

EL MISIONERO DEL AGRO

Evaluación de tres dosis de riego e influencia de la Zeolita en el rendimiento de tomate (*lycopersicum esculentum* mill), cantón Naranjito, provincia del Guayas, Ecuador

Evaluation of three doses of irrigation and influence of Zeolite in the performance of tomato (*lycopersicon esculentum* mill), Naranjito canton, province of Guayas, Ecuador

Freddy Gaviláñez



UNIVERSIDAD
AGRARIA DEL ECUADOR
www.uagraria.edu.ec

Evaluación de tres dosis de riego e influencia de la Zeolita en el rendimiento de tomate (*lycopersicum esculentum* mill), cantón Naranjito, provincia del Guayas, Ecuador

Evaluation of three doses of irrigation and influence of Zeolite in the performance of tomato (*lycopersicon esculentum* mill), Naranjito canton, province of Guayas, Ecuador

Freddy Gaviláñez*
Universidad Agraria del Ecuador.
fgavilanez@uagraria.edu.ec

RESUMEN

Este estudio se llevó a cabo en el recinto Primavera, perteneciente al cantón Naranjito de la Provincia del Guayas. El objetivo fue determinar el efecto que produce, en el rendimiento de tomates, la aplicación de tres dosis de riego con la influencia de la zeolita incorporada al suelo. El experimento se realizó en bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas (DBCA-PD) donde los niveles del factor A fueron: 0 TM/ha de zeolita y 3 TM/ha de zeolita, incorporada en la preparación del suelo. El factor B estuvo constituido por las dosis de riego: 100%ETC, 80%ETC y 60%ETC. El agua se aplicó por un sistema de riego de goteros. La evapotranspiración se calculó por el Método del Tanque Evaporímetro clase "A". El control del nivel de humedad de suelo se realizó a través de tensiómetros. Los resultados indicaron que entre las dosis de riego, en forma general, hubo respuestas significativamente variables, siendo el nivel 100%ETC el que obtuvo los mejores promedios. En el caso de la zeolita, no hubo diferencias significativas; no obstante en la eficiencia del uso del agua, hubo un beneficio ambiental al aplicar 3TM/ha de zeolita al 80%ETC.

Palabras clave: *Evapotranspiración del cultivo, zeolita, capacidad de campo.*

ABSTRACT

This study was conducted in the Primavera village, part of the canton of Naranjito Guayas Province. The objective was to determine the effect produced in the performance of tomatoes, the application of three doses of irrigation with the influence of zeolite incorporated into the soil. The experiment was conducted in a randomized complete block split-plot arrangement (DBCA -PD) with which the levels of factor A were 0 TM/ha zeolite and 3TM/ha zeolite incorporated in soil preparation. Factor B consisted of irrigation doses: 100%ETC, 80%ETC and 60%ETC. Water was applied by a drip irrigation system. Evapotranspiration by Method Evaporimeter Tank Class " A" was calculated. The level of soil moisture was performed using tensiometers. The results indicated that irrigation between doses, generally, were significantly variable responses, with level 100%ETC which obtained the best average. In the case of zeolite, no significant differences; however in water use efficiency, there was an environmental benefit to apply zeolite 3TM/ha 80% ETC.

Keywords: *Crop evapotranspiration, zeolite , field capacity.*

INTRODUCCIÓN

A nivel nacional se ha establecido que el país está entre los que poseen mayor disponibilidad de agua dulce per cápita en América Latina. Sin embargo, debido a la mala distribución y gestión de este recurso, que junto a los marcados daños ambientales, ya se observan problemas graves de escasez. La mayor parte del consumo de agua en el Ecuador está destinado al riego, estimándose su uso en un 80 % del consumo total, según lo menciona la publicación "Estado y Gestión de los Recursos Hídricos en el Ecuador". La misma que también menciona, que las pérdidas en la captación, conducciones y parcelas, producen eficiencias de manejo que varían entre el 15 y 25 %. Esta explotación ineficiente hace que la rentabilidad agrícola (ambiental y económica) sea poco significativa.

