igualmente efectivas, pueden producir coeficientes iguales de uniformidad, y 2º muchas veces las desvia

ciones arriba de la misma, definieron su coeficiente de uniformidad (A) como:

$$A = \frac{C_1}{C_2} \dots (3) \quad \text{donde:} \quad C_1 = M_b - \frac{IXI_b}{N_b}$$
$$C_2 = M_a - \frac{IXI_a}{N_a}$$

M_a = A la media del grupo de lecturas arriba del promedio general.

M_b = A la media del grupo de lecturas abajo del promedio general.

N_a = Número de lecturas en el grupo arriba del medio general.

N_b = Número de lecturas en el grupo abajo del promedio general.

IXI_a = Desviación absoluta de M_a .

IXI_b = Desviación absoluta de M_b .

El coeficiente de variación.

El coeficiente de variación ha sido explicado en diferentes formas por la estadística. Sin embargo generalmente se llama la atención al hecho, ya evidente, de que cosas -- con grandes valores manifiestan pequeñas variaciones. Así -- para proporcionar una comparación válida entre la variación de grandes valores y la variación de pequeños valores, tal-

es como la variación entre salarios de ejecutivos industriales y salarios de obreros, la variación se expresa como una fracción de la media y frecuentemente, como un porcentaje.

Esta media de variación relativa es llamada al coeficiente de variación y se define como (7).

$$C V = S / \bar{X} \dots \dots \dots (4)$$

En forma de porcentaje, esto nos queda:

$$100 CV = (S/\bar{X})$$

Donde:

S = Desviación estandar de todas las lecturas.

X = Promedio de todas las lecturas.

El coeficiente de variación es por supuesto, el recurso ideal para comparar la variación en dos series de datos que están medidos en diferentes unidades, por ejemplo, una comparación entre estatura y variación en peso.

Wu y Gitlin (3).- Llevaron a cabo un trabajo sobre la determinación del coeficiente de uniformidad basados en la ecuación de Christiansen y sobre los resultados del trabajo realizado por Bucks y Myers, llegaron a las conclusiones siguientes:

Debido a las características del flujo es una tubería lateral de riego por goteo el gasto decrece con respecto a -

la longitud. La pérdida de energía por fricción en una función exponencial con respecto a la longitud total de la tubería y que la pérdida o ganancia en una línea de goteros es proporcional a la pendiente y longitud de la línea.

Factores que tienen influencia sobre el coeficiente de uniformidad.

Las variaciones en la manufactura de del emisor o presión operante son mencionados como los mayores orígenes de variaciones de descarga del emisor. Sin embargo, un factor adicional que podía resultar en las variaciones de temperatura del agua.

Los cambios de viscosidad, debido al cambio de temperatura del agua, causan las variaciones de descarga del emisor más del límite de 10 por ciento si el flujo del emisor es laminar.

Los emisores el flujo turbulento, por otra parte, no son afectados por los cambios de viscosidad. Keller y Karmeli mencionados por Peter Psrchomchuk (8) enlistan las variaciones de descargas teóricas basadas en los cambios de viscosidad para el alineo de viscosidad 5-40°C. En este alineo de temperatura la variación teórica en proporción de descarga relativa a la proporción de descarga a 20°C es aproximadamente de 2,8%°C.

Las variaciones de temperatura de agua pueden ocurrir -

en un número de formas. Las variaciones de temperatura ocurren en un número de formas. Las variaciones de temperatura ocurren sobre un período de tiempo de día a noche, día a día el tiempo temporal cambia y de fin a fin de las líneas laterales debido a la calefacción solar a la tubería plástica negra.

En las líneas laterales han sido reportadas temperaturas del agua tan altas como 77°C.

Dependiendo sobre el tipo de emisor, las variaciones en proporción de descarga resultante de los cambios de temperatura del agua pueden causar no-uniformidad de aplicación de agua. Este efecto es más pronunciado por microtubo y emisores de tipo de paso espiral, en cambio los emisores de tipo orificio y vértice no son tan drásticamente afectados por cambios de temperatura.

La longitud del lateral, así como la presión están sumamente relacionadas entre sí, ya que mientras más grande sea la longitud del lateral la presión al final de la misma va a ser menor que si la longitud del lateral fuese más corta.

La pérdida de presión es debido a la fricción con las paredes de la tubería como también por la fricción que hay con el pivote del emisor.

Así como la presión distribuida a lo largo de la línea

de riego está controlada por la pérdida de energía debido a la fricción, también está controlada por la pendiente en la cual podemos obtener una ganancia o pérdida de energía.

Keler y Karmeli (4) proponen en su artículo lineamientos para el diseño de un sistema de riego por goteo y señalan que para lograr uniformidad en la distribución, los emisores deben llenar los siguiente requisitos:

- a).- Dar un gasto constante y uniforme que no varíe al hacerlo la presión.
- b).- Que tenga una sección suficientemente amplia para reducir los problemas de obturación, para lo cual de acuerdo con el inciso (a) es necesario que el flujo para orificios y goteros sea siempre completamente turbulento ($X = 0.5$).

Un criterio aceptado en el diseño de los sistemas de riego por goteo es permitir que el gasto tenga una fluctuación de 10% sobre el área regada, una pérdida permisible de carga para la cual un cambio en el gasto depende del tipo de gotero y de la relación entre presión y gasto (4).

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en terrenos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León en el laboratorio de Riego por Goteo. A continuación se presenta una lista de material utilizado y su disposición sobre el terreno se presenta en la Fig. 1, así como la metodología seguida durante la recolección de datos.

Materiales.

Los materiales utilizados para realizar el presente trabajo se describen a continuación.

195 Metros de tubería de polietileno de media pulgada de diámetro interno, de una densidad media.

10 Metros de tubería de polietileno de una y media pulgada de diámetro de una densidad media.

130 Goteros.

210 Metros de alambrón.

4 Manómetros

6 Termómetros

2 Llaves de paso

1 Medidor volumétrico

3 Probetas de 500 ml.

1 Cronómetro

1 Nivel

1 Perforador

1 Cinta métrica

Metodología.

Primeramente se procedió a instalar los marcos de alamb^ubrón los cuales se alinearon y nivelaron tomando como referencia el nivel de la tubería principal, la cual fue alineada con anterioridad.

Para un buen anclaje de los marcos fueron enterrados - aproximadamente 25 centímetros y a una distancia de un metro entre cada uno de ellos.

Una vez alineados y nivelados los marcos de alamb^ubrón se procedió a instalar los laterales. Una vez hecho lo anterior se procedió a insertar los goteros en cada uno de los laterales a distancia de 6, 3 y 1.50 metros entre ellos conforme se requería en los diferentes tratamientos.

Para registrar las variaciones en presión se instalaron manómetros al final de cada uno de los laterales.

La temperatura se registró al inicio y al final de cada uno de los laterales por medio de termómetros que fueron insertados al principio y al final de los laterales a una distancia de 10 centímetros de la tubería principal de los manómetros respectivamente.

