

**EVALUACION DE UN SISTEMA DE RIEGO
SUBTERRANEO EN LA REGION DE URABA
(ANTIOQUIA, COL.)**

FABIO BUSTAMANTE B.*
EURIPIDES MERCADO A.**

I. INTRODUCCION

En la región de Urabá, al Noroccidente del Departamento de Antioquia, los agricultores, especialmente los de la zona bananera han venido observando cada año la manifiesta necesidad de agua durante las épocas secas o de verano, la cual se presenta como un efecto de la deforestación descontrolada de las cuencas hidrográficas de los distintos ríos y quebradas y de un manejo desordenado de estas aguas en la zona bananera, sumando a estos dos factores una carencia casi total de control de los drenes en ésta época, los cuales sí son necesarios para las plantaciones en las épocas de lluvia.

La aplicación del riego subterráneo empleando para ello los canales de drenaje, por medio de un programa del control de trancas con vertederos para mantener agua en los canales y así mantener el nivel freático a una profundidad dada, puede ser una alternativa del manejo de las aguas para aportar la necesaria a los cultivos y evitar la caída de sus rendimientos en las épocas secas. En el presente trabajo se dan la metodología y los resultados obtenidos en la evaluación de la aplicación de este sistema en la región de Urabá, en vecindades del corregimiento de Zungo.

* Ingeniero Agrónomo M.S. Profesor Asociado de la Sección de Riego y Drenaje.

** Ingeniero Agrónomo Profesor Asistente de la Sección de Riego y Drenaje.

II. REVISION DE LITERATURA

La literatura reporta la existencia de gran cantidad de áreas de suelos en el mundo, tanto en regiones húmedas como en regiones semiaridas, dedicadas a la agricultura, que utilizan el riego subterráneo como fuente de agua, para los cultivos. En la Florida; en zonas de la región de los Grandes Lagos, Michigan Minnesota, Indiana, Ohio, hay grandes programas de control de los sistemas de drenaje para su aprovechamiento como riego subsuperficial o subterráneo en los períodos de baja precipitación. Sistemas similares se tienen en Holanda en donde ha avanzado mucho en la metodología para la utilización de las aguas subterráneas, (Stephens, 1955), (Kalisvaart, 1958).

En los deltas bajos del Valle de San Joaquín en California, en las épocas de baja precipitación se bombea agua a los canales de drenaje y con el control de ellas se provee de este elemento a los cultivos; los canales están espaciados entre 50 y 100 metros y se mantienen los niveles freáticos con variaciones desde 0.30 metros hasta 0.60 mts y/o 0.90 mts. dependiendo de la profundidad del sistema de raíces de las plantas, (Renfro, 1955). También se reportan algunos trabajos en suelos orgánicos y suelos arenosos en los cuales el manejo del agua en perfil del suelo es diferente en lo que al contenido de humedad para las condiciones físicas de cada suelo se refiere (Renfro, 1955), (Fox et al, 1956)

III. ESTUDIOS EFECTUADOS.

En base a la información suministrada por los propietarios de las tierras en donde se hizo el estudio, respecto a la uniformidad de los suelos, se escogieron tres lotes marcados en el plano de la finca con los números 4, 19 y 23, para hacer las observaciones de campo y tomar las muestras. Los estudios que se hicieron fueron los siguientes:

A. Estudios de campo:

1. Determinaciones de la conductividad hidráulica .
2. Toma de muestras de aguas para determinar su calidad con fines de riego.
3. Toma de muestra de suelo para la determinación granulométrica.
4. Observaciones de la tensión de retención de humedad del agua del suelo.
5. Observaciones de perfil del suelo en calicatas.
6. Reconocimiento general del terreno, con observaciones sobre los canales y las estructuras de control del agua en los mismos.

B. Estudios de Laboratorio:

Con las muestras de suelo, tomadas en el campo se hicieron en el laboratorio los siguientes estudios:

1. Porcentaje de humedad en base seca
2. Análisis granulométrico para determinación de texturas y tamaño predominante de las partículas de suelo.
3. Determinación de la calidad del agua con fines de riego
4. Determinación de conductividad hidráulica.
5. Determinación de la tensión de humedad a $\frac{1}{3}$ de atmósfera.

