

# DETERMINACION DE LA LAMINA DE RIEGO POR GOTEO EN LA LECHUGA (*Lactuca sativa* L. var. Calamar)\*

J. Antonio Forero S.  
Jairo H. Gutiérrez P.  
Roberto Martínez A.\*\*

## 1. INTRODUCCION

Las condiciones de aridez, presentes en algunas regiones de Colombia, debidas a escasos recursos hídricos superficiales o sub-superficiales, que son económicamente explotables, y a la pobre distribución de la precipitación, han llevado al Programa de Recursos de Agua y Tierra del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, a introducir al país el método de riego por goteo en explotaciones hortícolas.

La horticultura en estas regiones, se caracteriza por la baja producción y por explotaciones restringidas únicamente al semestre más lluvioso del año.

El municipio de Tunja, en donde se llevó a cabo el presente trabajo, es representativo de los problemas mencionados y es además un centro de mercado hortícola de marcada importancia en la región. Se presentan con frecuencia grandes fluctuaciones en los precios del mercado, debido principalmente a que la explotación hortícola muestra relativa intensidad en la época lluviosa del año y una reducida explotación de los predios durante la época de sequía.

El método de riego por goteo por su elevada eficiencia, se presenta como una alternativa de solución a los grandes problemas de limitaciones de agua. Sin embargo, como en todo método de riego y cultivo, es necesario evaluar ciertos parámetros, especialmente los relacionados con la lámina de agua a aplicar, antes de proceder a su utilización extensiva.

El objetivo general del presente trabajo, se basó, en comparar la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. *Calamar*) bajo riego por goteo, con la

producción obtenida en un lote donde se utilizaron los métodos convencionales de cultivo de la región. Como objetivo específico se buscó determinar la lámina óptima de riego por goteo y la rentabilidad anual del cultivo, de acuerdo con la mejor lámina de riego estudiada.

## 2. REVISION DE LITERATURA

Numerosas comparaciones de los diferentes métodos de riego, han sido efectuadas en varios países del mundo. En Israel, Goldberg (1975), al referirse a la eficiencia del riego, indica que con el riego por aspersión la eficiencia oscila entre el 50% y el 75%; en tanto que con el riego por goteo se pueden alcanzar valores hasta del 90% y que el límite inferior a que se puede llegar es del orden del 80%.

Shmueli y Goldberg (1975), al comparar el riego por aspersión, por surcos y por goteo, en el cultivo del melón (*Cucumis melo* L. cv. Haogen), observaron un crecimiento vegetativo más rápido, así como rendimientos más tempranos y abundantes, se obtienen con el método de riego por goteo.

El riego por goteo ha mostrado grandes ventajas en la producción, frente a los demás métodos de riego. Valenzuela (1975), cita algunas experiencias en la república de México; en sandía se obtuvieron 24 ton/Ha bajo riego por gravedad y 79 ton/Ha bajo riego por goteo; en melón, 29 ton/Ha por gravedad y 128 ton/Ha por goteo; para el caso de la lechuga,

\* Contribución del Programa de Recursos de Agua y Tierra (División de Ingeniería Agrícola) del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, y de la Facultad de Agronomía de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC.

\*\* Respectivamente: Ingeniero Agrónomo, M.S., Director del Programa de Recursos de Agua y Tierra, Centro de Investigaciones Tibaitará, Apartado Aéreo 151123, Bogotá; e Ingenieros Agrónomos de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja.

el riego por goteo arrojó un resultado de 90 ton/Ha, frente a 37 ton/Ha por gravedad. En estos cultivos se utilizaron goteros de 2 lts/h de emisión con un espaciamento entre goteros de 0,50 m; cada línea lateral se utilizó para regar dos hileras de plantas.