Al inicio de cada uno de los tratamientos, se hacía --

funcionar el sistema de riego durante 30 minutos, para que todo el aire que existiera dentro de la tubería fuera expulsado completamente con el fin de estabilizar el flujo en todo el sistema.

Para la determinación del coeficiente de uniformidad se muestreó el gasto de cada uno de los goteros en los tres laterales.

El tiempo de aforo para los goteros fue de un minuto con tres repeticiones cada lectura, colectándose el agua en botes de un litro y después se medía el volumen en probetas graduadas de 500 mililitros.

Para calcular los coeficientes de uniformidad se utilizaron las ecuaciones de Christiansen y Benami y Hore descritas anteriormente. Así mismo se determinó el coeficiente de variabilidad para los tratamientos.

Las pérdidas de carga teóricas se determinaron por medio de la ecuación de Darcy Weisbach.

$$hf = f \frac{LV^2}{D2g} \dots \dots (5)$$

Donde:

- hf = Pérdida de carga por fricción, m.
- f = Coeficiente de fricción,
- L = Longitud de la tubería,
- V = Velocidad de flujo, m/seg.
- d = Diámetro de la tubería, m.

g = Efecto de la gravedad m/seg^2 .

La siguiente tabla reporta los tratamientos utilizados en el presente trabajo.

TRATAMIENTO	LONGITUD LATERAL (m)	ESPACIAMIENTO ENTRE GOTEROS (m)	PRESION Kg/cm^2 .
1	65	6	1.0
2	65	6	1.5
3	65	6	2.0
4	65	3	1.0
5	65	3	1.5
6	65	3	2.0
7	65	1.50	1.0
8	65	1.50	1.5
9	65	1.50	2.0

TABLA . I. TOTAL DE TRATAMIENTOS PRBADOS EN TRES LATERALES DE RIEGO POR GOTE0

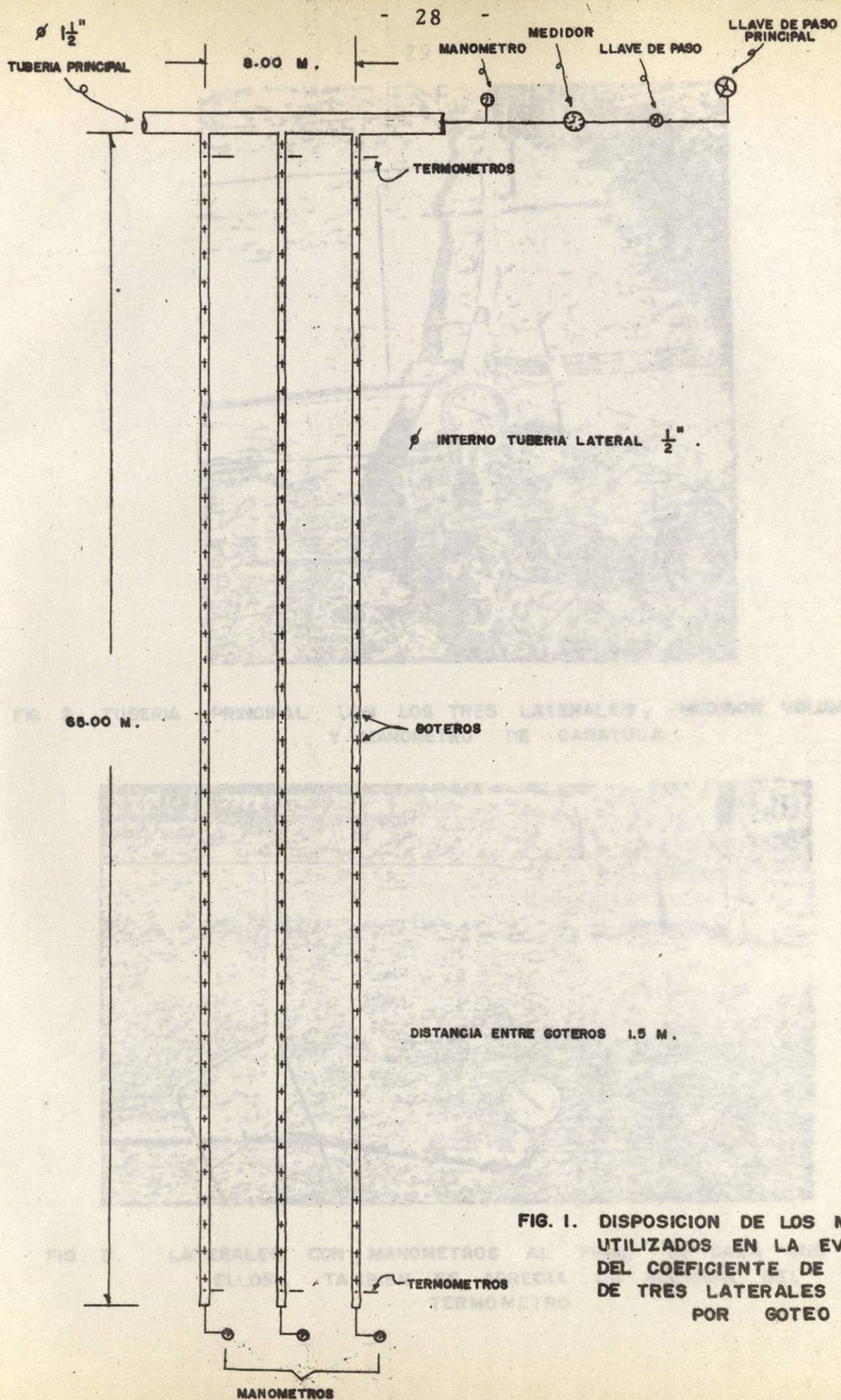


FIG. 1. DISPOSICION DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA EVALUACION DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE TRES LATERALES DE RIEGO POR GOTEO

