



Title: Analisis de la relacion precipitacion-descarga y evaluacion del desempeno hidraulico de un sistema de drenaje interno entubado.(Report)

Pub: *Ingeniería de Recursos Naturales*

Detail: Carlos Alfredo Ramírez Bedoya and José Manuel Molina Tabares. 3.(Jan 2005): p4(8). (3407 words)

Abstract:

In studies on design of superficial agricultural drainage, an analysis is usually carried out in time and space about the behavior of the phreatic layer for the direction and localization of the drainage network. No phreatic study has been carried out about the occurrence of significant events associated to recharge by storms and for the evaluation of functionality of underground installed systems. The present article presents an hydroclimatological analysis, a phreatic analysis, and both a methodological and a conceptual approach for the evaluation of the hydraulic performance and the efficiency of the internal tubing drainage system used in Colombia. A probabilistic analysis of the recharge was made by using a theoretical model for the distribution of probabilities and a quantitative and a qualitative characterization was made with the hydrographs obtained at drainage output. Isobath and isohypse maps obtained showed a significant change in the dynamics of the phreatic level as a result of the drainage system. Hydrograms resulting from the subsuperficial drainage showed great similarity with hydrograms describes in superficial hydrology literature, making it possible to establish a close relation between recharge characteristics and the hydrological response of the system. Thus, conceptual approaches on performance and functioning of the drainage system were proposed. These include collecting time and recharge evacuation. Parameters for measuring the system's efficiency were also proposed, based on the drain network capacity to bring down phreatic level at depths that are not harmful for crops.

KEYWORDS

Internal tubing drainage, phreatic level, rain probabilistic analysis, agricultural drainage efficiency.

En los estudios de diseño de drenaje agrícola subsuperficial se realiza comúnmente un análisis espacio-temporal del comportamiento de la capa freática, el cual es utilizado en la localización y direccionamiento de la red de drenes. En nuestro medio, ningún trabajo ha contemplado un estudio freático asociado a la ocurrencia de eventos significativos de recarga por tormentas, en la evaluación de la funcionalidad de los sistemas subterráneos instalados. El presente artículo presenta un análisis hidroclimatológico, un análisis freático y una aproximación tanto metodológica como conceptual, en la evaluación del desempeño hidráulico y la eficiencia de un sistema de drenaje interno entubado que opera en Colombia. Se consideró un análisis probabilístico de la recarga mediante el uso de un modelo teórico de distribución de probabilidades y se realizó una caracterización cuantitativa y cualitativa de los hidrogramas obtenidos en la salida de los drenes. Los mapas obtenidos de isóbatas e isohipsas permitieron observar un cambio significativo en la dinámica del nivel freático, producto de la instalación del sistema de drenaje. Los hidrogramas resultantes del drenaje subsuperficial presentaron gran similitud con los hidrogramas descritos en la literatura de hidrología superficial, permitiendo observar una estrecha relación entre las características de la recarga y la respuesta hidrológica del sistema. Se proponen de esta forma aproximaciones conceptuales sobre el desempeño y funcionamiento del sistema de drenaje, tales como los tiempos de captación y evacuación de la recarga. Igualmente se plantean parámetros para calcular la eficiencia del sistema, basados en la capacidad de la red de drenes de abatir los niveles freáticos a profundidades no perjudiciales para el cultivo.

PALABRAS CLAVES

Drenaje interno entubado, nivel freático, análisis probabilístico de lluvias, eficiencia de drenaje agrícola.

[ILUSTRACIÓN OMITIR]

Texto Completo: COPYRIGHT 2005 Universidad del Valle

1. INTRODUCCIÓN

En el departamento del Valle del Cauca, la instalación y operación de sistemas de drenaje interno data de los años 70's, los que permitieron la obtención de buenos resultados en el control de los excesos de humedad del suelo, mejoramiento de la producción de cultivos y control de la salinidad de los suelos (ASOCIA, 1988). Sin embargo, sólo a partir de los años 80's se iniciaron algunos proyectos encaminados a evaluar aspectos de los sistemas de drenaje instalados, en los cuales se estudiaron los cambios producidos en la dinámica del nivel freático, los parámetros del suelo y, principalmente, las nuevas producciones y rendimientos de cultivos de caña de azúcar con los sistemas instalados. En la literatura consultada no se encontró reportes de estudios experimentales que permitieran medir el desempeño hidráulico de redes de drenaje, ni parámetros como la norma de drenaje relacionada con el tiempo de drenaje ante eventos de lluvia de consideración. Los procedimientos y resultados discutidos en el presente trabajo se aproximan a una propuesta metodológica para medir el desempeño hidráulico de los sistemas de drenaje interno entubados. En el marco del desarrollo de la presente investigación también se plantearon objetivos como caracterizar hidrológicamente las descargas de los drenes y proponer y calcular parámetros de eficiencia.

