



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Graduación

**Uso de hidroretenedores de agua en tres texturas de suelo y
frecuencias de riego en brotes de yemas en la caña de azúcar
(*Saccharum officinarum* L) variedad CP 72-2086, Managua 2016**

AUTORES

Br. Roger Antonio Laguna Martínez

Br. José Miguel Jarquín Olivas

ASESORES

MSc. Henry Alberto Duarte Canales

Ing. David López Campos

Ing. Norman Castro

Managua, Nicaragua
Mayo, 2017



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Graduación

**Uso de hidroretenedores de agua en tres texturas de suelo y
frecuencia de riego en brotes de yema en la caña de azúcar
(*Saccharum officinarum* L) variedad CP 72-2086, Managua 2016**

AUTORES

Br. Roger Antonio Laguna Martínez

Br. José Miguel Jarquín Olivas

*Presentado a la consideración del Honorable Tribunal Examinador como
requisito parcial para optar al grado de Ingeniero Agrícola para el
Desarrollo Sostenible*

Managua, Nicaragua
Mayo, 2017

ÍNDICE DE CONTENIDO

Sección		Página
DEDICATORIA		<i>i</i>
AGRDECIMIENTO		<i>ii</i>
INDICE DE CUADROS		<i>iii</i>
INDICE DE ANEXOS		<i>iv</i>
RESUMEN		<i>v</i>
ABSTRACT		<i>vi</i>
I	INTRODUCCIÓN	1
II	OBJETIVOS	3
	2.1 Objetivo general	3
	2.2 Objetivo específico	3
III	MATERIALES Y METODOS	4
	3.1 Ubicación del estudio	4
	3.1.1 Diseño Metodológico	4
	3.1.2 Material utilizado para la construcción de las cajilla para el ensayo II	5
	3.1.3 Descripción de la metodología utilizada en la construcción de la cajillas	5
	3.2 Manejo Agronómico	6
	3.2.1 Establecimiento del Semillero	6
	3.2.2 Siembra	6
	3.2.3 Control de Malezas	6
	3.2.4 Riego	6
	3.3 Variables evaluadas	6
	3.3.1 Variable de suelo ensayo I	7
	3.3.2 Variable del cultivo	7
	3.3.3 Variables evaluadas en el ensayo II	7
	3.3.4 Cantidad de agua percolada	8
	3.4 Análisis de la información	8
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
	4.1 Porcentaje de humedad en el suelo y número de brotes	9
	4.2 Interacción dosis de hidroretenedor*frecuencia de riego	11
	4.3 Porcentaje de humedad y agua percolada en tres textura de suelo.	12
	4.4 Interacción textura de suelo*dosis de hidro-retenedor	14
	4.5 Interacción textura de suelo*frecuencia riego	15
	4.6 Interacción dosis de hidroretenedor*frecuencia de riego	17
V	CONCLUSIONES	19
VI	RECOMENDACIONES	20
VII	LITERATURA CITADA	21
VIII	ANEXOS	23

DEDICATORIA

La presente investigación la dedico muy especialmente a mis padres *Claudia Patricia Martínez Elisabeth, Ciriaco de Jesús Laguna Urrutia* y mi tía *Julia Margarita Elisabeth Flores* quienes fueron los pilares fundamentales en mi vida universitaria. He hicieron posibles el anhelo de ser profesional con mucho cariño y sacrificio supieron motivarme para que saliera adelante.

A mis abuelos: *Águeda Laguna Urrutia, Ciriaco Urrutia Toruño, María Victoria Urrutia Laguna, Julio Enrique Laguna Ramírez, Juana Amanda Elisabeth Flores, Bernardo Ramón Martínez Bolaños.*

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante logrando de esta manera formarme como persona de bien, pero más que nada por su amor aunque algunos ya no estén a mi lado siempre estarán en mi memoria. Mi triunfo es de usted

El presente estudio se lo dedico especialmente a mis padres: **Oneyda del Carmen Olivas Herrera** y **Sergio José Jarquín Sequeira** que han sido pilar fundamental en mi vida que con cariño y sacrificio supieron motivarme para salir adelante he hicieron posible el anhelo de ser un profesional.

A mis hermanos, tíos, amigos y demás personas que de una u otra manera fueron parte importante en mi vida por haberme dado su apoyo incondicional, ejemplo y consejos durante toda mi vida. Mi triunfo es de ustedes.

Br. Roger Antonio Laguna Martínez

Br. José Miguel Jarquín Olivas

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios nuestro señor que me brinda la sabiduría, la fortaleza para seguir luchando día con día para alcanzar mis sueños como es el sueño de poder obtener el título de ingeniero.

Al Ing. MSc. Henry Alberto Duarte Canales por su asesoramiento durante todo el transcurso y desarrollo de mi investigación por su amistad, disposición en los momentos que necesite de su ayuda.

Al Ing. Norman Castro por suministrarme el hidroretenedor para que se pudiese llevar a cabo la investigación.

Al Ing. David López Campo por su asesoramiento durante la redacción de la investigación.

A los trabajadores del Ingenio Montelimar por ayudar en el establecimiento y el manejo del ensayo como el aporte de parte de ellos en el levantamiento de datos.

Al Grupo de Investigación Desarrollo Participativo Rural (DEPARTIR) de la Universidad Nacional Agraria (UNA) por facilitar el equipo para realizar la toma de datos.

A la Universidad Nacional Agraria, en especial a los docentes que con su sabiduría y paciencia contribuyeron a la formación de mi persona como profesional.

Al personal que labora en el CENIDA, por su amable atención durante la realización de mi investigación.