IV. RESULTADOS

Los resultados de los trabajos de campo y laboratorio que se obtuvieron, sirvieron para hacer los cálculos requeridos para completar los datos con los cuales se logró la evaluación buscada. Los resultados son los siguientes:

A. Conductividad Hidráulica:

1. Estudios de Campo. Para estos ensayos se usó el método del "pozo barrenado". El resumen de los valores de conductividad hidráulica "K", obtenidos, se dá a continuación; expresando el estado en que se encontraba el campo en el momento de la prueba con respecto al riego:

| <u>Ensayo No.</u> | <u>Lote</u> | <u>"K", mts/Hora</u> | <u>Condición Campo</u> |
|--------------------|-------------|----------------------|------------------------|
| 1 - P ₁ | 19 | 0.075 | Sin riego |
| 2 - P ₁ | 19 | 0.077 | Sin riego |
| 3 - P ₂ | 23 | 0.022 | Regando |
| 4 - P ₃ | 23 | 0.197 | Regando |
| 5 - P ₄ | 4 | 0.154 | Regado 8 días antes |

2. Estudios de Laboratorio. Estas pruebas se hicieron a las muestras tomadas en cada uno de los horizontes del perfil que se consideró más representativo de los suelos. Una de las calicatas fue hecha en el lote 23, el cual está localizado en suelos de condiciones similares a las del lote 19.

Lote 23

| <u>Profundidad del Horizonte - cms.</u> | <u>"K" Centímetros/Hora</u> |
|---|-----------------------------|
| De 00 a 25 | 1.28 |
| De 25 a 50 | 1.08 |
| De 50 a 75 | 1.24 |
| De 75 a 89 | 0.12 |
| De 89 a 103 | 2.53 |
| De 103 a 120 | 0.36 |
| "K" promedia para el perfil | 0.0111 metros/Hora. |

Lote 4

| <u>Profundidad del Horizonte - cms.</u> | <u>"K" Centímetros/ Hora</u> |
|---|------------------------------|
| De 00 a 23 | 1.92 |
| De 23 a 74 | 0.36 |
| De 74 a 82 | 0.35 |
| De 82 a 113 | 0.07 |
| "K" promedia para el perfil | 0.0059 metros/Hora |

B. Retención de Agua por el Suelo:

Se instalaron dos tensiómetros a profundidades de 30 y 60 centímetros, con

el fin de conocer las condiciones de retención del agua por el suelo. Estas observaciones se hicieron en los lotes Nos. 19 y 4. Las lecturas en los tensiómetros después de dos horas de instalados, fueron las siguientes y su distribución en el perfil del suelo se muestra en la figura No. 1.

| <u>Lote</u> | <u>Profundidad, cms.</u> | <u>Tensión Atmosferas</u> |
|-------------|--------------------------|---------------------------|
| 23 | 30 | 0.308 |
| 23 | 60 | 0.186 |
| 4 | 30 | 0.262 |
| 4 | 60 | 0.092 |

Con las muestras traídas del campo, se hicieron en el laboratorio las determinaciones del porcentaje de humedad en estufa a 105°C y con los resultados se preparó la curva de la figura 1, en la cual se muestra la distribución de la humedad en el perfil del suelo.