JPEGF

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Zona de estudio y Caracterización del sistema.

El sistema de drenaje interno entubado evaluado fue diseñado en el año 1996 y construido en el año 2000. Se encuentra ubicado en el municipio de Riofrío, zona plana del norte del departamento del Valle del Cauca, margen izquierda del río Cauca y muy cerca a las estribaciones de la cordillera Occidental.

[FIGURA 1 OMITIR]

El sistema San Joaquín posee una distribución en espina de pescado (Figura1). El espaciamiento entre drenes es de 80 m, calculado con el modelo de Hooghoudt. Los diámetros de las tuberías varían entre 2.5" al inicio de los drenes hasta alcanzar 8" en el punto de disposición final, con pendientes que varían entre 0.2% y 0.7%. La profundidad de control del nivel freático se estimó en 1.0 m, con drenes instalados a 1.60 m de profundidad promedio.

2.2 Análisis Probabilístico de la Recarga

La variación probabilística de la precipitación en el área se analizó por medio de la aplicación del modelo Lognormal de dos parámetros, el cual ha sido recomendado por diversas investigaciones y autores (Molina et al., 2003; Varas et al., 2000). La ecuación (1) permite calcular valores de precipitación asociados a diferentes valores de probabilidad de ocurrencia:

$$[X_{\text{sub.T}}] = [m_y] + [K_{\text{sub.T}}] * [\sigma]$$

Este modelo distribuye una variable aleatoria $[X_{\text{sub.T}}]$ en función de los parámetros del modelo (Promedio y desviación estándar de la variable original) y un coeficiente de frecuencia $[K_{\text{sub.T}}]$ el cual es función de la probabilidad de ocurrencia y del coeficiente de variación C_v de la variable original en la serie mensual

respectiva (Molina et al., 2003). El factor de frecuencia KT de la Ecuación (1) se calcula con la expresión (2) (Shahin et al., 1993):

[EXPRESIÓN MATEMÁTICA IRREPRODUCIBLE EN ASCII.]

2.3 Estudio Freatimétrico

Las lecturas del nivel freático se llevaron a cabo por medio de una red de 35 pozos de observación en un área de 40.28 ha cultivadas en caña de azúcar. Las lecturas fueron recolectadas en intervalos de 15 días durante la época de lluvias y 30 días durante la época seca. Se utilizó el software 3D-Field v. 0.20 para realizar la interpolación lineal entre los valores obtenidos de profundidad del nivel freático en los pozos. El análisis de la información permitió la generación de los mapas de isóbatas e isohipsas que determinan áreas afectadas por mal drenaje y dirección del flujo del agua respectivamente.

2.4 Análisis Hidrológico de la Descarga

JPEGF

Para la elaboración de los hidrogramas se realizó una campaña de aforos volumétricos en la salida de los drenes colectores principales, los cuales descargan directamente el flujo subsuperficial drenado a una corriente superficial. Se analizó la variación del caudal hora a hora desde el inicio de la recarga, con el fin de relacionar los caudales evacuados por la red con la correspondiente intensidad de precipitación. La metodología de separación de gastos (Chow, 1994) resultó ser un análisis gráfico adecuado para caracterizar los hidrogramas resultantes.

3. RESULTADOS

3.1 Análisis Probabilístico de Precipitación

La aplicación del modelo LogNormal 2-p permitió calcular valores de precipitación asociados a periodos de retorno (Tr) mayores a los calculados empíricamente con el modelo de Weibull. Lo anterior permitió caracterizar con mayor seguridad la tendencia húmeda del año 2003 (Figura 2).

[FIGURA 2 OMITIR]

El año 2003 presentó un comportamiento dinámico y relativamente atípico, en el que meses como Enero y Diciembre presentaron una tendencia a año climatológico seco con probabilidades de excedencia muy cercanas al 80%, y meses con tendencia a año climatológico muy húmedo como Abril y Junio con probabilidades de excedencia del 5% ($Tr = 20$ años). Este mismo año presentó meses relativamente húmedos como Octubre y Noviembre ($Tr = 10$ años).