Br. Roger Antonio Laguna Martínez

Br. José Miguel Jarquín Olivas

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Ensayos y Factores a estudiar	5
2	Comparación de los valores medios del efecto de las variables porcentaje de humedad y numero de brotes en caña de azúcar, frecuencias de riego y dosis de hidrogel, Ingenio Monte limar Managua.	10
3	Análisis en el efecto del hidro-retenedor, frecuencias de riego y la interacción de ambos factores en las variables del suelo, crecimiento, Ingenio Monte-limar Managua 2016.	11
4	Comparación de los valores medios para el efecto de los factores en tres diferentes texturas y dosis de hidrogel, en las variables porcentaje de humedad, agua percolada, Universidad Nacional Agraria Managua 2016.	13
5	Efecto del hidrogel sobre la interacciones suelo*dosis para las variables porcentaje de humedad y agua percolada, Universidad Nacional Agraria 2016.	14
6	Comparación de la interacción suelo* frecuencia, efecto sobre las variables concentración de humedad y agua percolada, Universidad Nacional Agraria 2016.	16
7	Comparación de valores de la interacción factores dosis*frecuencias para las variables humedad y agua percolada, Universidad Nacional Agraria Managua 2016.	18

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Establecimiento del primer ensayo según las dosis de hidrogel estudiadas.	23
2	Establecimiento del segundo ensayo.	23
3	Aplicación de la lámina de riego de forma manual.	24
4	Huecos permeabilizados con plástico negro de 70 cm x 60 cm.	24
5	Efecto del hidro-retenedor en los brotes de caña de azúcar en el Ingenio Monte-limar.	24
6	Hidroretenedor granulado.	24
7	Muestreo de las concentraciones de humedad con el TDR (ensayo I).	25
8	Hidroretenedor hidratado muestra del ensayo II.	25
9	Maleza absorbiendo el agua atrapada por el hidroretenedor (ensayo II).	25
10	Hidroretenedor hidratado en la textura arcillosa (ensayo II).	25
11	Cajillas construidas con dimensión de 60 x 40 cm utilizados en el ensayo II.	26
12	Aplicación del hidroretenedor en las texturas (ensayo II).	26

RESUMEN

El estudio se realizó en la Universidad Nacional Agraria en el departamento de Managua km 12 ½ carretera Norte y en el Ingenio Monte Limar, Municipio de San Rafael del Sur Departamento de Managua, en enero 2016, con el propósito de conocer los efectos de las dosis de hidrotenedor sobre las diferentes texturas de suelo, frecuencias de riego, número de brotes e intervalos de riego en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) cv CP 72-2086. Se utilizó un diseño de Bloques Completo al Azar con un arreglo bifactorial, se utilizaron los niveles 20, 30 y 40 kg ha⁻¹, intervalos de riego de 3, 4 y 5 días respectivamente para el ensayo I, en el ensayo II los niveles establecidos de hidrotenedor 20 y 30 kg ha⁻¹, frecuencias de riego de 3 y 4 días y texturas arcillosa, arenosa y franco arenoso. Las variables fueron sujeta a un análisis de separaciones de medias LSD ($\alpha=0.05$). Evaluadas en ambos ensayos porcentaje humedad, número de brotes fueron afectados significativamente por los factores. En el ensayo I las dosis de hidrotenedor no mostraron efecto significativo en el contenido de humedad, caso contrario hubo efecto significativo en la variable del cultivo obteniendo 8 brotes por metro lineal. Las variables contenido de humedad y número de brotes hubo efecto significativo en las frecuencias de riego de 4 días con 17.62 % de humedad para un promedio de 8 brotes respectivamente. En el ensayo II las dosis de 20 kg ha⁻¹ de hidrotenedor mostraron efecto significativo en el factor suelo con porcentaje de humedad de 20.83% donde las pérdidas de agua lograron llegar hasta 0.61 ml y para la dosis 30 kg ha⁻¹ presento 25.13 % de concentración de humedad y agua percolada de 0.76 ml. La dosis 30 kg ha⁻¹ y la textura franco arenoso demostraron efecto significativo para las variables contenido de humedad 27.81 % y percolación de agua 0.77 ml. En cuanto la frecuencia de riego hubo efecto significativo en ambas variables sobresaliendo el intervalo de 4 días.

Palabras claves: Dosis, variables, significativo, hidrotenedor, textura, frecuencias, efecto, brotes, *Saccharum officinarum* L.

ABSTRACT

The studies were carried out at the National Agrarian University in the department of Managua km 12 ½ north highway and at the Ingenio Monte Limar, Municipality of San Rafael del Sur Department of Managua, in January 2016, in order to know the effects of the doses Of water retention on the different soil textures, irrigation frequencies, number of shoots and irrigation intervals in three soil textures and in the cultivation of sugarcane (*Saccharum officinarum L.*)CP 72-2086. We used a Full Random Block design with a two-factor arrangement, established levels of 20 and 30 kg ha⁻¹, 3 and 4 day irrigation frequencies, and clay, sandy and sandy loam textures for trial one in the Two trials were used levels 20, 30 and 40 kg ha⁻¹, irrigation intervals of 3, 4 and 5 days respectively. The variables were subjected to an analysis of LSD mean separations ($\alpha = 0.05$). The variables evaluated in both moisture percentage tests, number of outbreaks were significantly affected by the factors. In the first trial the doses of hidroretenedor did not show significant effect in the moisture content, otherwise there was significant effect in the variable of the culture obtaining 8 shoots. The variables moisture content and number of shoots had a significant effect on irrigation frequencies with 17.62% moisture concentration for an average of 8 shoots respectively. In test II the doses of 20 kg ha⁻¹ of hydrochloride showed a significant effect on the soil factor with a moisture of 20.83%, where water losses reached up to 0.61 ml and for the dose 30 kg ha⁻¹ presented 25.13% Of concentration of humidity and percolated water of 0.76 ml. The dose 30 kg ha⁻¹ and the sandy loam texture showed significant effect for the variables 27.81% moisture content and 0.77 ml water loss. Regarding the frequency of irrigation, there was a significant effect on both variables, standing out the interval of 4 days.