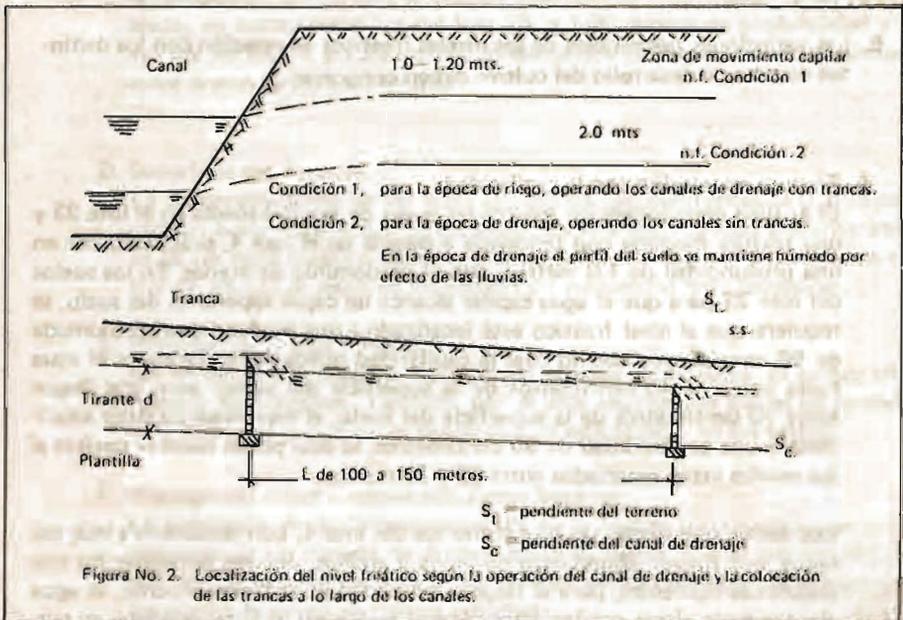
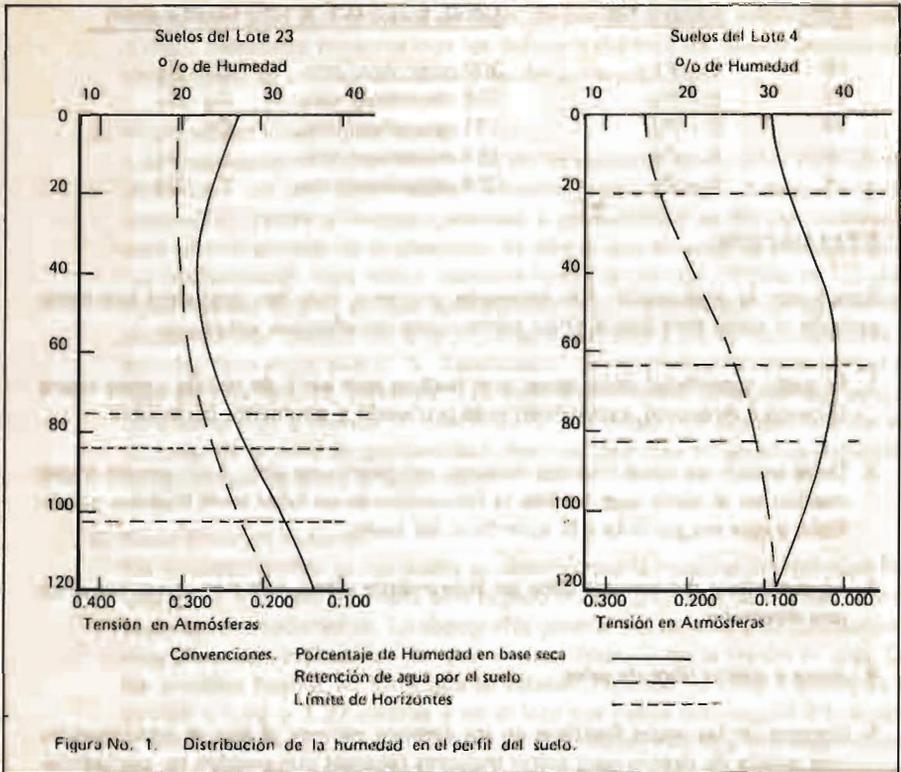
C. Textura y Tamaño de Partículas de Suelo:

Para hacer los estudios de capilaridad fue necesario conocer la textura de los suelos y el tamaño de partículas de suelo predominante para fijar a la vez, el tamaño de los poros. En los resultados obtenidos de estos análisis, que se dan a continuación, cada valor corresponde a los horizontes de los perfiles de los lotes investigados y el tamaño de las partículas se tomó con base al porcentaje mayor que dió el análisis de laboratorio:

| <u>Lote</u> | <u>Profundidad</u> | <u>Textura</u> | <u>Tamaño de Partículas Suelo</u> |
|-------------|--------------------|------------------------|-----------------------------------|
| 23 | 00 - 25 | Franco | 0.05 mm. |
| | 25 - 50 | Franco | 0.05 mm. |
| | 50 - 75 | Franco | 0.05 mm. |
| | 75 - 89 | Franco Arcillo Limoso | 0.02 mm. |
| | 89 - 103 | Arenoso | 0.10 mm. |
| | 103 - 120 | Franco | 0.05 mm. |
| 4 | 00 - 23 | Franco Areno Arcilloso | 0.05 mm. |
| | 23 - 74 | Franco Arcillo Limoso | 0.02 mm. |
| | 74 - 82 | Franco Limoso | 0.03 mm. |
| | 82 - 112 | Franco Arcillo Limoso | 0.02 mm. |