3.2 Análisis de la dinámica de la Napa Freática

Los mapas generados de isóbatas mostraron un cambio significativo en el comportamiento de la napa freática, influenciado por la instalación del sistema de drenaje. Estos resultados se aprecian con claridad al comparar los mapas de isóbatas antes y después de la instalación del sistema de drenaje (Figura 3).

[FIGURA 3 OMITIR]

El primer mapa de isóbatas representa la variación espacial del nivel freático medido el 7 de Marzo de 1996 (anterior a la instalación del sistema). Este mapa muestra la presencia de niveles freáticos entre 0.0 m y 1.0 m en más del 80 % del área. El segundo mapa de isóbatas muestra la profundidad del nivel freático medida el 25 de Abril de 2003, dos días después de ocurrida una precipitación de 88 mm con un día de duración.

[FIGURA 4 OMITIR]

Con respecto al movimiento del agua freática, fue posible ratificar en el presente proyecto la dirección de flujo subsuperficial en sentido Oeste-Este descrito en el estudio de diseño (Figura 4).

3.3 Caracterización de los Hidrogramas

Considerando las diferentes recargas por tormentas, los hidrogramas obtenidos en la salida de los drenes presentaron un comportamiento similar.

[FIGURA 5 OMITIR]

JPEGF

En la Figura 5 se muestran los hidrogramas resultantes en uno de los drenes principales del sistema frente a eventos de tormentas significativas (Octubre 27 y Noviembre 22, respectivamente), los cuales generaron importantes ascensos del nivel freático y altos caudales de evacuación por el dren colector No. 14.

Este comportamiento en los hidrogramas permitió proponer la presencia de tres zonas o fases en el hidrograma, con sus respectivos tiempos de duración.

Zona I ó Fase de Captación: En ésta el suelo ubicado por encima de los drenes alcanza una condición de humedad equivalente a la capacidad de campo y se origina un primer elevamiento del nivel freático y leve aumento de los caudales de evacuación hacia el final de la fase. Esta fase dura un tiempo al que se denominó tiempo de respuesta del sistema (T_{re}), el cual es función de parámetros como la conductividad hidráulica (K), el diámetro de los drenes ($\emptyset$), el espaciamiento entre drenes (E), la longitud de los drenes (L), la profundidad de los drenes (P), el contenido de humedad del suelo al inicio de la recarga (θ) la intensidad de la precipitación (R) y la porosidad drenable (μ) (Ecuación 3).

$$T_{re} = f(K, E, L, \phi, \theta, P, R, \mu) \quad (3)$$

Zona II ó Fase de concentración: En esta zona se desarrolla la rama de ascenso del hidrograma donde las descargas del sistema registran los valores de caudal máximo o pico al final de la fase. El periodo de tiempo transcurrido en esta fase se denominó tiempo de evacuación creciente (T_{cr}), el cual se encuentra más probablemente ligado a la intensidad de precipitación durante y posterior a la fase de captación. Esta última consideración se dedujo a partir del análisis comparativo entre los hietogramas de la recarga y los hidrogramas de la descarga (Figura 5).

Zona III ó Fase de recesión y control: En ella se desarrolla la rama descendente del hidrograma. Se presenta una disminución paulatina de los caudales de descarga debido al control de la profundidad del nivel freático, y su duración se denominó tiempo de control (T_{cl}).

JPEGF

La forma de los hidrogramas descritos en hidrología superficial (Bras, 1990; Chow, 1994) se asemejan significativamente a los hidrogramas subsuperfiales obtenidos en el presente estudio. Por lo tanto, se justificó la aplicación del método de separación de gastos usado en hidrología superficial para definir una propuesta de caracterización de los hidrogramas en drenaje interno (Figura 6).

[FIGURA 6 OMITIR]

El tiempo efectivo de operación del sistema (T_e), es el tiempo transcurrido desde el inicio de la recarga (precipitación, riego), hasta el punto C mostrado en la Figura 7. Este tiempo (Ecuación 4) se calcula como la

sumatoria de los tiempos de duración de cada una de las fases descritas anteriormente.