Key words: dose, variables, significant, hydro-retention, texture, frequencies, effect, outbreaks, *Saccharum officinarum L.*

I. INTRODUCCIÓN

La economía nicaragüense, está basada en la producción agropecuaria ocupando el segundo lugar después de la producción minera donde sobre salen productos como el café, mariscos, musáceas, caña de azúcar, arroz, maíz, cítrico, frijoles, carne de res, carne de cerdo, pollo y productos lácteos en su mayoría productos tanto de consumo interno como de exportación. Sus exportaciones anuales oscilan entre 500 y 600 millones de dólares, siendo sus importaciones aproximadamente el doble de las exportaciones (IICA, 2003).

El cultivo de caña de azúcar aumentó 7.9 % en cuanto a la economía del país con respecto a noviembre del año 2013. Este aumento estuvo asociado a mayor superficie sembrada, uso de variedades de caña, uso de tecnologías para alcanzar mayores rendimientos y buscando estrategias para no verse afectados drásticamente con el cambio climático (BCN, 2014).

Los polímeros retenedores de humedad están formados por cadenas de poliacrilamidas y de poliacrilatos de sodio, son biodegradables que absorben y retienen grandes cantidades de agua y nutrientes al incorporarse al suelo, ayudando en el desarrollo de la planta, por su estructura permite que cada granulo se expanda hasta 300 veces su peso en agua esto quiere decir que un gramo de hidroretenedor almacena 300 ml de agua, este proceso de retención puede repetirse durante 4 a 7 años.

Según Baron *et al.*, (2007) el uso de hidrogeles y su efecto en las propiedades hidráulicas de suelos son una alternativa válida para la conservación de agua, mejorando sus propiedades de retención y liberación. En condiciones donde es importante la velocidad de retención de agua y el poco tiempo de acceso a fuentes de agua, son convenientes los retenedores de agua. La mayor retención de agua en el suelo por el acondicionamiento con hidrogeles permite sobrevivir a las especies forestales ante condiciones de sequía.

Katime *et al.*, (2004), menciona que la utilización de hidretendor mejora la aireación y estructura de los suelos que se encuentran en terrenos desérticos, incrementando la humedad y fertilidad natural. En la actualidad existen hidretendor capaces de reaccionar a estímulos externos, como la luz, el calor, el pH y la radiación, con el propósito de realizar alguna tarea específica, como la retención de agua (Karaki y Raddad, 1997).

Se conoce que la conformación de los hidrotenedores condiciona las propiedades físicas químicas, de tal manera que sí se pueden controlar externamente y de forma reversible los cambios de cualquier hidrotenedor, por ejemplo, la aplicación de estímulos externos utilizando fotones, electrones, pH, temperatura, se podría modificar temporalmente sus propiedades físicas (Ahmad y Huglin, 1994).

El uso racional y eficiente del agua en riego de cultivos es un factor que cada día toma mayor importancia. En este sentido emplear hidrotenedores que permitan incrementar la capacidad de retención de agua del suelo, aprovechar mejor el agua de lluvia o riego, disminuir las pérdidas por filtración, contribuye a mejorar la eficiencia en el manejo del agua, minimizar los costos y proteger los ecosistemas (Rojas *et al.*, 2004).

En el presente estudio se realizó dos ensayos I) Universidad Nacional Agraria, II) Ingenio Montelima, con el propósito de evaluar dosis de retenedores de agua en tres texturas de suelo y en semillero de caña de azúcar para observar la respuesta fisiológica y capacidad de retención de agua en el suelo.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Influencia de hidrotenedor de agua en tres texturas de suelo y en semilleros de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) cv. CP 72-2086, Managua 2016.

2.2 Objetivo Específico

- Demostrar la efectividad de los hidrotenedores y la disminución de la frecuencia de riego.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del estudio

El ensayo I se estableció en el ingenio Monte Limar, Municipio de San Rafael del Sur, Departamento de Managua. Se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas 11° 49' 6.27" latitud Norte y 86° 30' 41.10" longitud Oeste, a una altitud 35 msnm (metro sobre el nivel del mar). En presencia de suelos con textura franco arcilloso y arcilloso, se encuentran cultivados con caña de azúcar bajo sistemas de riego por mini aspersión.

El ensayo II realizado en la Universidad Nacional Agraria (UNA) Managua. Con la ubicación 12° 08' 36" latitud Norte y 86° 9' 49" longitud Oeste con una altura de 56 msnm (metro sobre el nivel del mar). El suelo presenta un PH de 7.5 a 8.5, con pendiente entre 0 y 2 % con erosión mínima (Martínez, *et al.*, 2011).

3.1.1 Diseño metodológico

El ensayo I se estableció en un diseño de Bloques Completo al Azar bifactorial, distribuyéndose dos factores de estudio para un total de 12 tratamientos con 4 réplicas por tratamiento.

El estudio consistió (factor A) cuatro dosis de hidroretenedor de agua y (factor B) tres frecuencias de riego. Manejando una lámina de riego de 5 litros de agua según los requerimientos hídricos del cultivo.

El cultivo se estableció en cajillas de 60 cm x 40 cm para un total de 48 cajillas, las dosis de hidroretenedor fueron propuestas por el Ingenio Montelimar el método utilizado para la aplicación de las dosis fue ahorrio tal como se muestra en el anexo 12 esto debido a que la siembra de los esquejes se hace de forma traslapada horizontalmente similar a lo que se realiza a nivel de campo.

Según el Ingenio Montelimar la frecuencia de riego que ellos utilizan para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) cv CP 72-2086 es 3 días lo cual durante los 6 meses de riego ellos aplican 60 frecuencias de riego lo que equivale a 10 riego por mes debido a esto el ingenio sugirió dos frecuencias superiores 4 y 5 días con el propósito de optimizar el gasto de agua pero con la misma eficiencia de aportación del riego al cultivo.