La baja eficiencia en la gestión del agua de riego ha provocado derroches innecesarios del recurso, lo que ocasiona un exceso en los gastos de aplicación, contaminación de acuíferos por el arrastre de sustancias agroquímicas

hacia aguas subterráneas; además de una contaminación continuada del aire, por el hecho de que una bomba tiene que operar más tiempo. A esto hay que añadir que, siendo en la mayoría de los casos, la explotación agrícola de poca rentabilidad por la ineficiencia de los recursos empleados, se hace necesario ampliar las fronteras agrícolas; acción ésta, que obliga a la deforestación, y que al mismo tiempo, coadyuva a la progresiva escasez de agua dulce que se acrecienta continuamente.

Por todo lo antes mencionado, se realizó esta investigación sobre la aplicación de una determinada cantidad de zeolita al suelo con el objetivo de reducir las dosis de agua, seleccionando tres láminas de riego. El cultivo indicador para este propósito fue el tomate, una hortaliza, cuya demanda hídrica está entre las más altas.

El objetivo general fue determinar el efecto que produce, en el rendimiento del cultivo de tomates, la aplicación de tres dosis de riego con la influencia de la zeolita incorporada al suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

La realización del experimento se llevó a cabo en una pequeña finca de 3.5 ha de superficie, ubicada en el recinto Primavera, perteneciente al cantón Naranjito de la provincia del Guayas. Su localización geográfica está dada por las siguientes coordenadas y altitud: 9760650 N, 683551 E y 74 m.s.n.m.

La finca está dentro de la zona de vida de bosque seco tropical, con temperatura, 25,5°C; precipitación, 1470 mm/año; humedad relativa, 82% y 101,3 mm/mes de evaporación; promedios.

Sistema de riego

La aplicación del riego en sus diferentes dosis se realizó a través de un sistema de

riego con goteros; accionados mediante energía gravitatoria. Las características principales de este pequeño sistema de riego fueron:

- Goteros KATIF rojo.
- Autocompensado en un rango de 0.8 a 3.0 bar.
- Caudal nominal de 3.75 l/h.
- Manguera negra de polietileno de 16 mm de diámetro nominal.
- Tuberías de PVC, 32 mm de diámetro nominal.
- Filtro de anillos.
- Tanque de plástico de 250 l.
- Distancia entre emisores de 0.4 m.
- Distancia entre laterales de 0.9 m.

Tipo de investigación y delimitación del ensayo experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas (DBCA - PD). Se ubicaron en las parcelas principales a los niveles del factor A: 0 TM/ha y 3 TM/ha de Zeolita; mientras que en las parcelas pequeñas, se asignaron a los niveles del factor B: 100% ETC (Dosis neta de riego), 80% ETC (Dosis de riego menos 20%) y 60% ETC (Dosis de riego menos 40%). Los datos se sometieron al análisis de varianza y la comparación de promedios se realizó mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Características del tipo de tomate utilizado

El híbrido que se utilizó tiene el nombre comercial de HEATWAVE. Según sus características comerciales, es un tomate semi-determinado, de excelente calidad del fruto y de gran adaptabilidad a

diferentes zonas (Guayas, Manabí, Los Ríos, El Oro y Loja) y épocas. Su ciclo es de 88 días, cuando empieza la cosecha. El peso promedio del fruto es de 220 - 230 g. La producción aproximada es de 65 000 kg/ha, a una densidad de siembra de 15 000 plantas/ha.

Características de la zeolita utilizada

El material zeolítico utilizado era una mezcla de los tipos: clinoptilolita, mordenita y heulandita. Este material se caracteriza por su alta capacidad de intercambio catiónico mayor de 100 meq/100g, su importante poder de retención y entrega de agua y por su capacidad de mejorador de suelos. Además de poseer las propiedades siguientes: 0 a 1,6 mm de granulometría; más del 20% de porosidad; aproximadamente un 30% de retención de humedad y un peso volumétrico de 1 TM/m³.