La frecuencia de riego en el método de goteo, ha sido estudiada por un buen número de investigadores. Goldberg *et al.* (1975), Goldberg y Shmueli (1975), observaron que con la frecuencia diaria se obtenían las más altas producciones. Los primeros autores estudiaron la frecuencia de riego en el cultivo de la vid, en tanto que los segundos lo hicieron en tomate, pepino y melón. Valenzuela (1975), cita la frecuencia diaria como la mejor en la producción de maíz, bajo riego por goteo.

La lámina de riego es el parámetro que con mayor cuidado se debe determinar cuando se busca definir la eficiencia de riego. Por la naturaleza de la aplicación del agua, los diferentes métodos de riego presentan diversos valores de eficiencia y, en este sentido el riego por goteo ofrece ventajas de economía de agua. Experiencias realizadas en El Cenamar, México, (Valenzuela, 1975), indican que al comparar gravedad con goteo, en cultivos de maíz, sandía y melón, las láminas de agua aplicadas por gravedad excedieron a las de goteo en 135%, 143% y 145%, respectivamente.

Como información adicional, la cual permite comparar con los resultados de este estudio, se puede citar que en Colombia, según datos de OPSA-1977, el promedio de producción nacional en lechuga puede alcanzar las 10 ton/Ha si se utilizan prácticas tradicionales de cultivo.

### 3. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el municipio de Tunja, en predios de la Estación Experimental de la Universidad de Tunja. La región tiene una altitud de 2.820 m.s.n.m., precipitación promedio anual de 597,8 mm, evaporación promedio diaria de 3,0 mm, temperatura promedio anual de 12,9°C y humedad relativa promedio del 80%. Los suelos del lote experimental, de textura franco-arenosa, presentaron un valor de infiltración básica de 1,8 cm/h; el agua aprovechable es del orden de 4 cm hasta los 40 cm de profundidad y la densidad aparente es de aproximadamente 1,52 para la misma profundidad. La pendiente predominante del terreno es del 6%.

#### 3.1. DISPOSICION DEL SISTEMA.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar. Para ello se definieron cuatro tratamientos: tres con goteo y un testigo sin goteo. Para los tratamientos con goteo se tomó como base del módulo de riego un factor K de la evaporación del tanque tipo "A". Los factores probados fueron: 0,6 - 0,8 y 1,0. Dispuestos al azar, los tratamientos,

quedaron distribuidos desde la cabecera del lote así: tratamiento 4, sin goteo (testigo).

El lote testigo se regó por aspersión únicamente durante los primeros 8 días después del trasplante, al igual que los demás tratamientos, manteniendo el suelo próximo a capacidad del campo. La precipitación registrada durante todo el período vegetativo fue de 77,1 mm. Los tratamientos con goteo tuvieron un intervalo de riego de 1 día.

La Figura 1 muestra la disposición general del sistema. Para cada tratamiento se utilizaron 6 parcelas con 126 plantas cada una.

#### 3.2. INFORMACION DE CAMPO.

El volumen de agua aplicado diariamente se calculó para cada tratamiento con goteo mediante la siguiente ecuación:

$$V_i = \bar{E}_v \times K_i \times A \quad (1)$$

Donde:

$V_i$  = Volumen de agua a aplicar en el tratamiento  $i$ ,  $m^3$ .

$\bar{E}_v$  = Evaporación diaria registrada, m.

$K_i$  = Factor de evaporación del tratamiento  $i$ , adimensional.

$A$  = Área total a regar por tratamiento, 90  $m^2$ .

$i = 1, 2, 3$ .