D. Calidad del Agua:

En los pozos donde se hicieron los ensayos de conductividad hidráulica en el campo, se tomaron muestras de agua para conocer su calidad y determinar su utilización para riego. Los resultados de estos análisis son los siguientes:



| <u>Lote</u> | <u>Ensayo No.</u> | <u>Cond. Elect. (CE x 10⁶)</u> | <u>Clasificación</u> |
|-------------|--------------------|---|-------------------------------|
| 19 | 1 - P1 | 302 microhos/ cms. | C ₁ S ₁ |
| 19 | 2 - P ₁ | 302 microhos/ cms. | C ₁ S ₁ |
| 19 | 3 - P ₂ | 171 microhos/ cms. | C ₁ S ₁ |
| 19 | 4 - P ₃ | 167 microhos/ cms. | C ₁ S ₁ |
| 4 | 5 - P ₄ | 288 microhos/ cms. | C ₁ S ₁ |

V. EVALUACION

Para hacer la evaluación fue necesario, primero, fijar los requisitos que debe cumplir el suelo para que el riego subterráneo sea efectivo, estos son:

1. El suelo superficial debe tener una textura que varíe de media a muy ligera (Franco a Arenoso), razonablemente profundo y altamente permeable.
2. Debe existir un nivel freático natural, relativamente alto, o un estrato impermeable en el suelo que facilite la formación de un falso nivel freático o artificial y que sea paralelo a la superficie del suelo.
3. La superficie del terreno debe ser ligeramente plana, con pendiente suave en una dirección.
4. Agua y suelos libre de sales
5. Control de las aguas freáticas en los campos vecinos al que se está regando, con ayuda de drenes para evitar mayores recargas que pueden ser perjudiciales.
6. Las variaciones permisibles de los niveles freáticos en relación con los distintos estados de desarrollo del cultivo deben conocerse.

A. Textura en relación con la capilaridad.

El análisis granulométrico mostró un suelo de textura media en el lote 23 y una textura mediana con tendencia a pesada en el lote 4, prácticamente en una profundidad de 1.0 metros, con el predominio de arenas. En los suelos del lote 23 para que el agua capilar alcance las capas superiores del suelo, se requiere que el nivel freático esté localizado a una profundidad aproximada de 90 centímetros con lo cual la capilaridad puede hacer ascender el agua hasta cerca de 40 centímetros de la superficie del suelo; para que llegue hasta 10 centímetros de la superficie del suelo, el nivel freático debe localizarse a una profundidad de 50 centímetros, lo cual puede hacerse posible si los canales están espaciados entre 25 y 30 metros.

Los suelos que tienen perfiles como los del lote 4, con tendencia a más pesados, por mayor abundancia de limos y arcillas, pueden presentar los dos problemas siguientes, para el riego subsuperficial: a) Generalmente, el agua alcanza poca altura capilar desde el nivel freático y b) Pueden perder su per-

meabilidad bajo esta práctica de riego, de por sí han dado valores de conductividad hidráulica menores que los del suelo del lote 23. Suelos pesados bajo condiciones de saturación pueden perder permeabilidad.

B. Profundidad Efectiva del Suelo.

Las observaciones del perfil, hechas en las calinatas de los lotes 23 y 24, permitieron ver una profundidad efectiva relativamente buena, ya que se observaron raíces y microorganismos a profundidad de 90 centímetros, lo cual es una prueba de la presencia de aire y que el suelo es bien drenado a esa profundidad. Este factor también limita el uso del método en los suelos como los del lote 4, porque el horizonte más impermeable de este perfil se encuentra por debajo de la profundidad efectiva y no es recomendable saturarlo. Para estos suelos, la localización del nivel freático debe ser por debajo de este estrato, a más de 1.13 metros con lo cual la capilaridad solo llegará hasta más o menos 50 centímetros por debajo de la superficie del suelo, lugar en la zona de profundidad efectiva, pero hay el riesgo de deficiencia de humedad, de allí a la superficie.