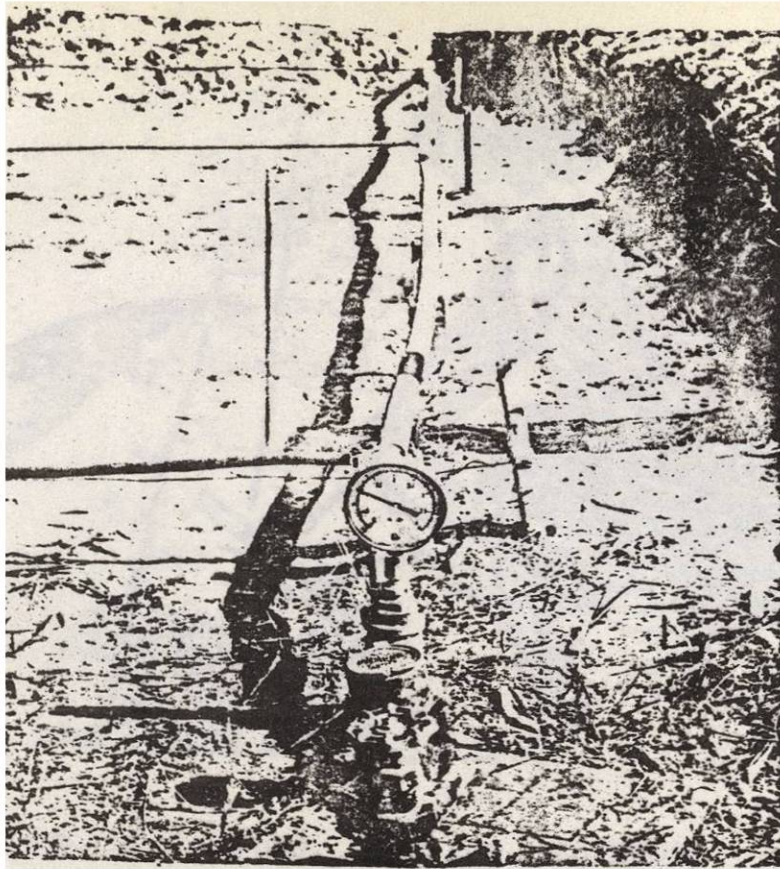


FIG. 2. TUBERIA PRINCIPAL CON LOS TRES LATERALES, MEDIDOR VOLUMETRICO Y MANOMETRO DE CARATULA .

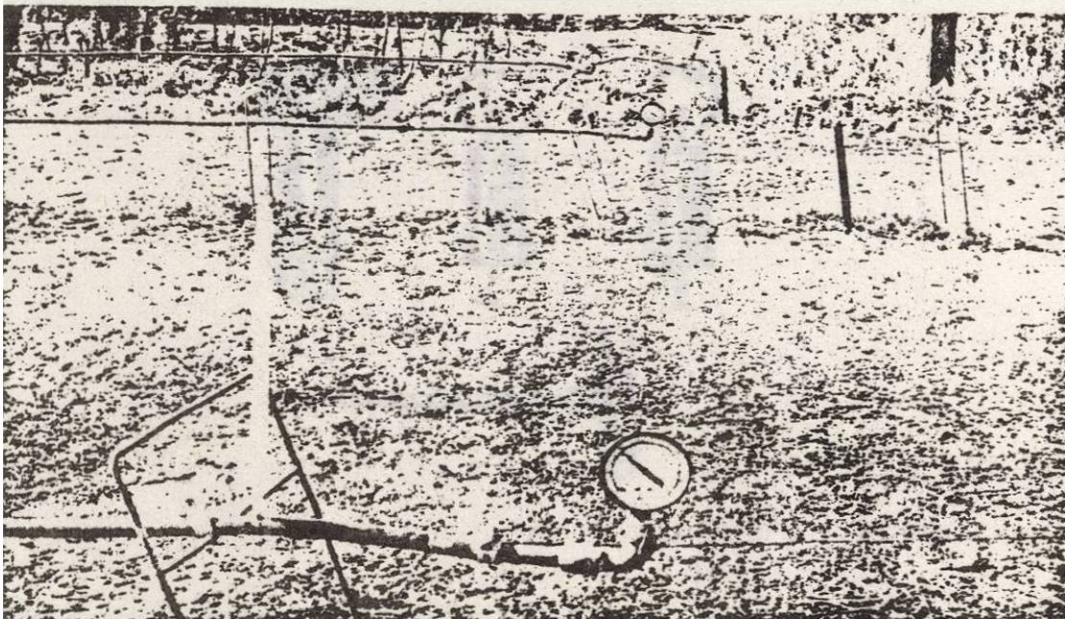


FIG. 3. LATERALES CON MANOMETROS AL FINAL DE CADA UNO DE ELLOS . TAMBIEN SE APRECIA LA POSICION DEL TERMOMETRO



FIG. 4. AFORO DE LOS GOTEROS

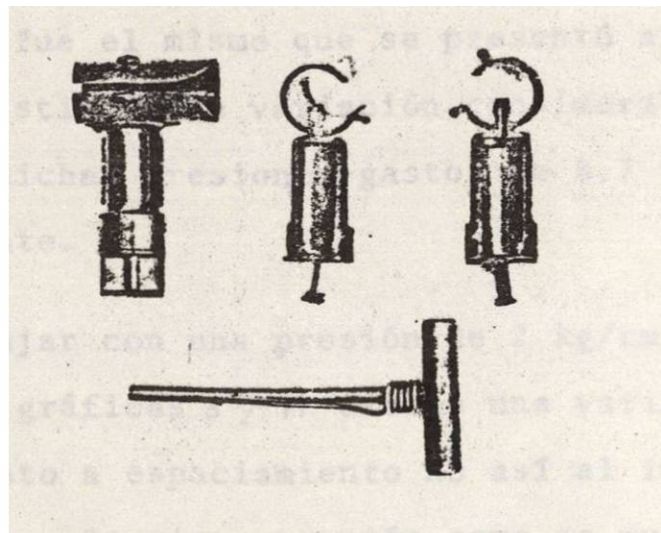


FIG. 5. CORTE LONGITUDINAL DE UNO DE LOS GOTEROS UTILIZADOS EN EL TRABAJO CON UNO DE LOS PERFORADORES PARA INSERTARLOS A LA LINEA LATERAL

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo se mencionan a continuación:

Como se puede apreciar en las gráficas 6, 7 y 8 con las que se trabajó con una presión de 1 kg/cm^2 en los diferentes espaciamientos de 6, 3 y 1.5 metros, presentan una variación semejante en el gasto, observándose que el gotero que se encuentra a una distancia de 24 metros de la tubería principal del lateral 3, alcanzó una variación considerable pudiendo ser la razón de que el coeficiente de uniformidad resultara en un 91.37%. Al aumentar la presión en los diferentes espaciamientos a 1.5 y 2 kg/cm^2 , el comportamiento de variación en el gasto, fue el mismo que se presentó al trabajar con 1 kg/cm^2 , persistiendo la variación considerable del gotero, alcanzando en dichas presiones gastos de 8.7 y 11.01 litros/hr. respectivamente.

Al trabajar con una presión de 2 kg/cm^2 , se observa que tanto en las gráficas 8 y 11 existe una variación mayor en el gasto en cuanto a espaciamiento no así al incrementar el número de goteros a la misma presión como se puede observar en la gráfica 14.

En general, las gráficas muestran que el gotero que se encontraba a los 24 metros de la tubería principal del late-

ral 3, es el unico que presentó un gasto que se dispara considerablemente, el cual afecta el gasto del gotero anterior y posterior reduciendolo significativamente como se observa mejor en las gráficas 9, 10 y 11.

Sin embargo tomando en cuenta el resto de los goteros a partir de dicho gotero, hasta el final de los laterales los gastos en las diferentes presiones fueron más o menos uniformes. Esta apreciación es más palpable en las gráficas 9, 12 y 13.

La tabla 2 reporta los valores de pérdida de carga por fricción reales para los laterales de cada uno de los tratamientos.

Como se vió anteriormente, en materiales y métodos, estos valores se determinaron utilizando un manómetro de carátula en la línea principal y uno al final de cada uno de los laterales. La pérdida de carga se determinó por la diferencia de lecturas entre estos manómetros. Como se puede observar en ésta tabla ^{hay} ~~tuvo~~ algunas líneas que no reportaron pérdidas de carga, lo cual posiblemente se debió a la falta de sensibilidad en los manómetros que los hacía incapaces de registrar una pequeña pérdida de carga.