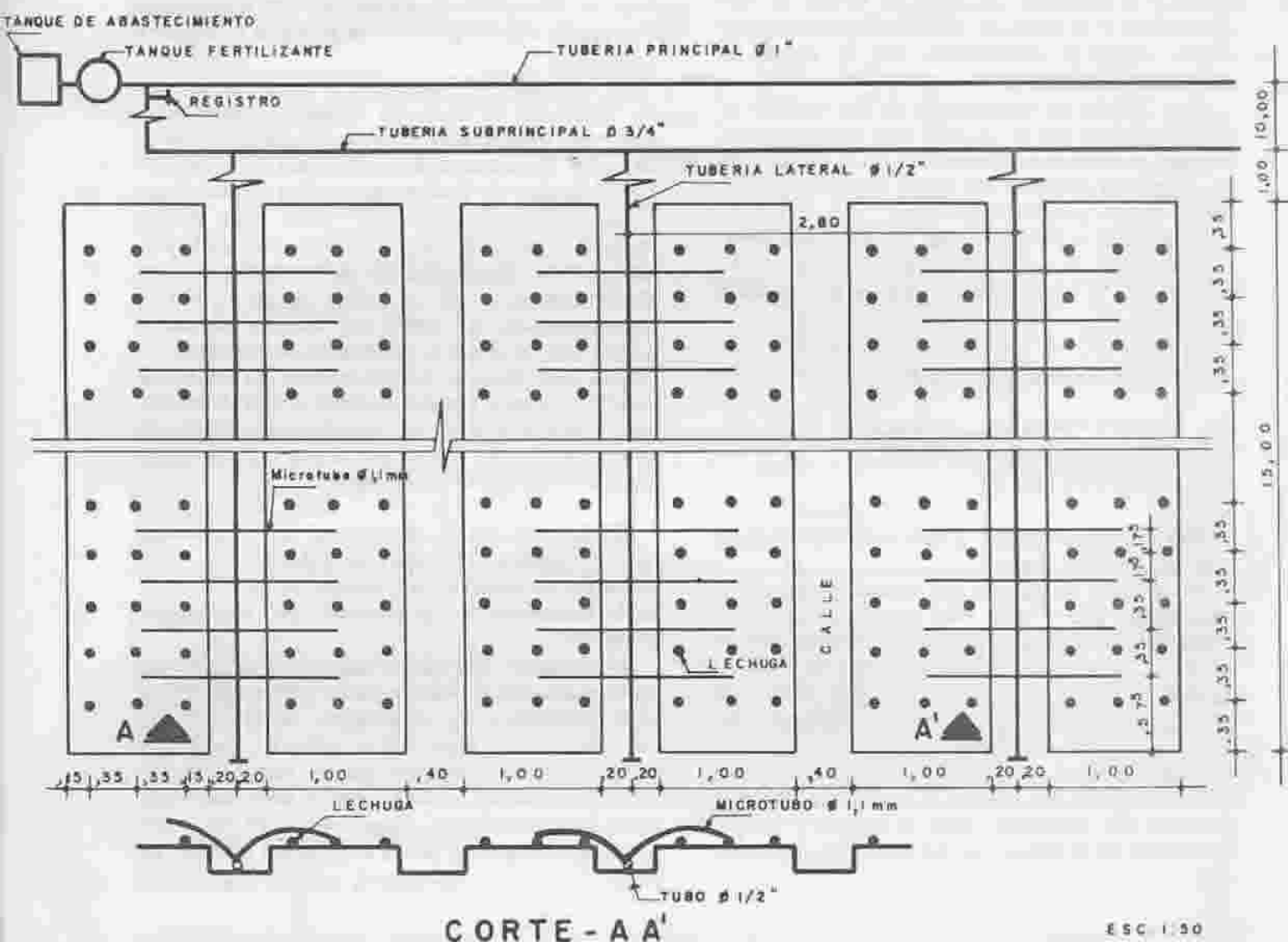
En todos los tratamientos con goteo se utilizó una emisión promedio por gotero de 2 lts/h. La lámina de riego a aplicar se calculó teniendo en cuenta la lámina total  $V_i/A$  de la ecuación (1), menos la precipitación registrada en cada intervalo de riego. No se tuvo en cuenta el concepto del área efectiva para el riego, debido a la naturaleza de la localización de los goteros con relación a las plantas, como puede desprenderse de la Figura 1.