Manejo del experimento

Preparación del suelo

El almácigo se realizó en bandejas de germinación, empleando la turba como sustrato y colocando una semilla por hoyo; con riego diario hasta el día del trasplante.

Control de malezas

Días previos al trasplante, con las primeras apariciones de malezas, se hizo una sola aplicación de herbicidas químicos con Glifopac y Paraquat en dosis de 7 cc/lit y 10 cc/lit, respectivamente. Establecido el experimento, los controles de malezas se realizaron en forma manual.

Control de plagas y enfermedades

Para el tratamiento contra el ataque de plagas y para la prevención de

enfermedades se requirió del control químico, dada la alta sensibilidad del cultivo a estos males especialmente del insecto conocido como “la negrita” (*Prodioplosis logifila*).

Fertilización

De acuerdo al resultado de los análisis químicos de suelo, se estableció como dosis de fertilizantes la siguiente: 140 kg/ha N, 65 kg/ha P₂O₅ y 150 kg/ha y K₂O. La dosis mencionadas se las aplicó, en forma manual, con los fertilizantes: Urea (aplicada en tres proporciones), Fosfato diamónico (DAP) y Cloruro de potasio (CIK).

Variables evaluadas

Para el análisis estadístico se evaluaron 20 plantas por parcela. Estas plantas seleccionadas estaban ubicadas en las 2 hileras centrales de la parcela, dejando 1 hilera a la derecha y 1 hilera a la izquierda de éstas, considerando el efecto de borde. Las variables evaluadas fueron: Frutos/planta, Diámetro promedio del fruto y rendimiento.

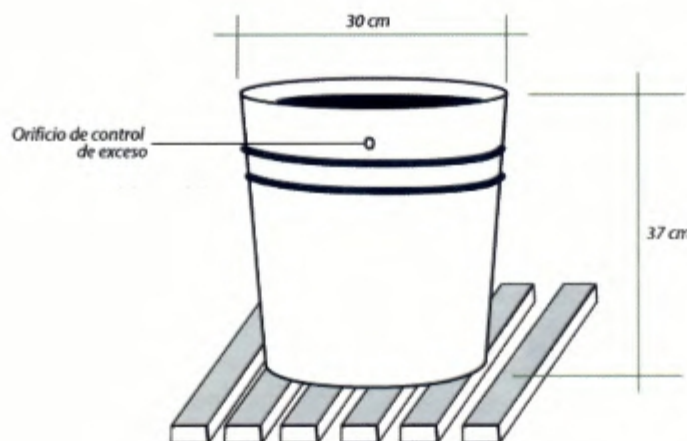
Manejo del riego

La necesidad hídrica del cultivo de tomate se calculó con la ayuda de un cubo evaporímetro, mediante el cual se establecieron las dosis de riego diarias. El momento adecuado de aplicación de cada dosis estaba en función de las lecturas de tensión, que para este caso, se realizó a través de dos tensiómetros instalados en el experimento.

Cubo de evaporación

Para medir la evaporación en la zona en donde se llevó a cabo el experimento se utilizó un cubo (Torres et al., 2004) plástico y de forma cilíndrica, de 30 cm de diámetro (en la parte superior) y 37 cm de altura (Véase la figura 1). Con un orificio ubicado a 5 cm desde la parte superior, que permitía el control de los excesos. Este cubo se llenaba con agua limpia hasta el nivel de control de excesos (orificio lateral) y se evitaba que este nivel baje más allá de 2,5 cm. Las lecturas se realizaban diariamente y a hora fija, por la mañana.