Por otro lado la tabla 3 reporta los valores de pérdida de carga por fricción calculadas en forma teórica a partir de la ecuación de Darcy ^v Weisboch (Ec. 4). Si comparamos las dos tablas anteriores podemos observar que hay una gran diferen-

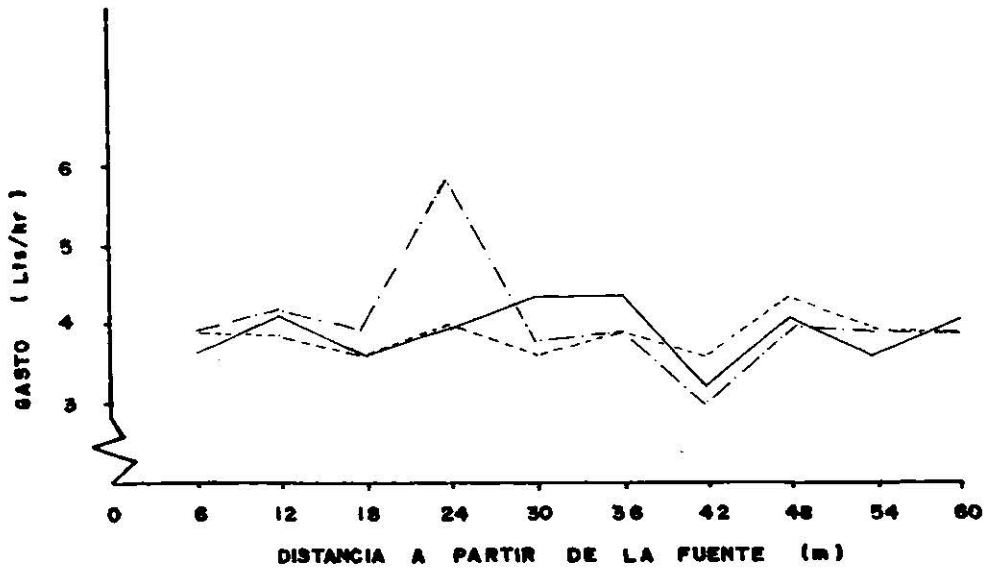


FIG. 6. DISTRIBUCION DEL GASTO DE LOS GOTEROS A PARTIR DE LA FUENTE PARA 3 LATERALES DE RIEGO POR GOTEQ CON EMISORES A CADA 6.0 m Y PARA UNA PRESION DE OPERACION DE 1.0 Kg/cm².

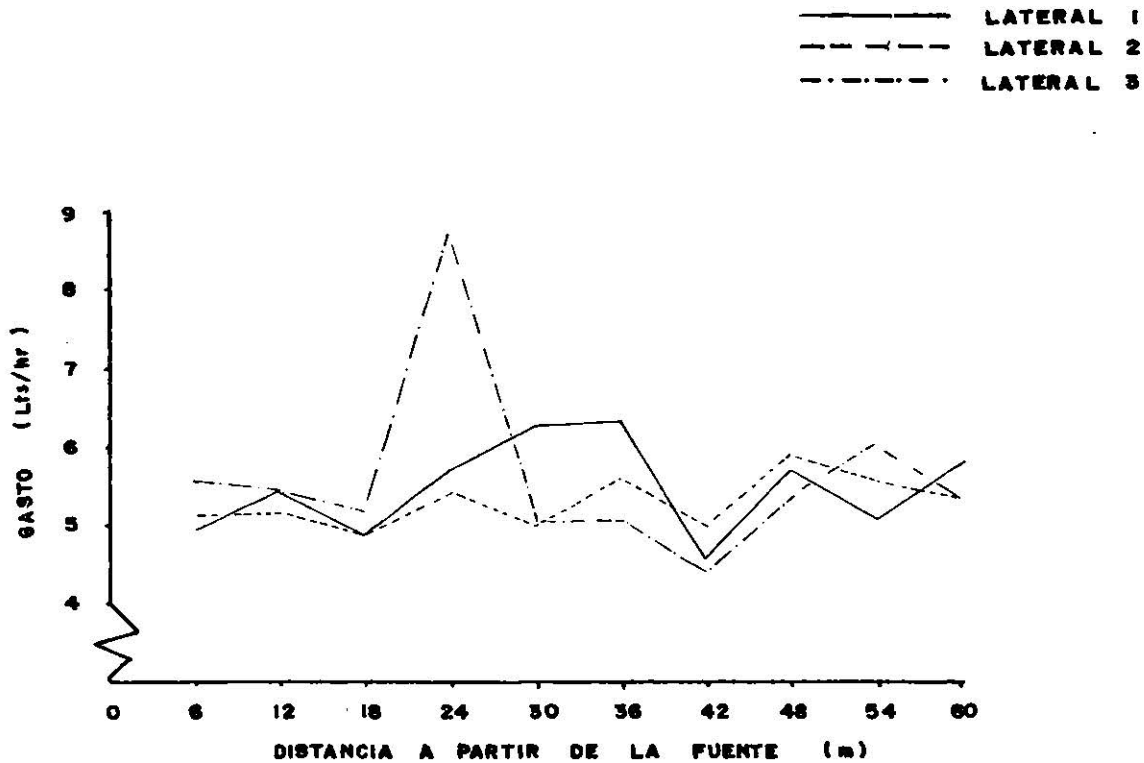


FIG. 7. DISTRIBUCION DEL GASTO DE LOS GOTEROS A PARTIR DE LA FUENTE PARA 3 LATERALES DE RIEGO POR GOTEQ CON EMISORES A CADA 6.0 m Y PARA UNA PRESION DE OPERACION DE 1.5 Kg/cm².