Las prácticas de tipo agronómico fueron similares para todos los tratamientos, de manera que la variable lámina de riego se pudiera estudiar plenamente.

Para fines de análisis estadístico se hizo un muestreo estratificado en la siguiente forma:

Cada una de las 6 parcelas que conformaron cada tratamiento, se dividió en sentido transversal en 3 subparcelas. De cada subparcela se tomó una muestra de 5 plantas por hilera, lo cual dio como resultado un muestreo de 270 plantas por tratamiento. Se determinó el peso de cada lechuga en gramos y posteriormente se hizo el estimativo de producción en ton/Ha para cada tratamiento.

FIGURA 1. Disposición de los laterales, microtubos y plantas.



### 3.3. ANALISIS ESTADISTICO.

Con el fin de estudiar el efecto de la lámina de riego en la producción de lechuga, se efectuó un análisis de varianza tomando como modelo el diseño anidado. Utilizando un nivel de "significancia" de 0,005, se compararon los valores de F calculado y F tabular, para determinar si existía o no diferencia significativa entre los diferentes tratamientos, parcelas, subparcelas e hileras de plantas.

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza, se procedió a efectuar la prueba de STUDENT-NEWMAN-KEUL (SNK), para establecer la "significancia" de los tratamientos entre sí.

### 3.4. COSTOS E INGRESOS.

Se hizo una breve revisión de costos e ingresos con el fin de estimar la rentabilidad de la explotación bajo riego por goteo. Se tomó como base el mejor de los tratamientos ( $K_2 = 1,0$ ) y una hectárea como unidad de producción, con cuatro períodos de cultivo por año. En condiciones similares se determinaron los costos e ingresos para una explotación sin riego y tomando como referencia el tratamiento testigo.

Se constituyeron en costos fijos los siguientes: el tanque de almacenamiento de agua, el tanque de fertilización, el contador de agua, las líneas de man-

gueras, los microtubos, los accesorios galvanizados para la conducción, la unidad motor-bomba, el arriendo de la tierra, etc. Los costos variables se redujeron a la mano de obra requerida para la instalación y la operación del riego, las labores de tipo agronómico y su mano de obra, fertilizantes e insecticidas, aceites y combustibles, etc. Se asumió en ambos casos la venta de la cosecha en el predio.

Para calcular la depreciación de los equipos, se estimó una vida útil de 10 años para la motobomba, tanques y accesorios galvanizados y de 5 años para los materiales plásticos. Se asignó un valor de salvamento del 0% para todos los casos.

Finalmente se estableció una relación Costo/beneficio teniendo en cuenta el ingreso bruto/año y los costos fijos y variables/año, para cuatro cosechas por año.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. LAMINA DE RIEGO, PERIODO VEGETATIVO Y PRODUCCION PROMEDIA POR Ha.

Los resultados relativos a estas variables, aparecen consignados en la Tabla 1.

Si se tiene en cuenta que comparativamente el lote testigo solo recibió 77,1 mm de precipitación durante todo el período vegetativo, se desprende de la Tabla 1 que hay una marcada influencia de la lámina de agua sobre el período vegetativo y la producción de la lechuga. El período vegetativo más corto indica que fue menor el esfuerzo por extracción de humedad del suelo, hecho por las plantas del tratamiento con factor  $K = 1,0$ . La Figura 2 presenta una ilustración sobre el tamaño y la conformación de la lechuga en los diferentes tratamientos.

## 4.2. RESULTADOS DEL ANALISIS ESTADISTICO.

La Tabla 2 muestra el análisis de varianza con base en los valores de producción por tratamiento de acuerdo con los pesos de las muestras expresados en gramos.