JPEGF

$$T_e = T_{re} + T_{cr} + T_{cl} \quad (4)$$

T_e = Tiempo efectivo del sistema (h)

La Tabla 1 muestra los tiempos de duración obtenidos para cada fase del hidrograma y la magnitud de los eventos de recarga ocurridos en Octubre y Noviembre.

3.4 Análisis del Desempeño Hidráulico y Eficiencia

En la literatura disponible no se encontraron reportes de estudios encaminados a determinar la eficiencia y el desempeño de las redes de drenaje. Sin embargo, se mencionan algunos estudios revisados que ofrecen una referencia importante en cuanto a la instalación y supervisión de redes de drenaje interno, sin que esto implique un estudio detallado de su funcionamiento y desempeño (Dieleman et al, 1976; Bolduc et al, 1987; Safadi et al, 1991; Barghouti et al, 1992; Chandra et al, 1997; Palacios et al, 1999).

JPEGF

3.4.1 Tiempo de Drenaje del Sistema Vs. Norma de Drenaje

El tiempo permisible de inundación se ha establecido como un criterio que corresponde al periodo máximo de anegamiento que resiste un cultivo sin que se produzcan bajas en su producción y rendimiento. En un tiempo menor o igual al tiempo permisible de inundación, el agua subsuperficial debe ser controlada como mínimo a la profundidad de diseño del nivel freático por parte del sistema de drenaje. Tanto el tiempo permisible de inundación como la profundidad de diseño del nivel freático hacen parte de la norma de drenaje. En el caso de la caña de azúcar el tiempo permisible de inundación (T_p) corresponde a un valor aproximado de 15 días, contando con algunas excepciones (ASOCIA, 1988).

El tiempo de drenaje (T_d) corresponde al tiempo que tarda el sistema de drenaje en controlar la napa de agua subsuperficial desde una profundidad muy cercana a la superficie hasta la profundidad de diseño del nivel freático, que en el caso del sistema instalado en la zona de estudio corresponde a una norma de drenaje con profundidad 1.0 m. Analizando de forma conjunta los dos criterios anteriores se propuso que un buen desempeño hidráulico del sistema se presenta cuando el tiempo de drenaje (T_d) sea menor que el tiempo permisible de inundación (T_p).

Buen desempeño : $T_d < T_p$ Mal desempeño : $T_d > T_p$

JPEGF

Para determinar el tiempo de drenaje del sistema (T_d) se instalaron pozos de observación en la parte media del espaciamiento entre dos líneas de drenes y se determinó gráficamente la ecuación que describe el comportamiento del descenso del nivel freático en función del tiempo. Los resultados obtenidos en diferentes pozos mostraron gran similitud entre los valores de T_d , con un tiempo de drenaje aproximado de 8.6 días para el sistema. Se concluyó, entonces, que el actual sistema de drenaje interno presenta un buen funcionamiento y desempeño hidráulico, ya que el control de la napa freática hasta la profundidad de diseño es realizado en un tiempo menor al estipulado para el tiempo permisible.

3.4.2 Eficiencia de Abatimiento

JPEGF

La profundidad de diseño del nivel freático es uno de los parámetros principales en el diseño de las redes de drenaje subsuperficial, el cual varía según el cultivo. Con base en este parámetro se propuso el cálculo de la eficiencia de abatimiento como la relación entre la profundidad de nivel freático observada posterior a la instalación del sistema y la profundidad de diseño o profundidad de nivel freático requerida con la implementación del sistema, tal como se esquematiza en la Figura 7.

[FIGURA 7 OMITIR]

En la ecuación 5, la variable "N. observado" equivale a la profundidad de nivel freático observada, y "N. requerido" corresponde a la profundidad de diseño. La Ecuación 6 se aplicó en este estudio para el cálculo de la eficiencia de abatimiento, Eab:

$$Eab = N.observado(m)/N.requerido(m) \times 100 \quad (5)$$

$$Eab = N.observado(m)/1.0m \quad (6)$$

Se deben tener restricciones al aplicar la ecuación anterior cuando se presenten profundidades observadas de nivel freático mayores a 1.0 m. En este caso la profundidad observada se asume igual al valor de profundidad requerida (1.0 m), caso en el cual se obtendrán valores de eficiencia de abatimiento de 100%. Lo anterior para evitar una mala interpretación del significado físico de la eficiencia de abatimiento, la cual no debe sobrepasar un umbral del 100%.