3.1.2 Material utilizado para la construcción de las cajillas para el ensayo II.

1. Cinta métrica
2. SERRUCHO
3. Cuartones de madera de 10 x 5 cm de dimensionamiento.
4. Malla milimétrica de color blanca.
5. Baker.
6. Cuatro cajitas de tachuelas
7. Una libra de clavos ½ pulg.
8. Machete

3.1.3 Descripción de la metodología utilizada en la construcción de las cajillas:

Para la construcción de las cajillas se cortaron 36 pedazos de madera de 40 cm, 36 trozos de madera de 60 cm que luego fueron clavados para un total de 18 cajillas. Las cajillas construidas se forraron con una malla milimétrica con un dimensionamiento de 45 x 65 cm que luego fueron clavadas con tachuelas. Se depositaron las diferentes clases texturales en las cajillas las texturas utilizadas en este ensayo como la franca arcillosa, la textura franco arenoso y la textura arenosa detalladas en el cuadro 1.

El ensayo II los niveles evaluados en el ensayo fueron frecuencia de riego 3 y 4 días, dosis de 20 y 30 kg ha⁻¹. La lámina de riego aplicada fue de 4 litros por cajilla para un total de 36 litros de agua por tratamiento, simulando un riego bajo las mismas condiciones en diferentes texturas. Las dosis hidrotenedor y frecuencias de riego fueron tomadas del ensayo I bajo distintas condiciones de variables y clases texturales diferentes.

Cuadro 1. Descripción de los ensayos y Factores a estudiar

Factores				
	Dosis de hidrogel (kg ha⁻¹)	Frecuencias de riego (días)	Textura de suelo	
Niveles Ensayo I	a ₁ 20 kg ha ⁻¹	b ₁ 3		
	a ₂ 30 kg ha ⁻¹	b ₂ 4		
	a ₃ 40 kg ha ⁻¹	b ₃ 5		
	a ₄ Testigo			
Niveles Ensayo II	a ₁ 20 kg ha ⁻¹	b ₁ 3	S ₁	Arcilloso
	a ₂ 30 kg ha ⁻¹	b ₂ 4	S ₂	Arenoso
	a ₃ Testigo		S ₃	Franco Arenoso

3.2 Manejo Agronómico del primer experimento

3.2.1 Establecimiento del semillero

En el ensayo I el semillero fue establecido en el Ingenio Monte Limar el 15 de enero del 2016, se llenaron las cajillas de suelo, en el cual seguidamente se aplicó las diferentes dosis de hidrotenedor y distribuida a cada bloque.

El ensayo II fue establecido en la Universidad Nacional Agraria el 09 de febrero del 2016. El cual en el mismo instante se regó de forma uniforme a toda el área experimental para iniciar la recopilación de datos de las variables estudiadas.

3.2.2 Siembra

La siembra se realizó en enero del 2016. Los esquejes utilizados en la siembra fueron estrictamente seleccionados para el experimento.

3.2.3 Control de Malezas

El control de maleza se realizó manualmente debido a que el experimento fue realizado en cajillas de 0.24 m², lo que facilitó el control.

3.2.4 Riego

El método de riego que se utilizó en el primer experimento fue de forma manual con botellas de 1 litro, es decir se le aplicaba 5 litros de agua a cada cajilla según la frecuencia de riego destinada para cada dosis de hidrotenedor.

Al igual que en el ensayo I y el ensayo II riego implementado fue de forma manual utilizando una botella de 1litro la lámina de riego aplicada fue de 4 litros de agua por cajillas es decir que se aplicaba 48 litros de agua entre un intervalo y otro.

3.3 Variables evaluadas

Desde la etapa inicial del cultivo se evaluaron variables del suelo (contenido de humedad y percolación de agua), variable número de brotes.

3.3.1 Variables de suelo del ensayo I

Contenido de humedad

La medición se realizó con TDR electrónico tomando en cuenta (frecuencias de riego) los días que tocaba regar cada uno de los tratamiento establecidos (dosis de hidrotenedor).

La tecnología TDR (Reflectometría de Dominio Temporal) determina con mucha precisión el contenido de humedad del suelo. El contenido de humedad del suelo se calcula dentro de la unidad y los datos recogidos se pueden leer en una unidad de mano, registrados o enviados a por una red telemétrica a un PC para ser analizados.

Para tomar mediciones las varillas de la sonda se insertan en el suelo y en unos segundos las medidas de humedad y de EC (conductividad eléctrica) del terreno y la temperatura aparecen en la pantalla del HD2.

Ventajas:

- Ideal para el desarrollo de modelos de balances hídricos, control de riego y comprobación de contenido de sal a diferentes profundidades del suelo
- Medida de la humedad del suelo desde la superficie hasta 3 m de profundidad, sin discontinuidades
- Diseño modular que permite la hasta 10 segmentos de medida
- Cada segmento de medida puede calibrarse para un tipo de horizonte de suelo, ofreciendo una precisión aún mayor
- Medida de la conductividad eléctrica del suelo
- Con una reproducibilidad mejor del 0.2%, se puede usar en lisímetros como sustituto de otros métodos de determinación de peso
- Sencilla configuración modular
- Curvas de calibración para diferentes tipos de suelos

- Compatible con el GlobeLog y su módem inalámbrico, y también con otros dataloggers con interface SDI-12
- Diseño robusto e impermeable para la monitorización a largo término en condiciones ambientales difíciles
- Disponible en longitudes de 10, 30 o 80 cm

3.3.2 Variables del cultivo

En las cajillas se utilizaron dos esquejes de caña por cajillas a cada replica se contabilizo el número de brotes.

Número de brotes

Se contabilizo tomando como muestra brotes de cada replica de manera visual en 45 días después de la siembra.

3.3.3 Variables evaluadas en el ensayo II

En el segundo ensayo se avaluaron las variables del suelo (porcentaje de humedad, cantidad de agua percollada).

Porcentaje de humedad

Para la estimación del porcentaje de humedad de las muestras en las texturas de suelo se utilizó el método gravimétrico por medio de la siguiente ecuación:

$$\%H = \frac{(Psh - Pss)}{Pss} * 100$$

%H: porcentaje de humedad

Psh: peso del suelo húmedo

Pss: peso del suelo seco

3.3.4 Cantidad de agua percollada

Para la toma de esta variable fue utilizado un Baker en el cual se media de manera directa las pérdidas de agua por infiltración.