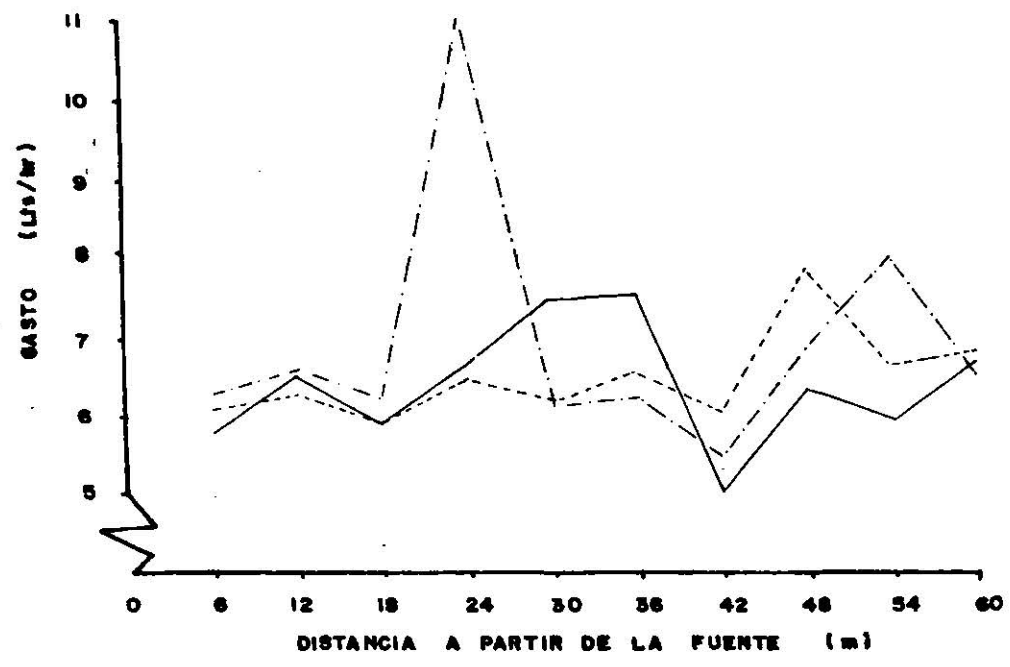


FIG. 8. DISTRIBUCION DEL GASTO DE LOS GOTEROS A PARTIR DE LA FUENTE PARA 3 LATERALES DE RIEGO POR GOTEO CON EMISORES A CADA 6.0 m Y PARA UNA PRESION DE OPERACION DE 2.0 Kg / cm².

— LATERAL 1
- - - LATERAL 2
- · - · LATERAL 3

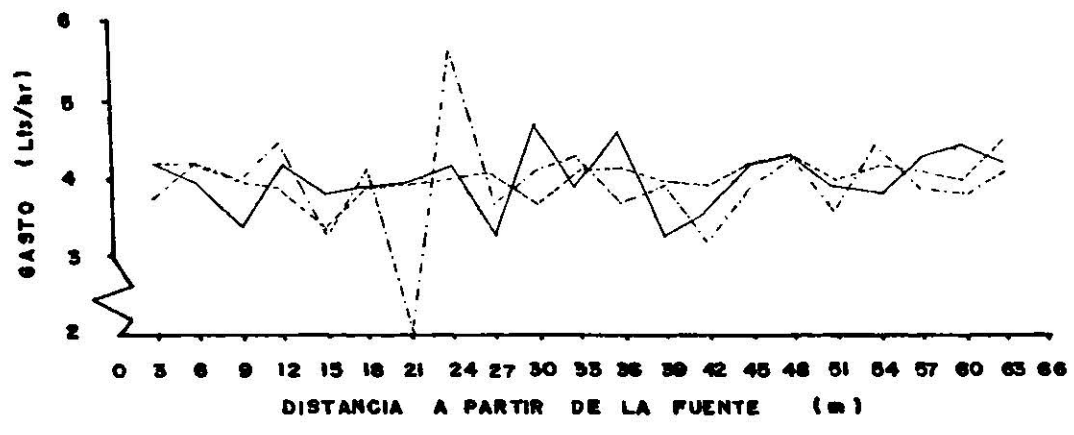


FIG. 9. DISTRIBUCION DEL GASTO DE LOS GOTEROS A PARTIR DE LA FUENTE PARA 3 LATERALES DE RIEGO POR GOTEO CON EMISORES A CADA 3.0 m Y PARA UNA PRESION DE OPERACION DE 1.0 Kg / cm².

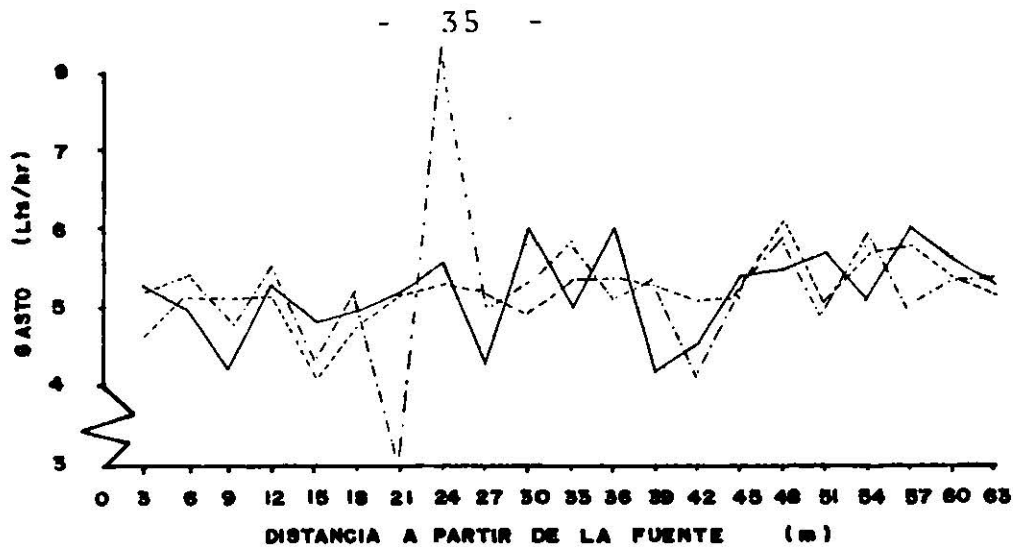


FIG. 10. DISTRIBUCION DEL GASTO DE LOS GOTEROS A PARTIR DE LA FUENTE PARA 3 LATERALES DE RIEGO POR GOTEEO CON EMISORES A CADA 3 m Y PARA UNA PRESION DE OPERACION DE 1.5 Kg / cm²