Figura 1.- Cubo de evaporación:

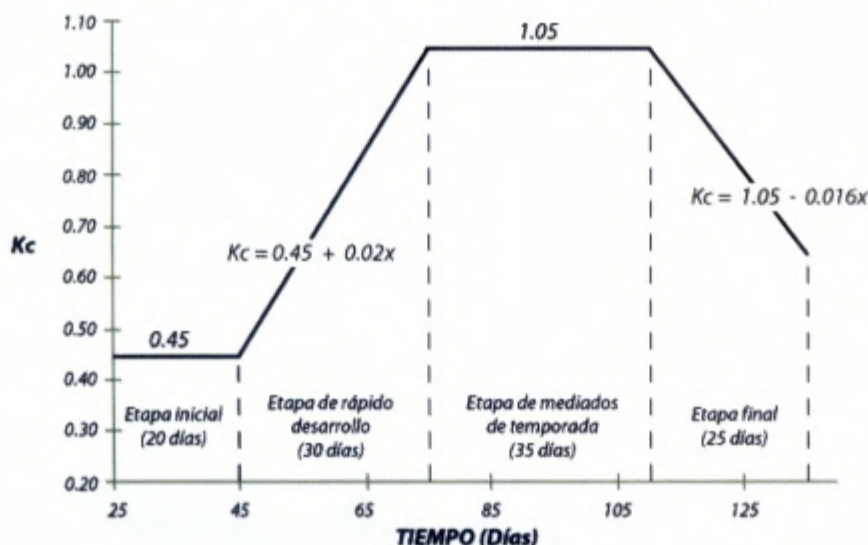


La ecuación que se utilizó para calcular la necesidad hídrica del tomate, tomando en consideración que el cubo evaporaba un 9% más que el tanque evaporímetro clase A (Torres et al., 2004), fue la siguiente:

$$ETC = 0.91 \times EC \times K_{Tan} \times K_c \quad (1)$$

Donde ETC es la evapotranspiración del cultivo (mm/día), EC la evaporación desde el cubo (mm/día), K_{Tan} el coeficiente del tanque evaporímetro clase A y K_c es el coeficiente del cultivo, cuyos valores utilizados se obtuvieron de la figura 2.

Figura 2. Curva del coeficiente de cultivo (K_c) del tomate, adaptada según el manual 56 de la FAO.



Eficiencia del sistema de riego (E)

En el riego por goteo la eficiencia depende solamente de la uniformidad de aplicación del agua y de la relación de transpiración (Medina 2000). En consecuencia, la eficiencia se estableció por:

$$E = RT \times CU \quad (2)$$

Donde E es la eficiencia del sistema de riego (%), RT es la relación de transpiración y CU es el coeficiente de uniformidad (%).

La relación de transpiración que se utilizó fue de 0.9 (Medina, 2000; Karmelli

y Keller, 1975). Por lo tanto, la expresión (2) se modificó a:

$$E = 0.9 \times CU \quad (3)$$

Coeficiente de uniformidad (CU)

Para el presente caso, esta fue una información imprescindible en cada una de las parcelas (24 en total) del proyecto. Esto condujo a que se obtengan 24 datos de eficiencias, y por consiguiente, 24 dosis de riego. Además, fue necesario conocer los caudales promedios de los emisores en cada parcela para poder determinar el tiempo de riego de cada una.

Dosis de riego (D_r)

Para calcular la dosis de riego se consideró la relación de transpiración y el coeficiente de uniformidad del riego; es decir, la eficiencia (E) total del sistema (Medina, 2000).

$$D_r = \frac{100 \times ETC}{E} \quad (4)$$

Tiempo de riego (T_r)

El tiempo de riego en cada parcela se calculó con la expresión (5), en donde P es la precipitación del emisor en mm/h.

$$T_r = \frac{60 \times D_r}{P} \quad (5)$$

Para determinar la precipitación del emisor se estableció el diámetro del bulbo húmedo, conociendo el caudal de los emisores a utilizar (Avidan, 1994). Se midió el caudal de tres goteros ubicados en distintas parcelas del experimento y en consideración de las tres dosis de riego. Se estimó un volumen a aplicar para el nivel 100%Etc; luego, este mismo volumen se reducía en 20% y 40% para los niveles 80%Etc y 60%Etc, respectivamente. Posterior a la aplicación de los volúmenes preestablecidos, se perforó un hoyo en cada una de las zonas humedecidas por los goteros con el objetivo de medir el diámetro y profundidad del bulbo húmedo.