Al comparar los valores de F calculado con los de F tabular se encontró diferencia significativa entre los tratamientos y entre las parcelas. No se encontró diferencia significativa para las comparaciones hechas, de igual manera, entre subparcelas e hileras. La no "significancia" entre estas últimas comparaciones indica que existió una adecuada uniformidad de distribución del agua a lo largo de las líneas laterales y que el patrón de los bulbos de humedecimiento del suelo, fue también adecuado, puesto que no afectó la producción de las hileras de plantas más distantes de los goteros. La diferencia significativa entre parcelas se debió a falta de uniformidad debida a pequeñas variaciones de presión de entrada entre uno y otro lateral y a que los suelos no son completamente homogéneos.

De acuerdo con lo anterior, se procedió a efectuar la prueba STUDENT-NEWMAN-KEUL para comparar únicamente los valores de la diferencia entre promedios de producción por tratamiento (Tabla 3).

Al comparar los valores dados para el límite de significancia con los valores dados por las diferencias entre promedios por tratamiento, se observa que estos últimos son superiores en todos los casos. Esta situación permite concluir que sí existió "significancia estadística", es decir, que sí hubo diferencia entre los tratamientos, como efecto del riego por goteo de una parte y por la otra, de los módulos de riego.



FIGURA 2. Diferencias en tamaño y conformación de la lechuga según los distintos tratamientos citados.

TABLA 1. Lámina de riego, periodos vegetativos y producción por tratamiento.

Factor de Evaporación $k_e$	Lámina Diaria promedio mm.	Lámina total mm	Periodo vegetativo: días*	Producción promedio Ton/Ha
0,6	1,9	120,9	65	38,42
1,0	3,1	170,5	55	52,05
0,8	2,5	148,8	60	49,95
Testigo	-	-	70	14,47

\* Después de trasplante.

TABLA 2. Análisis de varianza de la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L., var. *Calmar*), (Grupos).

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio
Tratamiento	3	76078626	25359541,9
Parcel. (Trat.)	20	2705304	135265,2
Subp. (Tra. Parcel.)	48	3431396	71487,4
F. (Trat. Parcel. Subp.)	144	3771489	26190,9
Parcel. x F.	10	218547	21854,7
Error	854	24476733	28661,3
Total	1079	110687094	102678,4

Peso promedio del ensayo: 688 ± 412037

Coefficiente de variación: 24,5993108

Fuente de variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. Calculado	F. Tabular = 0,005
Tratamiento	3	76078626	25359541,9	884,801	4,28
Error	854	24476733	28661,3		
Parcel. (Trat.)	20	2705304	135265,2	4,7194	2,06
Error	854	24476733	28661,3		
Subp. (Trat. Parcel.)	48	3431396	71487,4	2,4942	1,61
Error	854	24476733	28661,3		
F. (Trat. Parcel. Subp.)	144	3771489	26190,9	0,9138	1,34
Error	854	24476733	28661,3		
Parcel. x F.	10	218547	21854,7	0,76261	2,52
Error	854	24476733	28661,3		

$$Cm = \frac{SC}{G.L.} \quad Fc = \frac{Cm}{\text{Cuadrado error}} \quad G.L. = (h-1)$$

Trat. = tratamiento      Parcel. = parcela      Subp. = subparcela  
 F. = hileras      Cm = cuadrado medio      SC = suma cuadrados  
 Fc = F. calculado

TABLA 3. Prueba de STUDENT-NEWMAN-KEUL con un nivel de significancia de 0,005, para la producción por tratamiento.

$SX = \frac{Cm(\text{Error})}{\text{No. muestras}}$	$SX = \sqrt{\frac{28661.3}{270}}$	$\bar{SX} = 10,30$	
No. de promedios	2	3	4
Valores de la Tabla para 480 G.L.	2,77	3,31	3,63
Límite de significancia al 0,005	28,53	34,09	37,39

$$\text{Fórmula: } LS = \bar{SX} \times VT$$

Siendo: LS = Límite de significancia  
 $\bar{SX}$  = Corrector  
 VT = Valor de la Tabla

Diferencia entre tratamiento según los pesos promedios por planta (Gramos).