3.4. Análisis de la información

Los datos obtenidos de las variables estudiadas, se manejaron en hojas electrónicas Excel para su posterior análisis con SAS (v 9.1). Se realizó un ANDEVA y agrupación de valores medios a través de la Mínima Diferencia Significativa de Fisher (LSD $\alpha=0.05$). Sobre variables agronómicas y rendimiento, estableciendo el siguiente modelo aditivo lineal.

LSD:

Es una técnica denominada método de diferencia mínima significativa de Fisher (Least Significant Difference) se basa en la construcción de tests de hipótesis para la diferencia de cualquier par de medias.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_k + \beta_j + (\alpha_k \beta_j) + \tau_i + \varepsilon_{ijk}$$

Donde :

$i = 1, 2, 3$ $t = 3$ tratamientos (20, 30, 40 y 0 kg/ha)

$j = 1, 2, 3$ $t = 3$ frecuencias de riego 3, 4 y 5 días

$k = 1, 2, 3$ $r = 4$ replicas

Y_{ij} = La j-ésima observación del i-ésimo tratamiento.

μ = Es la media poblacional estimado a partir de los datos del Experimento.

α_k = Estimador del efecto debido al k-ésimo de las réplicas.

β_j = Efecto de las diferentes frecuencias de riego sobre desarrollo de la Caña de azúcar estimado a partir de los datos del experimento.

$(\alpha_k \beta_j)$ = Efecto de las interacciones entre las distintas dosis de hidrogel y Frecuencia de riego.

τ_i = Efecto de las diferentes dosis de hidro retenedor sobre desarrollo de la Caña de azúcar estimado a partir de los datos del experimento.

ε_{ij} = Efecto aleatorio de variación

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Porcentaje de humedad en el suelo y número de brotes en caña de azúcar

La variable porcentaje de humedad no presento diferencia estadística ($Pr > 0.05$) en el factor dosis de hidrotenedor por lo que fueron agrupados en una sola categoría estadística con un promedio 16.34 % y 18.42 %, en caso contrario sucedió con la variable brotes según la prueba de $LSD = 0.05$ de probabilidad la cantidad de brotes obtenido por la dosis 20 kg ha^{-1} es de 8 brotes por metro lineal respectivamente superando al testigo con 4 brotes cuadro 2. Según Barreto (2011), en su tesis de ingeniería citando a Reinoso y Arévalo (2009), mencionan en su estudio que la frecuencia de riego en la calidad de plántulas de tres especies forestales (*Alnus acuminata*, *Oreopanax ecuadorensis* y *Buddleja incana*) en etapa de vivero utilizando un retenedor de agua ellos concluyeron que para las especies *Alnus acuminata* y *Buddleja incana* tuvieron un mayor incremento de altura, diámetro de planta, sobrevivencia y biomasa en los tratamientos que tenían el retenedor.

De acuerdo Toumey y Korstian (1954) citado por Barreto (2011), en su tesis de ingeniería afirma que las raíces de las plantas deben estar en constante contacto con suficiente humedad para poder hacer frente a las exigencias causadas por la transpiración y el crecimiento.

En el cuadro 2 según $LSD = 0.05$ de probabilidad en el factor frecuencia de riego presento diferencia estadística en la variable de porcentaje de humedad con un 17.62 %, para la frecuencia de 4 días. De igual manera se comportó la variable número de brotes se obtuvo un promedio de 8 brotes por metro lineal para la frecuencia de 4 días. De acuerdo a Zapeta (2012), en su tesis de ingeniería agronómica citando a Monet (2002), afirma que con el uso de un hidrotenedor los requerimientos de agua pueden ser minimizados debido a la reducción de las pérdidas por percolación o evaporación. El intervalo entre riegos puede ser duplicado, triplicado o más. Adicionalmente, la reserva extra de agua en el suelo previene a las plantas de estrés hídrico. Esto es especialmente importante en áreas con bajas precipitaciones.

Cuadro 2. Comparación de los valores medios del efecto de las variables porcentaje de humedad, numero de brotes en caña de azúcar, frecuencias de riego y dosis de hidrotenedor, Ingenio Montelimar Managua.

Factores	Niveles	Humedad (%)		Numero brotes	
Dosis	a ₁ = 20 kg ha ⁻¹	17.74	a	8.56	a
	a ₂ = 30 kg ha ⁻¹	16.34	a	5.48	b
	a ₃ = 40 kg ha ⁻¹	17.73	a	7.77	a
	a ₄ = 0 kg ha ⁻¹	18.42	a	4.41	b
Frecuencia de riego	b ₁ = 3 días	18.89	a	5.85	b
	b ₂ = 4 días	17.62	ab	8.43	a
	b ₃ = 5 días	15.99	b	5.22	b
Pr > F		0.72		0.80	
CV		12.36		7.26	

* Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente (LSD $\alpha=0.05$)

4.2. Interacción Dosis de hidrotenedor*Frecuencia de riego

En la variable porcentaje de humedad y numero de brotes según el análisis del LSD = 0.05 de probabilidad para la interacción dosis*frecuencia los valores mostrados en el cuadro 3 indican que la dosis 40 kg ha⁻¹ y la frecuencia de riego de 3 días se obtuvo el mayor promedio de humedad de 20.50 % esto favoreció el crecimiento de 9 brotes por metro lineal, se observó que a medida que la dosis de hidrotenedor es inferior el número de brotes bajo considerablemente. Lo antes mencionado tiene validez ya que en el testigo 0 kg ha⁻¹ y el intervalo de riego de 5 días presentaron porcentajes de humedad 15 % donde las variables de crecimiento disminuyeron con un promedio de 2 brotes por metro lineal, según Barreto (2011), citando a Nissen y Ovando (1999), afirmaron que en los tratamientos con hidrotenedor *Nothofagus dombeyi* obtuvo mayores valores que en aquellos en los que no se usó producto. Observando que al no utilizar el hidrotenedor, se obtuvieron porcentajes significativamente menor de sobrevivencia (66,7 %) en la plantación.