Frecuencia de riego

La frecuencia de riego estaba regida por la lectura tensiométrica máxima que se estableció para empezar el riego (fue la

tensión existente a capacidad de campo). Los tensiómetros sólo fueron equipos de apoyo en el manejo del riego, pues las dosis se establecieron a través de las medidas de evaporación que se hicieron en el cubo.

Tensión de la humedad a capacidad de campo

Dado que la determinación de las frecuencias de riego se hizo a través del uso de tensiómetros, por consiguiente, fue necesario que la capacidad de campo se relacione con la tensión a la que estaba retenida el agua en este punto. El proceso que permitió establecer esta relación fue el siguiente:

- Se humedeció hasta saturación un cuadrado de 1.20 m de lado con un volumen aproximado de 350 l de agua, instalando previamente en el centro de este cuadrado un tensiómetro con la punta de cerámica a 20cm de profundidad. Luego, se cubrió la zona humedecida con plástico negro para evitar la pérdida de humedad por evaporación.
- Al día siguiente (24 h después), se procedió a tomar las muestras de suelo cada 12 h con un cilindro de 42.3 mm de diámetro y 60 mm de altura, registrando al mismo tiempo, la lectura indicada por el tensiómetro. Las muestras tomadas fueron inmediatamente pesadas.

RESULTADOS

Análisis del suelo y del agua de riego

Las muestras de suelo y de agua de riego fueron analizadas en los laboratorios del INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). Entre lo más importante se determinó que el suelo contenía un 3.5% de materia orgánica; textura arcillo-limosa; 15ppm

de nitrógeno; 4ppm de potasio y 0.20 meq/100ml de potasio y un pH de 6.5. En relación al agua, esta tenía una conductividad eléctrica de 150 uS/cm; un RAS de 0.11; un PSI <1 y un porcentaje de sodio de 6. Esta agua estaba considerada de salinidad baja y bajo contenido de sodio.

Tabla 1. Registro de valores obtenidos en la prueba de Capacidad de campo

TIEMPO DESPUÉS DE SATURACIÓN (h)	PESO HÚMEDO* (g)	PESO SECO (g)	HUMEDAD (g) (%)		TENSIÓN (cb)
24	129.8	105.2	24.6	23.4	8.0
36	127.2	106.1	21.1	19.9	9.0
48	125.9	105.3	20.3	19.6	11.0
60	125.7	105.0	20.7	19.7	12.0
72	125.2	105.0	20.2	19.0	13.0
84	124.7	105.2	19.5	18.5	14.0

*Muestras tomadas a 20 cm de profundidad

Determinación de la tensión de humedad a capacidad de campo

Los pesos de las muestras tomadas para la determinación de la capacidad de campo, aproximadamente se estabilizaron a las 72 h de haber saturado el suelo, observándose un peso húmedo de 125.2 g (Tabla 1). En este punto la humedad estuvo retenida a 13 cb, que constituyó en el punto de humedad a capacidad de campo.

Número de frutos por planta

No se reportó interacción significativa entre los factores; mientras que entre los Niveles del factor A si hubo diferencias significativas, cuyo mayor promedio fue para el de 3 TM/ha de zeolita (tabla 2). Para el caso de las dosis de riego (100%Etc, 80%Etc y 60%Etc), la variabilidad reportada fue altamente significativa; lo que de acuerdo a la prueba Duncan, al 5% de probabilidad, aplicando 100%ETC se obtuvo el mayor promedio (22 frutos/planta).