Tratamiento	$K_2 = 1,0$	$K_3 = 0,8$	$K_1 = 0,6$	Testigo
Orden decreciente (Gramos)	925,25	887,96	683,08	257,33
925,25	0			
887,96	37,29	0		
683,08	242,17	204,88	0	
257,33	667,92	630,63	425,75	0

Producción

Tratamiento $K_2 = 1,0$ :	52,05 ton/Ha.
Tratamiento $K_3 = 0,8$ :	49,95 ton/Ha.
Tratamiento $K_1 = 0,6$ :	38,42 ton/Ha.
Testigo	14,47 ton/Ha.

#### 4.3. INTERPRETACION DEL ANALISIS DE COSTOS E INGRESOS.

La Tabla 4 muestra los Costos Fijos y Variables Anuales para una hectárea de lechuga, con y sin riego por goteo. Para el cálculo del Costo Fijo Anual se tuvo en cuenta el Factor de Recuperación de Capital afectado según la vida útil de los diferentes equipos, indicada en la misma Tabla 4.

Para establecer los Costos Fijos y Variables por año, se tuvo en cuenta que se pueden obtener cuatro cosechas por año; asumiendo a la vez que el agricultor posee un predio de por lo menos dos

hectáreas, que le permite hacer rotaciones adecuadas de cultivo.

Al determinar la relación Beneficio/Costo se encontró un valor de 3,22 para la explotación bajo riego por goteo y de 1,25 para la forma convencional de cultivo en la región. Se debe anotar sin embargo, que teniendo la región una inadecuada distribución de la precipitación, resulta imposible obtener cuatro cosechas al año, utilizando procedimientos convencionales.

La relación 3,22 para la explotación bajo riego por goteo, es indicativa de la gran rentabilidad que ella puede representar.

TABLA 4. Costos de producción en pesos colombianos para una hectárea de lechuga con y sin riego por goteo e ingresos frutos (un dólar equivale a 40 pesos colombianos en noviembre de 1978).

Descripción	Con goteo K = 1,0	Sin Goteo
<b>Costos Fijos</b>		
Motobomba, tanques de almacenamiento y fertilización, accesorios galvanizados y de bronce. 10 años de vida útil (6% imponentas).	46.915	—
Mangueras de líneas de bombeo, principal, secundaria, lateral, microtubos y accesorios plásticos. 5 años de vida útil (6% imponentas).	36.176	—
Alquiler de la tierra, 1 año	5.000	5.000
Tarifa del agua, 10.950 m <sup>3</sup> /año	5.475	—
Costo Final Anual (10% de interés anual para todos los casos).	28.703	5.500
<b>Costos Variables (Cuatro cosechas/año-Ha).</b>		
Semilla y semillero	4.800	4.800
Una arada, una rastreada y una pulida	7.920	7.920
Construcción de parcelas	20.000	20.000
Fertilizantes y aplicación	28.000	28.000
Trasplante y resiembra	12.000	12.000
Instalación equipo riego	5.000	—
Desyerbas	10.000	10.000
Pesticidas y aplicación	10.000	10.000
Aplicación del agua	2.500	—
Combustible y aceite	20.390	—
Cosecha (venta en predio, empaque a cargo del comprador).	12.000	12.000
Total Costos Variables/año-Ha.	132.610	104.720
Costos Totales/año-Ha.	161.313	115.220
Producción Ton. (4 cosechas/año-Ha.)	208,2	57,88
Precio Tonelada*	2.496	2.496
Ingresos Brutos	519.667	144.468
B/C	3,22	1,25

\* OPSA, 1977, registra \$2.080/ton para 1976 y para 1978 se ha asumido un incremento del 20%.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio se puede concluir lo siguiente:

- El riego por goteo en hortalizas representa una alternativa de solución a los problemas de limitación de agua, propios de la región.
- Los mejores resultados correspondieron al mayor factor  $K = 1$ ; por consiguiente, futuras investigaciones deben probar éste y factores superiores.
- La rentabilidad del cultivo de lechuga bajo riego por goteo es más que aceptable a pesar de los elevados costos que pueda representar la inversión inicial. Se debe establecer una adecuada política crediticia que facilite al pequeño agricultor la adquisición de los equipos.