Además se observó que los datos del cuadro 3 la dosis de 40 kg ha⁻¹ y la frecuencia 4 días las variables de estos niveles arrojaron resultados humedad presente de 16.20% pero para la variable de cultivo se visualizó la cantidad de 9 brotes por metro lineal. Si comparamos la variable porcentaje de humedad de la frecuencia 3 y 4 días respectivamente notamos que son diferentes estadísticamente es decir que la concentración de humedad para la frecuencia de 4 días es sumamente inferior a la 3 días, aunque en la variable de suelo la frecuencia 3 días sea superior observamos que la variable de cultivo no existe diferencia. Tomando en cuenta que en el Ingenio Montelimar la frecuencia de riego aplicada para el cultivo de caña de azúcar es 3 días en los 6 meses de aplicación de riego genera 60 riegos, se sugiere aplicar la frecuencia de 4 días

Por lo que a los 6 meses de riego genera 45 de riego lo cual tendríamos 15 frecuencias de riego menos que la frecuencia anterior.

Cuadro 3: Análisis en el efecto del hidroretenedor, frecuencias de riego y la interacción de ambos factores en las variables del suelo, crecimiento, Ingenio Monte-limar Managua.

Factores	Niveles	Humedad (%)	Número brotes
Dosis*frecuencia	a ₁ b ₁	19.40	8.10
	a ₁ b ₂	16.73	6.93
	a ₁ b ₃	17.10	8.27
	a ₂ b ₁	16.03	3.36
	a ₂ b ₂	17.63	9.10
	a ₂ b ₃	15.37	3.93
	a ₃ b ₁	20.50	9.67
	a ₃ b ₂	16.20	9.53
	a ₃ b ₃	16.50	5.87
	a ₄ b ₁	19.63	2.27
	a ₄ b ₂	20.63	8.17
	a ₄ b ₃	15.00	2.80
Pr > F		0.99	0.84
CV		6.90	7.36

4.3. Porcentaje de humedad y agua percolada en tres texturas de suelo

Según la prueba de rango múltiple de LSD = 0.05 muestra en el cuadro 4 la variable porcentaje de humedad y agua percolada con respecto al factor dosis se encontró diferencias significativa la dosis de 30 kg ha⁻¹ con 25.13 % de humedad y cantidad de agua percolada 0.76 ml superando porcentualmente al testigo de 0 kg ha⁻¹ con humedades presentes de 19.49 % obteniendo perdidas por percolación de 0.45 ml. Demostrando credibilidad a estos resultados de acuerdo a Zapeta (2012), citando a ÚZúñiga (2007) afirma en su investigación que los polímeros biodegradables absorben y retienen grandes cantidades de agua y nutrientes cuando son introducidos en el suelo o en cualquier otro medio de cultivo. Esta capacidad de retención de agua permite el desarrollo de las plantaciones aún en épocas secas aprovechando al máximo los escasos recursos de agua y nutrientes disponibles.

En las variables porcentaje de humedad y agua percolada se encontró diferencia estadística Pr >0.05 de probabilidad para el factor suelo con 24.17 % para la variable concentración de humedad y valores de pérdidas por percolación de 0.46 ml correspondientes a la textura franco arenoso cuadro 4, en comparación con la textura arenoso los promedios de humedad fueron 17.79 % y 0.74 ml en lo que respecta a las pérdidas por percolación de agua.

Respaldando lo antes mencionado se observó que a medida que aumentaba la humedad aumenta la disponibilidad del agua en el suelo las pérdidas de agua disminuían de acuerdo a Zapeta (2012), en citado por Peter (1,999), en su investigación menciona que en consecuencia este polímero está diseñado para mejor retención de agua, las pérdidas por escurrimiento son reducidas, menos cantidad de agua es requerida y se logra el óptimo crecimiento de la planta. Todo ello permite una reducción tanto en cantidad como en frecuencia de riego. La existencia de distintos ecosistemas se justifica en buena parte por las disponibilidades hídricas, resultando determinante la falta de agua, típica en regiones áridas (Porta *et al.*, italies 1994).

De acuerdo con el análisis LSD = 0.05 de probabilidad para el factor riego los valores mostrados en el cuadro 4 se encontró diferencia estadística con 23.97 % en la variable porcentaje de humedad con pérdidas por percolación 0.48 ml en lo que respecta al intervalo de 4 días supero notablemente a la frecuencia de 3 días, el comportamiento de los valores para este intervalo fueron inferiores presentando concentraciones de humedad de 19.66 % para la variable agua percolada este valor aumento considerablemente con 0.74 ml al comparar ambas frecuencias de riego 3 y 4 días observaremos que al aumentar las pérdidas de agua la disponibilidad hídrica disminuye.

De acuerdo a Zapeta (2012), en su tesis de ingeniería agronómica citando a Peter (1999), afirman que en cuanto a dosis del polímero (0, 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 kg m³ de suelo) los tratamientos no mostraron diferencias significativa, encontrando diferencia estadística en la frecuencia de riego en donde las plantas con mayores alturas, diámetro de la planta (3 cm arriba del suelo) y mayor número de hojas se obtuvieron regando casi diario y cada siete días.

Cuadro 4. Comparación de medias en tres dosis de hidrotenedor tres clases texturales y dos frecuencias de riego en relación a la humedad y agua percolada en la UNA-2016.

Factores	Niveles	Humedad (%)	Agua percolada (ml)
Dosis	a ₁ = 20 kg ha ⁻¹	20.83 b	0.61 ab
	a ₂ = 30 kg ha ⁻¹	25.13 a	0.76 a
	a ₀ = Testigo	19.49 b	0.45 b
Suelos	s ₁ = Arcilloso	23.50 a	0.62 ab
	s ₂ = Arenoso	17.79 b	0.74 a
	s ₃ = Franco arenoso	24.17 a	0.46 b
Frecuencia de riego	b ₁ = 3 días	19.66 a	0.73 a
	b ₂ = 4 días	23.97 b	0.48 b
Pr > F		0.88	0.87
CV		3.87	5.40

* Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente (LSD $\alpha=0.05$)

4.4. Interacción textura de Suelo*Dosis de hidrotenedor

Las variables porcentaje de humedad y agua percolada cuadro 5 la interacción de los factores dosis*suelo los mayores valores se encontraron en la textura franco arenosos y la dosis 30 kg ha⁻¹ obtuvieron humedades de 27.80 % y con promedios de 0.77 ml de pérdidas por percolación de agua en comparación con el testigo dosis de 0 kg ha⁻¹ de textura arenosa, obtuvo resultados inferiores con porcentajes de humedad 12.31 % pérdidas de agua de 0.65 ml.