C. Nivel Freático Natural.

En la construcción de los pozos se observó que la localización del nivel freático en el lote que no había sido regado era a 2.8 metros de la superficie del suelo aproximadamente. La topografía general del terreno y su formación fisiográfica son indicativos de que el nivel freático en la región es alto. Con las pruebas hechas en lotes que se estaban regando, el nivel freático se encontró a 1.46 y 1.37 metros y en el lote que había sido regado 8 días antes el nivel freático estaba a 1.69 metros. Esto indica que hay una condición favorable para el riego subterráneo y que con un programa de control de altura de agua en los canales es posible mantener el nivel freático a la altura deseada, en suelos como los del lote 23, a 1.00 metros de profundidad y como los del lote 4 a 1.20 metros, lo que puede conseguirse con espaciamiento entre drenes de 25 a 30 metros.

D. Superficie del Terreno.

La topografía plana de los lotes estudiados con pendientes de 0.2^o/o en dirección norte - Sur y 0.1^o/o en dirección este-oeste, ayuda al mantenimiento de un nivel freático paralelo a la superficie del terreno y permite un control de alturas de aguas en los canales sin estructuras muy complejas.

E. Salinidad de Suelos y Aguas.

No se registró problemas de sales en el agua subterránea, ni lo hay en las fuentes superficiales. También, por el alto régimen de lluvias de la región, no parece que pueda haber problemas de este aspecto en los suelos.

F. Recargas del Nivel Freático por Zonas Vecinas.

La condición de explotación agrícola de la región, hace necesario el mantenimiento de un sistema de drenaje bastante denso, con lo cual no hay peligro de que excesos de agua de los campos vecinos perjudiquen el control de los niveles freáticos en la zona estudiada.

G. Conductividad Hidráulica.

Por las mediciones de conductividad hidráulica hechas en el campo, se pudo observar lo siguiente: en el lote 19, la conductividad hidráulica del suelo fue menor cuando el pozo tenía una profundidad mayor a 3.0 metros. Las pruebas de laboratorio dan también menor valor para la conductividad hidráulica en los horizontes más profundos del suelo. Por esta condición, estos horizontes pueden estar actuando como barreras impermeable, la cual es condición favorable para el sistema de riego, conjuntamente con el nivel freático alto. Al comparar la información de los pozos construidos en el mismo sitio pero a distinta profundidad, se observó una diferencia considerable entre ambos valores. Desde el punto de vista del concepto de impermeabilidad de un suelo, se puede deducir que de unos 2.50 metros de profundidad en adelante, se tiene esta condición favoreciéndose así el manejo de fluctuaciones de niveles freáticos desde esa profundidad hasta la superficie del suelo.

Los valores de conductividad hidráulica, observados en el campo para condiciones saturadas, son más altos que los de las muestras traídas al laboratorio, entre otras causas, debido a la diferencia en textura; de la profundidad de 1.20 en adelante, se observó un estrato arenoso, de granos relativamente grandes; de esta profundidad hacia la superficie del suelo, el agua deberá moverse en base a la conductividad hidráulica vertical, la cual puede asumirse igual a la obtenida en el laboratorio, de 0.0111 metros/hora para suelos del lote 23 y de 0.0059 metros/hora para suelos del lote 4.

H. Movimiento Capilar.

La altura que puede alcanzar el agua por capilaridad, ocurre por encima del frente de humedecimiento el cual está gobernado por la conductividad hidráulica. De los estudios de capilaridad se encontró que la altura máxima a que puede llegar el agua desde el nivel freático cuando se estabilice a la profundidad deseada, de acuerdo a la profundidad radical del cultivo será: en suelos como los del lote 23, el agua capilar puede subir hasta 40 centímetros o sea que si se localiza el nivel freático a 1.00 metros, habrá agua capilar a partir de una profundidad de 0.60 metros. En suelos como los del lote 4, si se localiza el nivel freático a 1.00 metros, el agua capilar puede subir 55 centímetros, o sea que habrá agua capilar a partir de una profundidad de 0.45 metros.

El ascenso capilar ocurre en un tiempo que es función de la conductividad capilar: para suelos como los del lote 23, la conductividad capilar promedia del perfil dió 2.3 centímetros/hora y para suelos del lote 4, dió 2.8 centímetros/hora.