## 6. RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio con el fin de comparar tres módulos de riego por goteo en lechuga *Lactuca sativa* L. var. *Calamar*, según los siguientes factores K de evaporación del tanque tipo "A": 1,0 - 0,8 y 0,6. Se estableció también una parcela testigo sin riego por goteo, con la precipitación como única fuente de agua.

La mejor producción (52,05 ton/Ha), correspondió al factor  $K = 1$  y sobrepasó ampliamente al

promedio nacional registrado en los últimos años (10 ton/Ha) y a la producción del testigo (14,47 ton/Ha).

Al evaluar los costos e ingresos tomando como base una hectárea y cuatro periodos de cultivo por año, se encontró una relación Beneficio/Costo de 3,22, la cual indica que es justificable la inversión en riego por goteo.

## 7. SUMMARY

Drip irrigation modulus in lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *Calamar*).

A field study was conducted to compare three drip irrigation moduli in lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *Calamar*), according to the following K factors of a class "A" evaporation pan: 1.0, 0.8 and 0.6. A control plot without drip irrigation was also established, with the rainfall as the unique source of water.

The best result in yield (52.05 tons/Ha), corresponded to the factor  $K = 1$ , and exceeded with evidence the mean national yield for the last years (10 tons/Ha), and the yield from the control plot (14.47 tons/Ha).

An evaluation of costs and benefits was made on the basis of four growing periods/year/ha. A Benefit-Cost Ratio of 3.22 was found as indicative that the investments in drip irrigation are justified.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. FORERO, S.J.A. Riego por aspersión. ICA. División de Ingeniería Agrícola, Programa Recursos de Agua y Tierra, Bogotá, Colombia. 53 p. (Mimeografiado, sin publicar).
2. GOLDBERG, S.D. Pronósticos y perspectivas para el desarrollo del riego en Israel, hasta el año 1990. Washington. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.). Departamento de Estado del Gobierno de U.S.A.; Universidad Hebrea de Jerusalén, Israel. 28 p.
3. ———; RINOT, M. y KARU, N. Efecto de los intervalos en el riego por goteo, sobre la distribución y utilización de la humedad del suelo en un viñedo. Washington. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.). Departamento de Estado del Gobierno de U.S.A.; Universidad Hebrea de Jerusalén, Israel. 8 p.
4. GOLDBERG, D. y SHMUELI, M. El riego por goteo, un método que puede usarse en condiciones desérticas y áridas con agua y suelos de elevada salinidad. Washington. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.). Departamento de Estado del Gobierno de U.S.A. 8 p.
5. GUTIERREZ, P.J.H. y MARTINEZ A., R. Determinación de la lámina de riego por goteo en la lechuga (*Lactuca sativa* L.). Tesis I.A. Tunja, Colombia. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 1978. 70 p. (Sin publicar).
6. OPSA. Hortalizas. Programas Agrícolas, Bogotá (Colombia). Ministerio de Agricultura. 1977. 8 p.
7. SHMUELI, M. y GOLDBERG, D. Riego por aspersión, por surcos y por goteo del melón en una zona árida. Washington. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.). Departamento de Estado del Gobierno de U.S.A.; Universidad Hebrea de Jerusalén, Israel. 6 p.
8. VALENZUELA, R.T. Principios básicos del riego por goteo y experiencias de su aplicación en la república Mexicana. Mendoza, Argentina. I.I.C.A. 1975. 99 p.