Según Zapeta (2012), en su tesis de ingeniería agronómica citando a Monet (2002), afirman que existen esencialmente dos tipos de suelos: *Suelos toscos* (arena, grava). Tienen una baja capacidad de intercambio catiónico y por lo tanto muy baja capacidad de retener agua y nutrientes. Esta situación ocasiona que el agua y los nutrientes pasen rápidamente hacia las capas inferiores siendo imposible para las plantas capturarla. El hidrotenedor ayuda en la capacidad de retención de humedad de este tipo de suelos.

Cuadro 5. Comparación de media del hidrogel sobre la interacción suelo-dosis en la humedad y agua percolada UNA-2016.

Factores	Niveles	Humedad (%)	Agua percolada (ml)
Suelo* Dosis	S _{1a1}	22.77	0.92
	S _{1a2}	25.68	0.55
	S _{1a3}	22.04	0.38
	S _{2a1}	19.12	0.60
	S _{2a2}	21.92	0.97
	S _{2a3}	12.32	0.65
	S _{3a1}	20.60	0.30
	S _{3a2}	27.81	0.77
	S _{3a3}	24.11	0.30
Pr > F		0.76	0.86
CV		8.19	7.31

4.5. Interacción textura de suelo*frecuencia de riego

En las variables porcentaje de humedad y agua percolada de acuerdo al análisis del LSD = 0.05 de probabilidad en la interacción suelo*frecuencia los valores mostrados en el cuadro 6 muestran que la textura arcillosa y la frecuencia de 4 días obtuvieron porcentaje de humedad de 27. 61 % este resultado propicio que las pérdidas de agua disminuyeran con valores de 0.50 ml por lo que se sugiere utilizar la frecuencia de 4 días o prolongar los intervalos riego más separados entre un intervalo y otro esto debido a que se encontró la humedad necesaria en la textura arcilloso y la cantidad de agua aprovechable que existe en esta textura es más óptimo como para permitir la sobrevivencia y desarrollo de las plantas.

Según Zapeta (2012), en su tesis de ingeniería agronómica citando a Monet (2002), indica que Suelos pesados (arcillas y lodos): Estos suelos tienen una mejor capacidad de retención haciéndolos muy compactos y con un drenaje muy bajo. Los polímeros retenedores de humedad se hinchan al absorber el agua y abren la estructura del suelo permitiendo una mejor aireación del sistema radicular y reduciendo la compactación lo que produce un mejor drenaje.

Barreto (2011), menciona en su tesis de ingeniería citando a Baron *et al.* (2007), los hidrogeles como una alternativa válida para la conservación de agua en el suelo, mejorando sus propiedades de retención y liberación. En condiciones donde es importante la velocidad de retención de agua y el poco tiempo de acceso a fuentes de agua, son convenientes los retenedores de agua.

La mayor retención de agua en el suelo por el acondicionamiento con hidrogeles permite sobrevivir a las especies forestales ante condiciones de sequía.

En el cuadro 6 se observa que la textura arenoso presento los resultados más bajos en comparación con las otras texturas en donde la variable del suelo porcentaje de humedad obtuvo 15.78 % y la variable de riego reflejo 0.86 ml de pérdidas de agua percolada lo que es muy común en estos tipos de textura de acuerdo a Barreto (2011), en su tesis de ingeniería citando a López (2005), afirma que la disponibilidad de agua depende en gran medida de la textura del suelo, que determina la capacidad de absorción de agua que este puede tener, es decir, a menor tamaño de las partículas se incrementa la superficie total de absorción. Los suelos arcillosos tienen una mayor capacidad de retención de agua que los suelos arenosos.

Cuadro 6. Comparación media de la interacción suelo*frecuencia, efecto sobre las variables concentración de humedad y agua percollada, Universidad Nacional Agraria 2016.

Factores	Niveles	Humedad (%)	Agua percolada (ml)
Suelo*Frecuencia	S ₁ b ₁	19.38	0.73
	S ₁ b ₂	27.61	0.50
	S ₂ b ₁	15.78	0.89
	S ₂ b ₂	19.79	0.59
	S ₃ b ₁	23.81	0.58
	S ₃ b ₂	24.53	0.34
Pr > F		0.68	0.87
CV		6.41	5.40

4.6. Interacción Dosis de hidrotenedor*Frecuencia de riego.

Según el LSD = 0.05 de probabilidad para las variables porcentaje de humedad y agua percolada en la interacción dosis*frecuencias los valores mostrados en el cuadro 7 indican que la dosis de 30 kg ha⁻¹ y la frecuencia de 4 días mostraron promedio de 28.07 % de humedad y la variable de riego observamos pérdidas de agua por percolación de 0.58 ml esta supera al testigo 0 kg ha⁻¹ con frecuencia de riego 3 días obteniendo valores de porcentaje de humedad de 16.81 % se obtuvo datos de pérdidas por percolación de 0.56 ml de agua, logrando visualizar en el comportamiento de los datos que aunque las pérdidas de agua por percolación se han similar a la dosis de 30 kg ha⁻¹.

Las humedades entre ambas dosis son considerablemente diferentes en donde se demuestra que hubo promedios elevados en donde se le aplico hidrotenedor que en donde no se aplicó.