Tabla 2. Resultados del análisis de varianza y de la prueba de Duncan para el número de frutos por planta.

NIVELES DEL FACTOR A	NIVELES DEL FACTOR B 100%Etc	80%Etc	60%Etc	PROMEDIOS
0 TM/ha Zeolita	21	16	10	15b
3 TM/ha Zeolita	23	19	10	17a
PROMEDIOS	22a	17b	10c	16

CV= 12.33%. Letras iguales no difieren estadísticamente.

Diámetro del fruto (cm)

Para esta variable, tanto para la interacción como para los niveles del factor A no hubo diferencias significativas. Este no fue el caso para las dosis de riego, que si reportaron una variabilidad altamente significativa (tabla 3). De acuerdo a la prueba de Duncan, al 5%

de probabilidad, los niveles 100%ETC y 80%ETC produjeron en forma similar los mayores efectos, con promedios de 7,71 y 7,21 cm de diámetro, respectivamente; mientras que el nivel 60%ETC fue el que obtuvo el promedio inferior de 5,49 cm de diámetro.

Tabla 3. Resultados del análisis de varianza y de la prueba de Duncan para el diámetro de fruto (cm).

NIVELES DEL FACTOR A	NIVELES DEL FACTOR B 100%Etc	80%Etc	60%Etc	PROMEDIOS
0 TM/ha Zeolita	7.60	7.16	5.44	6.73a
3 TM/ha Zeolita	7.83	7.27	5.55	6.88a
PROMEDIOS	7.71a	7.21a	5.49b	6.80

CV = 11.22%. Letras iguales no difieren estadísticamente.

Rendimiento (kg/ha)

En el análisis del rendimiento (kg/ha), tanto en la interacción como entre los niveles del factor A (zeolita), no se reportó variación significativa; sin embargo, entre los niveles del factor B (Dosis de riego) si hubo variación altamente significativa (tabla 4).

Aplicando la prueba de Duncan, al nivel del 5% de probabilidad, para los niveles del factor B, se determinó que el efecto mayor lo produce el nivel 100%ETC con 79358 kg/ha de tomates, seguido por los niveles 80%ETC y 60%Etc, con 68468 y 28868 kg/ha, respectivamente.

Tabla 4. Resultados del análisis de varianza y de la prueba de Duncan para el rendimiento (kg/ha).

NIVELES DEL FACTOR A	NIVELES DEL FACTOR B			PROMEDIOS
	100%Etc	80%Etc	60%Etc	
0 TM/ha Zeolita	79020	61470	27900	56130a
3 TM/ha Zeolita	79695	75465	29835	61665a
PROMEDIOS	79358a	68468b	28868c	58898

CV = 14.92%. Letras iguales no difieren estadísticamente.

Relación entre el agua aplicada en el riego y los rendimientos obtenidos

La aplicación de 3 TM/ha de zeolita si permitió un relativo ahorro de agua; esto se hace evidente en la tabla 5, donde

puede notarse que el nivel de 80% fue el que obtuvo la mayor eficiencia en cuanto al consumo hídrico por kg de producto cosechado (37,3).

Tabla 5. Eficiencia del uso del agua de riego por kilogramo de tomates cosechados (kg/m³).

FACTOR B	FACTOR A	
	0 tm/ha Zeolita	3 tm/ha Zeolita
100%Etc	27.1	30.3
80%Etc	29.1	37.3
60%Etc	16.4	19.4

DISCUSIÓN

Los autores Jhon et al. (2006) y Febles (2006), manifiestan que la zeolita incrementa la eficiencia de los fertilizantes, y por ende, los rendimientos, según lo que indica Páez (2006), la zeolita aumenta la retención de humedad permitiendo reducir la dosis de riego en más de 15%. Esto concuerda con los resultados de la tabla 5, donde puede notarse que entre la dosis de 100%ETC

y 80%ETC hay una variabilidad mínima de promedios, que la prueba de Duncan al 5% es significativa. Si este análisis se hiciera al 1% de probabilidad, resultan estadísticamente iguales.