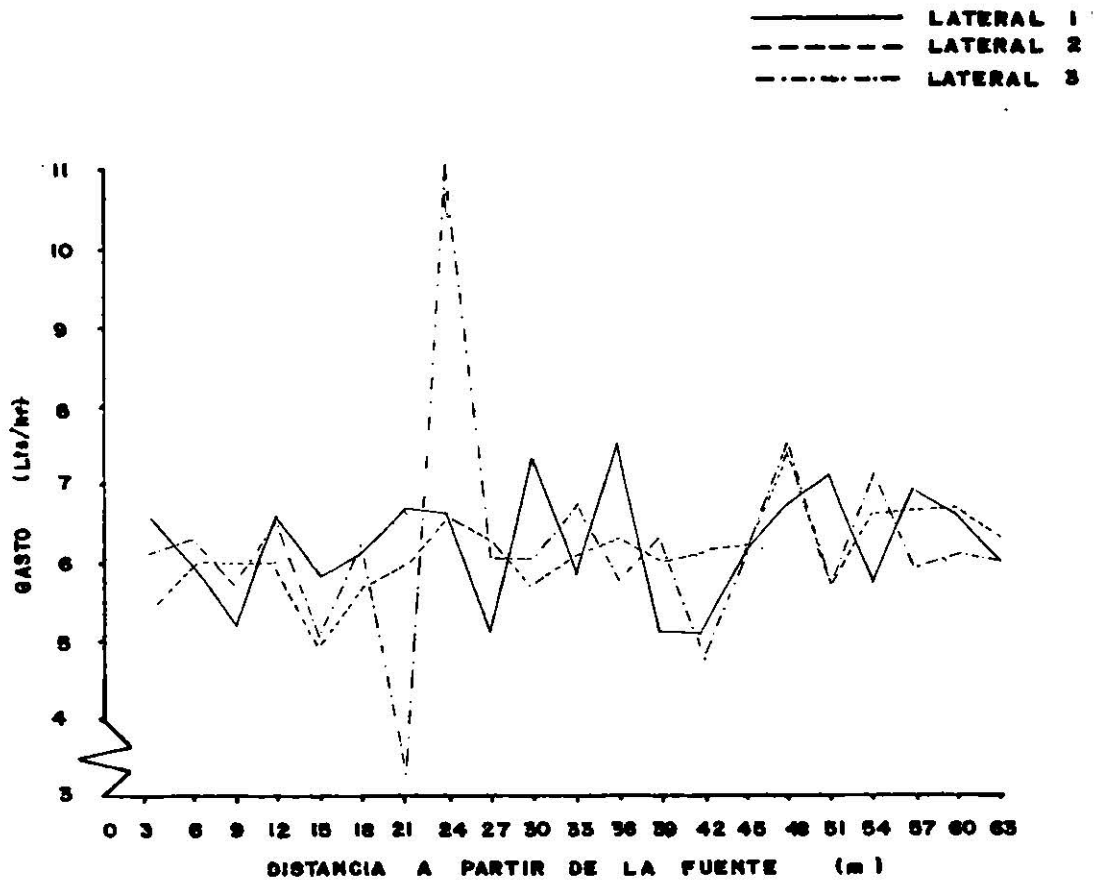


FIG. 11. DISTRIBUCION DEL GASTO DE LOS GOTEROS A PARTIR DE LA FUENTE PARA 3 LATERALES DE RIEGO POR GOTEEO CON EMISORES A CADA 3 m Y PARA UNA PRESION DE OPERACION DE 2.0 Kg / cm².

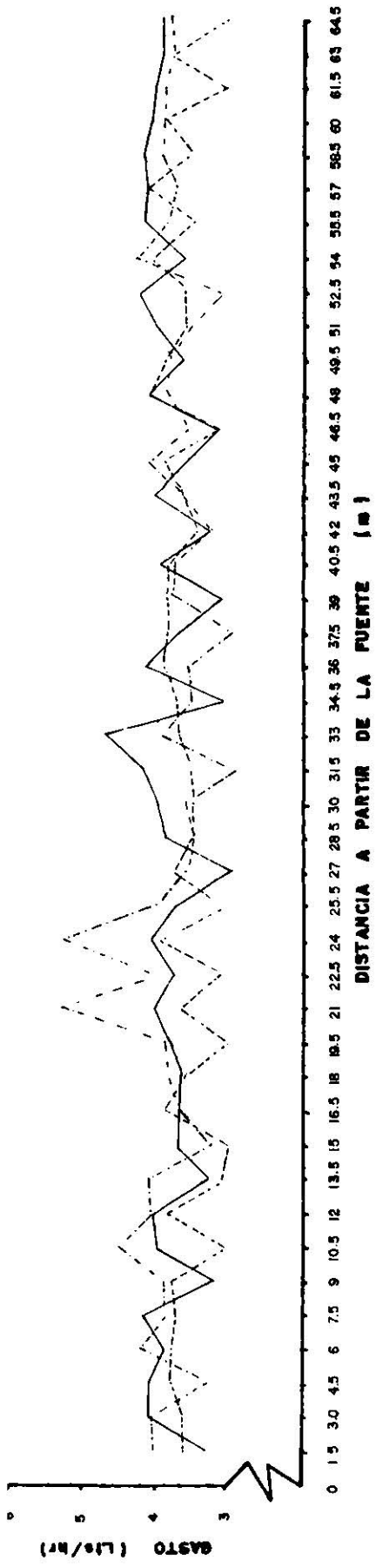


FIG. 12.- DISTRIBUCION DEL GASTO DE LOS GOTEROS A PARTIR DE LA FUENTE PARA 3 LATERALES DE RIEGO POR GOTEJO CON EMISORES A CADA 1.5 m Y PARA UNA PRESION DE OPERACION DE 1.0 Kg/cm².

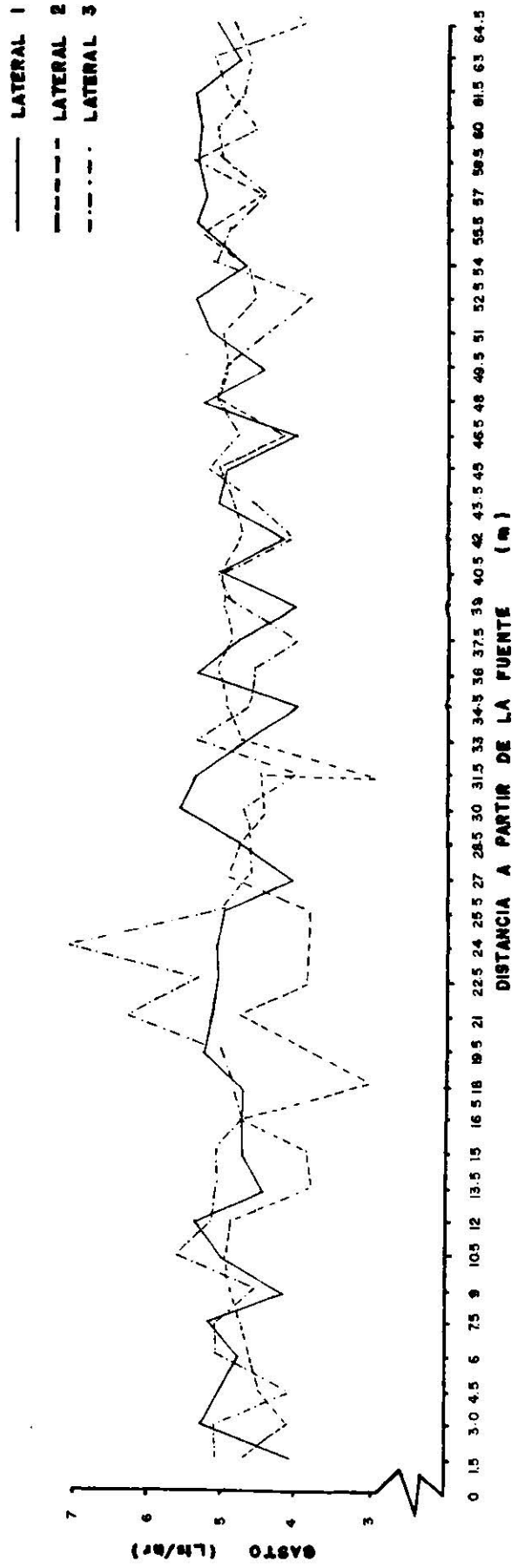


FIG. 13.- DISTRIBUCION DEL GASTO DE LOS GOTEROS A PARTIR DE LA FUENTE PARA 3 LATERALES DE RIEGO POR GOTEJO CON EMISORES A CADA 1.5 m Y PARA UNA PRESION DE OPERACION DE 1.5 Kg/cm².