Combinando los valores de velocidad de ascenso del agua por conductividad hidráulica y por capilaridad, se tiene que, una vez localizado el nivel freático a 1.00 metros de profundidad y manteniéndola allí, el agua tardará 17 horas para que haya agua capilar a una profundidad de 60 centímetros desde la superficie del suelo, en los lotes 23 y 19, y 19 horas en suelos del lote 4.

Los tiempos anteriores se reducen porque la evaporación del agua desde la superficie del suelo y la transpiración hace que se produzcan gradientes que favorecen y aumentan la velocidad de ascenso del agua.

El tiempo total requerido desde cuando se comienza a poner agua en el canal debidamente acondicionado, hasta cuando llega a la zona de raíces, para un espaciamiento de 30 metros entre canales, es de 25.2 horas para suelos del lote 23 y de 18.4 horas para suelos del lote 4.

I. Caudal de Agua Requerido.

El caudal de agua que se requiere para que se mantenga un contenido de agua capilar suficiente para el desarrollo normal del cultivo, deberá estar en función del uso consuntivo del banano, el cual se calculó con base en información climatológica del Aeropuerto de Turbo, haciéndole algunos ajustes a los datos y tomando 1.20 como factor K para el cultivo. El uso consuntivo así calculado es el siguiente:

| <u>Mes</u> | <u>Uc. mm.</u> | <u>Mes</u> | <u>Uc. mm.</u> | <u>Mes</u> | <u>Uc. mm.</u> |
|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|
| Enero | 141.75 | Mayo | 189.02 | Se/bre | 136.60 |
| Febrero | 119.27 | Junio | 165.63 | Oc/bre | 156.54 |
| Marzo | 181.56 | Julio | 188.10 | No/bre | 113.48 |
| Abril | 147.74 | Agosto | 154.22 | Di/bre | 134.18 |

VI. CONCLUSIONES

A. Generales.

Las investigaciones preliminares que se hicieron muestran condiciones favorables para el uso del método de riego subterráneo que se está empleando en el sitio estudiado. Para que este método sea más efectivo en toda la región se considera necesario hacer lo siguiente:

1. Un estudio detallado del perfil de los suelos de toda la región hasta profundidad de 1.50 metros, determinando especialmente textura de los diferentes horizontes.
2. Un estudio de conductividad hidráulica en el campo y laboratorio para cada tipo de suelo.
3. Posición natural de los niveles freáticos, fluctuaciones de los mismos y dirección del flujo.
4. Topografía de los canales de drenaje y de las fuentes de agua.
5. Determinación de caudales de agua que debe llevarse a los canales para suplir las necesidades de riego.
6. Estudio de costos y beneficios que tiene la implantación del sistema.

B. Particulares.

1. Si se desea continuar el trabajo de riegos usando los canales de drenaje que actualmente se tienen, se recomiendan los siguientes espaciamentos aproximados entre trancas con vertedero a lo largo de cada canal para que el nivel freático llegue a una profundidad de 0.90 metros desde la superficie del suelo, siempre y cuando la pendiente de los canales sea de 1°/o.

Pendiente de terreno: 0.1°/o, 150 mts. de espaciamento.

Pendiente del terreno 0.2°/o, metros de espaciamento.

2. Con el fin de controlar el movimiento ascendente del nivel freático y evitar que este permanezca durante mucho tiempo en la zona de raíces, se recomienda la instalación de pozos de observación debidamente instalados según los gradientes hidráulicos del agua subterránea en toda la extensión de la zona de riego.

BIBLIOGRAFIA

- FOX, R.L., J.T. Phelan, and W.D. Cridle. 1956. Design of subirrigation systems. Agr. Eng. 37: 103 - 107.
- KALISVAART, C. 1958. Subirrigation in the Zuidersee Polders. Int. Inst. Land Reclam. Impr. 53 p.
- RENFRO, G. M., Jr. 1955. Applying water under the surface of the ground. p. 273 - 278. En Water. U.S. Dep. Agr. Yearbook. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- STEPHENS, J. C. 1955. Drainage of peat and muck lands. p. 539 - 557. En Water U.S. Dept. Agr. Yearbook. U.S. Government Printig Office, Washinton, D.C.