La Figura 8 presenta la variación temporal de la eficiencia de abatimiento en 2 de los 35 pozos de observación evaluados. Es claro que durante la época seca el sistema de drenaje presentó eficiencias de abatimiento del 100 %, ya que se presenta muy poca recarga debido a la escasez de precipitación.

Por el contrario, durante la época de lluvias el sistema de drenaje presentó eficiencias fluctuantes y menores al 100%. Sin embargo, durante el restante periodo de lluvias se observa que el sistema realizó su labor de control de los niveles freáticos con eficiencias por encima del 50%. En la Figura 8 se observa que en los pozos 8 y 9 se presentaron en un 94% del periodo de evaluación, eficiencias de abatimiento en un nivel mayor a un referente mínimo aceptable del 30%.

JPEGF

[FIGURA 8 OMITIR]

Recibido : Agosto 2005

* Aceptado: Septiembre 2005

4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arias, A., 1991. Drenaje de Tierras. Universidad del Valle, Departamento de Mecánica de Fluidos y Ciencias Térmicas. Facultad de Ingeniería. Cali. 647 p.

ASOCIA, 1988. Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos. Memorias del II Curso Internacional de Tierras Agrícolas. Asociación de Ingenieros Agrícolas, Universidad Nacional de Colombia, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Cali. 274 p.

Barghouti, S. M.; Moigne, L.; Guy, J. M. 1992. Developing and Improving Irrigation and Drainage Systems. Selected papers from World Bank Seminars. World Bank Technical Paper (178). United States. 168 p.

JPEGF

Bolduc, G.F.; Broughton, R.S; Rolling, A.L. 1992. Observation of Synthetic Envelope Material in Silt Soil. Drainage Design and Management, Proceeding National Symposium 5. Chicago, 14-15 December, 1987. ASAE. 30 p.

Borocio, C.; Oyarzabal, F. 2001. La Rehabilitación de la Red General de Drenaje en el D.R. 014, Río Colorado, B. C. y Sonora. Artículo Congreso Nacional de Irrigación. Guanajuato, México. 1921 Septiembre 2001. 10 p.

Bras, R. 1990. Hydrology: An Introduction to Hydrologic Science. Editorial Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts, USA 1990. 645 p.

Carbonell, J.; Amaya, A.; Ortiz B., 2001. Zonificación Agroecológica para el Cultivo de Caña de Azúcar en el Valle del río Cauca. Tercera aproximación, Centro de investigación de la caña de azúcar CENICAÑA, Serie Técnica No. 29, Pág. 4-56.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca--CVC., 2000. Plan de Manejo para la Protección de las Aguas subterráneas en el Departamento del Valle del Cauca. Documento institucional, Area de Recursos Hídricos. Cali-Colombia. 150 p.

Chandra, A.; Madramootoo, W. R., 1997. Management of Agricultural Drainage Water Quality. International Commission on Irrigation and Drainage. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italia. 68 p.

Chow, V. T.; Maidment, D. R.; Mays, L. W. 1994. Hidrologia Aplicada. Editorial McGraw-Hill, Traducción de la primera edición en inglés: "Applied Hydrology", 1988. Bogota, Colombia. 1994.

Dávila, A. 1999. Diseño, Instalación y Evaluación de Sistemas de Drenaje Parcelario. Artículo Congreso Nacional de Irrigación. Culiacán, México, 27-29 Octubre . 10 p.

Dieleman, P. J.; Trafford, B. D. 1976. Drainage Testing, FAO Irrigation and Drainage Paper 28. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italia. 172 p.

Evans, R; et al. 1987. Effects of agricultural water management on drainage water quality. Drainage Design and Management, Proceeding National Symposium, 5, Chicago, 14-15 December,. ASAE. 210 p.

Ford, H.W.; Alternantt, W.E.; Hamilton, N.F. 1987. Inhibiting Bioslimes on Surfaces Polyethylene Tubing Drainage Design and Management, Proceeding National Symposium 5. Chicago, 14-15 December, ASAE. 416 p.

García, D. F.; Olivares, H. R. 1985. Evaluación de un Sistema de Drenaje Entubado en la Hacienda Herragrícola. Tesis en Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Universidad del Valle, Cali. 195 p.

González, C.A.; Mora, R.E.; Narváez, E.L. 1982. Evaluación de un Sistema de Drenaje Interno Entubado en la Hacienda La Italia. Tesis en Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Universidad del Valle, Cali. 267 p.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-. 1980. Estudio Semidetallado de Suelos del Valle Geográfico del Río Cauca. Bogotá, IGAC. 582 p.