LATERAL 1
LATERAL 2
LATERAL 3

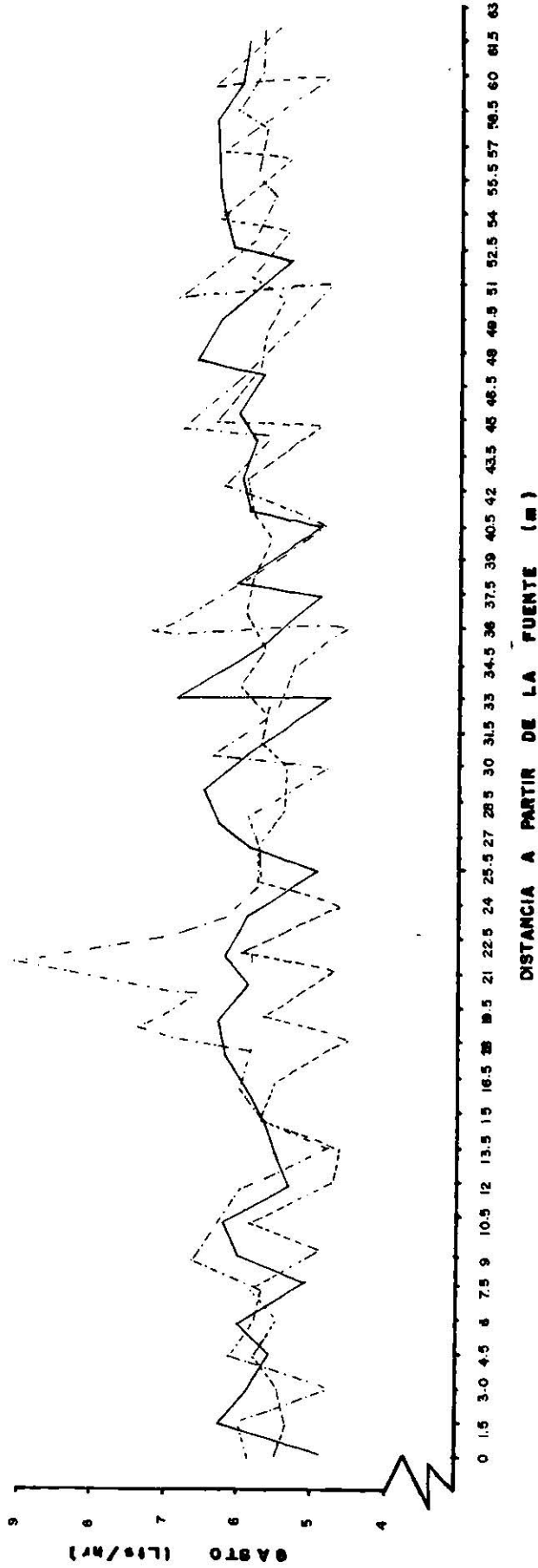


FIG. 14.- DISTRIBUCION DEL GASTO DE LOS GOTEROS A PARTIR DE LA FUENTE PARA 3 LATERALES DE RIEGO POR GOTEEO CON EMISORES A CADA 1.5 m Y PARA UNA PRESION DE OPERACION DE 2.0 Kg/cm².

cia entre los valores calculados en forma teórica y los determinados directamente en el campo. En los valores calculados teóricamente no hubo ningun valor superior a un metro, - siendo el más alto el de 65 cm., mientras que en los valores reales se encontraron pérdidas de carga hasta de 3 metros como lo es el caso de la línea 2 de los tratamientos 7 y 9.

Los valores del coeficiente de uniformidad fueron determinados por medio de la ecuación de Christiansen, y se reportan en la tabla N° 4 y se puede observar que presentan una variación que va desde 83.85 % a 96.02 %, la mínima variación se registro en la línea 1 del tratamiento 4, con un valor de 83.85%.

De acuerdo con la ecuación de Christiansen, el coeficiente de uniformidad general fué de 91.37%, el cual se puede considerar aceptable, ya que de acuerdo con Keller (19) un coeficiente de uniformidad mayor de 90.00% es el permisible en un sistema de riego por goteo. Sin embargo los valores del coeficiente de uniformidad que se ilustran en la tabla N° 5, que fueron determinados mediante la ecuación de Benami y Hore hay una variación mayor, la cual va desde 75.90 % registrada en la línea número 3 del tratamiento 3, hasta la mayor registrada en la línea número 2 del tratamiento 7 que fue de 94.75%.

El coeficiente de uniformidad general, de acuerdo con dicha ecuación fue de 84.74%, el cual no puede ser considerado

do aceptable en un sistema de riego por goteo.

Comparando las ecuaciones del coeficiente de uniformidad de Christiansen y Benami y Hore existe una diferencia de 6.43%. Esta diferencia se debe a que la ecuación de Christiansen es menos rigurosa que la de Benami y Hove.

La tabla 6 reporta los valores de coeficiente de variabilidad y se puede observar que estos valores son aproximadamente el complemento de los de coeficiente de uniformidad para alcanzar el 100%.

T R A T A M I E N T O									
LINEA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LINEA 1	0	0	0	0.5	0	0	1.0	0	0
LINEA 2	0.5	1.0	1.0	2.0	2.5	2.0	3.0	2.0	3.0
LINEA 3	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.6	2.0	2.0

TABLA No. 2. Valores de pérdidas de carga por fricción reales en tres laterales de riego por goteo en metros .

T R A T A M I E N T O									
LINEA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LINEA 1	0.1026	0.1169	0.1348	0.1788	0.2237	0.3009	0.4033	0.5087	0.6345
LINEA 2	0.0971	0.1235	0.1395	0.1776	0.2238	0.2918	0.3645	0.4879	0.5445
LINEA 3	0.1059	0.1271	0.1407	0.1815	0.2138	0.2991	0.3433	0.5079	0.6507

TABLA No. 3. Valores de pérdidas de carga por fricción calculada por medio de la ecuación de Darcy Weisbach , para tres laterales de riego por goteo en metros .

T R A T A M I E N T O									
LINEA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LINEA 1	92.09	90.85	90.72	83.85	91.52	90.43	92.52	92.53	93.08
LINEA 2	96.02	94.90	94.04	95.68	94.68	93.90	92.81	90.36	92.67
LINEA 3	90.38	87.69	85.47	89.75	89.44	87.37	91.87	92.22	91.46

TABLA No. 4. Coeficiente de uniformidad en tres laterales de un sistema de riego por goteo determinado por medio de la ecuación de Christiansen, expresado en porciento.

T R A T A M I E N T O									
LINEA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LINEA 1	83.75	83.36	83.21	82.82	81.20	80.36	82.23	82.07	82.72
LINEA 2	91.99	91.34	92.52	90.69	89.27	87.94	94.75	78.29	81.64
LINEA 3	86.68	82.33	75.90	77.09	78.56	81.54	86.05	85.37	84.54

TABLA No. 5. Coeficiente de uniformidad en tres laterales de un sistema de riego por goteo, empleando la ecuación de Benami y Hore, expresado en porciento.