Hay aceptación en lo referente a que la zeolita potencializa la eficiencia del consumo hídrico de las plantas, mencionado por Febles (2006); en la

tabla 6, se puede notar que todos los niveles del factor B con 3 TM/ha de zeolita tienen mayores eficiencias que sus pares, pero sin zeolita (0 TM/ha) en el suelo.

Considerando lo manifestado por la FAO (1980), quien asegura que la eficiencia en el consumo hídrico del tomate está entre 10 a 12 kg/m^3 sin hacer la distinción del sistema de riego, esta afirmación no concuerda con lo obtenido en este estudio, en donde se obtuvieron valores

entre 16.4 y 37.3 kg/m^3 utilizando riego por goteo.

Dada la alta eficiencia encontrada, al reducir la dosis neta de riego en un 20% (80%ETC), de 37.3 kg/m^3 , se comparte los criterios de Chica et al. (2006), John et al.(2006) y de De la Torre et al.(2001); cuando manifiestan que la zeolita reduce la contaminación ambiental al disminuir la cantidad de iones que se percolan fácilmente y se mezclan con las aguas subterráneas.

CONCLUSIONES

La disminución de 20 y 40 % en las dosis de riego afectan la productividad del cultivo. La aplicación de 3TM/ha zeolita mejora el nivel de eficiencia en el

consumo de agua por parte del cultivo de tomate, cuando se disminuye la dosis de agua en un 20 %.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Avidan A. *Factores que influyen sobre el régimen de riego*. Fascículo 1. Centro de Cooperación Internacional para el desarrollo Agrícola (CINADCO) - Israel. Pág.: 43, 44 y 45. 2005.
2. Avidan A. *La evapotranspiración de los cultivos*. Fascículo 2. Centro de Cooperación Internacional para el desarrollo Agrícola (CINADCO) - Israel. Pág.: 5, 6, 7, 11, 12 y 62. 2005.
3. Chica T., Londoño B., y Álvarez H. *La zeolita en la mitigación ambiental*. Revista Lasallista de investigación. 2006. Publicación enero - junio. Disponible en: Redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/695/69530106.pdf
4. De la torre M., Grande J., y Sainz A. *Aplicación de zeolita en rocas detríticas para la reducción del tránsito de nutrientes hacia zona saturada*. 2001. Disponible en: www.zeolitanatural.com/html/docs/Aplicacion%20de%20zeolitas%20en%20rocas%20detríticas.pdf. Fecha de consulta: 05/06/2008.
5. FAO. *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma - Italia. Pág: 91 - 95. 2006.

6. Febles G. *Algunos resultados obtenidos con el empleo de las zeolitas en sistemas de zeopónicos*. 2006. Disponible en: www.soil-fertility.com/zeolite/espagnol/seoponico.shtml Fecha de consulta: 20/05/2008.
7. John M., Vallín G., y Dueñas G. *Eficiencia de la zeolita como aditivo de la urea en los cultivos de papa y tomates*. 2006. Disponible en: [www.zeolitanatural.com/html/docs/Eficiencia%20de%20la%20zeolita%20como%20aditivo%20Fecha de consulta: 22/05/2008](http://www.zeolitanatural.com/html/docs/Eficiencia%20de%20la%20zeolita%20como%20aditivo%20Fecha%20de%20consulta%2022%2F05%2F2008).
8. Medina J. *Riego por goteo (Teoría y práctica)*. Barcelona - España. Páginas: 17,18, 84 y 85. 2000.
9. Torres J., Cruz V., y Villegas F. *Avances técnicos para la programación y manejo del riego en caña de azúcar*. Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia (CENICAÑA). Cali - Colombia. Pág.: 24, 25, 26 y 27. 2004.