IPTRID (International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage). 2000.

Development of a Research Programme in Irrigation and Drainage. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italia. 53 p.

Kenneth, K. Tanji; Neeltje, C. 2002. Agricultural Drainage Water Management in Arid and SemiArid Areas. FAO Irrigation and Drainage Paper 61. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italia. 64 p.

Llerena, F. 1999. Necesidades de Trabajos de Inspección, Mantenimiento y Conservación de los Sistemas de Drenaje Parcelario, Artículo Congreso Nacional de Irrigación. Culiacán, México. 10 p.

Molina, J. M.; Gurovich, L; Varas E. 2003. Modelación y Análisis Probabilístico del Balance Hídrico Superficial de un Sistema de Riego en Chile Central. En: Revista Ingeniería del Agua. Vol. 10. No 2, Junio de 2003, pp. 135-147, España.

Namuche, J.; Saucedo H. 2000. Instalación y Supervisión de Sistemas de Drenaje Parcelario Subterráneo. Artículo Congreso Nacional de Irrigación. Chihuahua, México, . 12 p.

Palacios, O.; Landeros, C. 1999. Experiencias y Metodologías Actuales en el Diseño e Instalación de sistemas de Drenaje subterráneo en el Sureste de México. Artículo Congreso Nacional de Irrigación. Culiacán, México. 27-29 Octubre. 10 p.

Pizarro, F. 1978. Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos. Editorial Agrícola Española S.A. Madrid. 521 p.

Safadi, Raed; Plusquellec, Herve L. 1991. Research on Irrigation and Drainage Technologies: Fifteen Years of World Bank Experience. World Bank Discussion Papers (128). United States. 50 p.

Shahin, M., Oorschot H.J.L., Lange, S.J. 1993. Statistical Analysis in Water Resources Engineering. A. A. Balkema, Rotterdam--The Netherlands. 355 p.

Van Zeijts, T. 1987. Quality Control of Subsurface Drainage Works in The Netherlands. Drainage Design and Management, Proceeding National Symposium 5. Chicago, 14-15 December, ASAE. 302 p.

Varas, E.; Bois P. 1998. Hidrologia Probabilística. Ediciones Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 155 p.

World Bank. 1989. Planning The Management, Operation, and Maintenance of Irrigation and Drainage Systems. A Guide for the Preparation of Strategies and Manuals. World Bank Technical Paper (99). United States. 150 p.fff

AUTORES

Carlos Alfredo Ramírez Bedoya, Ingeniero Agrícola Universidad del Valle--Universidad Nacional de Colombia. Ingeniero Consultor de Proyectos de Riego. EIDENAR--Universidad del Valle--Cali Colombia. Carlosalfredo24@hotmail.com

José Manuel Molina Tabares, Ingeniero Agrícola--Universidad del Valle--Universidad Nacional de Colombia. M.Sc. Universidad Católica de Chile. Profesor Área de Recursos Hídricos. Universidad Nacional de Colombia--Sede Palmira jmmolina@puc.cl

Carlos Alfredo Ramírez Bedoya, Ing.

Ingeniero Agrícola

Universidad del Valle--Universidad Nacional de
Colombia.

José Manuel Molina Tabares, M.Sc.

Profesor Asociado

Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira
Colombia.

Tabla 1. Tiempos de captación y evacuación de la
recarga

Fecha	Precipitación (mm)	Tre (h)	Tcr(h)	Tcl (h)	Te (h)
Oct 27 / 2003	77	16	16	60	9
Nov 22 / 2003	106	4	20	102	126

Citación De la Fuente

Ramírez Bedoya, Carlos Alfredo, and José Manuel Molina Tabares. "Análisis de la relación precipitación-descarga y evaluación del desempeño hidráulico de un sistema de drenaje interno entubado." *Ingeniería de Recursos Naturales* 3 (2005): 4+. *Informe Académico*. Web. 22 Sept. 2010.

Document URL

http://find.galegroup.com/gtx/infomark.do?&contentSet=IAC-Documents&type=retrieve&tabID=T002&prodId=IFME&docId=A227598783&source=gale&srcprod=IFME&userGroupName=univalle&version=1.0

Número de Documento:A227598783

- [Contact Us](#)
- [Copyright](#)
- [Terms of use](#)
- [Privacy policy](#)