LINEA	T R A T A M I E N T O								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LINEA 1	9.66	10.50	12.17	10.44	10.88	11.61	7.06	9.14	8.85
LINEA 2	5.69	6.11	8.81	4.47	8.00	8.57	9.06	13.06	9.96
LINEA 3	24.30	21.43	22.29	16.26	14.06	22.36	11.64	10.91	13.74

✓ TABLA No. 6. Coeficiente de variabilidad en tres laterales de un sistema de riego por goteo, utilizando la ecuación de Strong, expresado en por ciento.

C.V. =

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados y discusión, del presente trabajo se puede concluir lo siguiente:

- 1.- El coeficiente de uniformidad para los diferentes tratamientos fue aceptable considerando que solo uno o dos goteros sobre la línea tenían efectos desfavorables sobre éste.
- 2.- Las ecuaciones de Christiansen y Benami y Hore reportan diferencias en cuanto a los coeficientes de uniformidad, siendo para este caso más riguroso la segunda.
- 3.- A pesar de ver grandes diferencias en la temperatura entre la parte inicial y final de los laterales no se encontró efecto sobre la distribución del gasto a lo largo de las líneas regantes.
- 4.- Se recomienda seguir trabajando sobre el análisis del coeficiente de uniformidad en los laterales de riego -- por goteo sobre todo a través de un período prolongado de operación del sistema.
- 5.- También se recomienda tener una fuente de abastecimiento que proporcione una carga constante para el funcionamiento de los goteros, ya que en este caso fue muy laborioso fijar las presiones requeridas para los tratamientos.

R E S U M E N

El presente trabajo se realizó en los terrenos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León en el Laboratorio de Riego por Goteo.

El objetivo del presente trabajo es el de analizar tres laterales de riego por goteo, comparando los coeficientes de uniformidad de Christiansen, Keller y Karmeli y Benami y Hore que normalmente se utilizan en el sistema de riego por goteo y aspersión.

El material básico utilizado en el presente trabajo fué el siguiente:

195 Metros de tubería de polietileno de media pulgada de diámetro interno, de una densidad media, 10 metros de tubería de polietileno de una y media pulgada de diámetro de una densidad media, 130 goteros, 4 manómetros, 6 termómetros, 3 probetas de 500 ml.

Metodología.

La metodología que se siguió fue el de instalar los marcos de alambrón los cuales fueron alineados y nivelados tomando como referencia el nivel de la tubería principal, después se procedió a instalar la tubería en la cual fueron insertados los goteros, los cuales al principio fueron a una distancia de 6 m y posteriormente a 3 y 1.50 m. confor-

me se requería en los diferentes tratamientos.

El aforo de los goteros fue de 1 minuto con tres repeticiones midiendo el volumen en probetas graduadas de 500-ml.

Para registrar las variaciones en presión se instalaron manómetros al final de cada uno de los laterales.

La temperatura se registró al inicio y al final de cada uno de los laterales por medio de termómetros que fueron insertados al principio y al final de los laterales a una distancia de 10 centímetros de la tubería principal y de los manómetros respectivamente.

Para calcular coeficientes de uniformidad se utilizaron las ecuaciones de Christiansen y Benami y Hore descritas anteriormente. Así mismo se determinó el coeficiente de variabilidad para los tratamientos.

Las pérdidas de carga teóricas se determinaron por medio de la ecuación de Darcy-Weisbach.

En conclusión se puede decir que los resultados del coeficiente de uniformidad para los diferentes tratamientos fue aceptable considerando que solo uno o dos goteros sobre la línea tenían efectos desfavorables sobre éste.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Gilaad et al. Hydraulic and Mechanical Properties of -
the second international Drip irrigation congress.
San Diego California U.S.A. Julio 1974.
- 2.- Howell Terrey and A. Hiler E. Trickle Irrigation Late--
ral Design Assoc. Member Asae. Septiembre-Obtubre
Vol. 17, N° 5/1974.
- 3.- [Pai Wu, H.M. Gitlin. Drip Irrigation Design Based on --
uniformity. Transactions of the ASAE. Mayo-Junio.
Vol. 17, N° 3/1974.
- 4.- Karmeli D. and Keller J. Evaluation of a trickle irriga-
tion system. Agriculture Engineering Depttechnion-
Haifa. Agriculture Engineering Dept.- Utah State-
University Logan, Utah.
- 5.- Lloyd M. and Dale B. Uniform Irrigation With Low Pressu-
re Trickle Systems. Journal of the irrigation and
Drainage División. Proceedings of the American --
Society of Civil Engineers. September 1972.
- 6.- Martínez C.A. Diseño de las líneas principales en los -
sistemas de riego por goteo. Secretaría de Recur-
sos Hidráulicos. México, D.F. Diciembre. Memoran-
dum Técnico N° 348. 1975.

- 7.- Ostle B. Técnica de la Estadística Moderna cuando y donde de aplicarlas. Estadística Aplicada.
- 8.- Parchomchuk P. Temperature effects on Emitter Discharge Rates. Transactions of the ASAE. Jul - August - Vol. 19. No. 4. 1976.
- 9.- Peña P. E. Diseño Hidráulico del Proyecto de Riego por Goteo Yahualica. Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1º de Mayo. Memorándum Técnico. N° 293. 1971.
- 10.- Reyes M. D. Riego por Goteo en Algodonero. Centro de Investigaciones Agrícolas del Nor-Oeste. Cd. Obre--gón, Chihuahua. Folleto Técnico N° 3.
- 11.- Rosales S.S. Riego por goteo del Chile Caribe en el Distrito de Riego del Yaqui, Sonora. S.R.H. Memorán--dum Técnico N° 320. 1973.
- 12.- Shani M. Trickle Irrigation. Chief Advisor Tech. of - - Irrig. Ministry of Agriculture, Extension Servi--ce Irrigation and Soil Field Service Hakiryá, - - Tel-Aviv, Israel.
- 13.- Torres A. L. Análisis Hidráulico de una tubería con salidas múltiples y su aplicación a un sistema de riego por goteo. S.R.H. Nov. Memorándum Técnico N° - 311. 1972.

- 14.- Torres N. F. Estudio sobre Diferentes Procedimientos de aplicación del riego por goteo en el cultivo del Tomate. Evaluación Económica y de producción en el Valle del Yaqui, Sonora. S.R.H. Memorandum Técnico N° 336.
- 15.- Teller J. and Bresler E. Trickle irrigation. (Ecological studies 5) Arid Zone Irrigation. Edited By: B Yaron, E. Danfors and Y. Vaadia. 1973.
- 16.- Valenzuela R.T. Principios Básicos del Riego por Goteo y experiencias de su aplicación en la República Mexicana. Secretaría de Recursos Hidráulicos. --- Abril, México, D. F. Memorandum Técnico N° 340. - 1975.
- 17.- Pissani Z. J.F. Uniformidad y Eficiencia de la distribución del Agua en el Riego por Aspersión, Recopilación. 1976. Facultad de Agronomía U.A.N.L.