Es decir, según los resultados plasmados en el cuadro 7 la dosis y la frecuencia de riego sugerida son de 30 kg ha⁻¹ y en intervalo de riego sugerido es de 4 días con porcentajes de humedad óptimos para el desarrollo del cultivo. De acuerdo a Barreto (2011), en su tesis de ingeniería citando a Galetti y Esparrach (2001), afirmaron que al evaluar el efecto de un polímero retenedor en dos especies forestales (*Eucalyptus globulus* y *Pinus pinaster*) bajo condiciones de estrés hídrico. Encontraron que en *Eucalyptus globulus*, no presentaron mortandad en los tratamientos con 4 y 6 g de polímero a los 100 días de plantado y 25 % con 2 g en el mismo lapso; mientras que el testigo (sin gel) comenzó a presentar síntomas de marchitez permanente a los 42 días en un 41.6 %, llegando a los 63 días con una mortandad del 100 %.

Zapeta (2012), Afirma que el uso de 3 g/planta de hidrorretenedor y una frecuencia de riego a cada 7 días generó un diámetro de 17 mm siendo este el mayor, seguido del uso de 3 g/planta de hidrorretenedor y un riego a cada 14 días obtuvo un diámetro del tallo de 16.5 mm, sin embargo el uso de 3 g/planta de hidrorretenedor a una frecuencia de riego a cada 21 días obtuvo un diámetro de 16 mm por planta, por último el uso de 2 g/planta y frecuencias de riego a cada 14 y 21 días respectivamente obtuvieron un diámetro del tallo de 15 mm en plantas de rambután, siendo estos menores.

Cuadro 7. Comparación de valores de la interacción factores dosis*frecuencias para las variables humedad y agua percollada, Universidad Nacional Agraria Managua 2016.

Factores	Niveles	Humedad (%)	Agua percollada (ml)
Dosis*frecuencia	a ₁ b ₁	19.99	0.69
	a ₁ b ₂	21.64	0.52
	a ₂ b ₁	22.17	0.94
	a ₂ b ₂	28.07	0.58
	a ₃ b ₁	16.81	0.56
	a ₃ b ₂	22.17	0.33
Pr > F		0.74	0.87
CV		8.11	7.31

V. CONCLUSIONES

Basando en los resultados obtenidos de la presente investigación se puede deducir las siguientes conclusiones:

- Las dosis de hidrotenedor mostraron efecto significativo en el número de brotes sobresaliendo las dosis de 20 kg ha^{-1} con 8 brotes por metro lineal en el ensayo I, en el ensayo II el comportamiento del hidrotenedor mostro que la dosis de 30 kg ha^{-1} en la clase textural franco arenoso para la variable del suelo la humedad presente en suelo fueron altas las pérdidas de aguas disminuyeron es decir las condiciones hídricas son aceptables lo que permitiría el buen desarrollo para los cultivos.
- En el ensayo I La frecuencia de riego de 4 días presentó los mejores resultados en cuanto al número de brotes superando a las frecuencia de 3 y 5 días esto permitió un ahorro 15 riego y una disminución del gasto de agua de 75 litros tomando en cuenta que en el ingenio se aplica 60 riego con una frecuencia de 3 días, en el ensayo II la frecuencia de 4 días también sobre salió junto a la clase textural franco arcilloso con concentraciones de humedad óptimas por lo que las pérdidas de agua disminuyeron es por ellos que se sugiere duplicar las frecuencias de riego.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar investigación sobre el hidrotretenedor con otros tipos de cultivos para obtener una amplia información acerca del efecto de este producto.
- Realizar investigación sobre hidrotretenedor con otras texturas de suelo existentes en Nicaragua.

VII. LITERATURA CITADA

- Ahmad y Huglin, 1994.** Comportamiento de hidrogel en suelos arenosos. (en línea). Revista Eidenar. Volumen 9. Cali, CO. Consultado 01 de agosto 2016. Disponible en: <http://.....revistaeidenar.univalle.edu.co/revista/ejemplares/9/e.htm>
- Al-Karaki y Al-Raddad, 1997.** Comportamiento de hidrogel en suelos arenosos. (en línea). Revista Eidenar. Volumen 9. Cali, CO. Consultado 01 de agosto 2016. Disponible en: <http://.....revistaeidenar.univalle.edu.co/revista/ejemplares/9/e.htm>
- Barreto. 2011.** Evaluación del efecto de retenedores de agua en el establecimiento y crecimiento inicial de (*juniperus fláccida schlechtendal*) en Ixcateopan, Gro. Tesis. Ingeniería en Restauración Forestal. Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. Mx. 6 P.
- BCN (Banco Central de Nicaragua). 2014. Nicaragua en Cifras 2013-2014. Índice Mensual de Actividad Económica.** (en línea) Managua, NI. Consultado 01 de agosto del 2016. Disponible en <http://.....legislacion.asamblea.gob.ni/Internacionales.nsf/xsp/.ibmmodres/domino/OpenAttachment/Internacionales.nsf/097F4CA65F80365506257DE000773D5E/Adjuntos/Nicaragua%20en%20Cifras%20>
- BARÓN, C. A.; I. BARRERA R.; L. BOADA E. y G. RODRIGUEZ N. 2007.** Evaluación de hidrogeles para aplicaciones forestales. Revista de Ingeniería e Investigación. Volumen 27. Número 3. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, CO. pp. 35-44.
- GALLETI M. A. y A. ESPARRACH C. 2001.** Evaluación del polímero sintético Qemisoyl en plantaciones de *Eucalyptus globulus* y *Pinus pinaster*. Universidad Buenos Aires, Argentina. 10 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), 2003.** Proyecto IICA/EPAD. **Comercialización de caña de azúcar en Nicaragua, casos comparativos con Honduras y Costa Rica.** Managua, Nicaragua. Consultado 01 de agosto 2016. Disponible en: <http://.....repiica.iica.int/docs/B0427e/B0427e.pdf>
- Katime-Trabanca, D., Katime-Trabanca, O. y Katime-Amashta, I. A. 2004.** Los materiales inteligentes de este milenio. Los hidrogeles macromoleculares Síntesis, propiedades y aplicaciones. Primera edición. Universidad del País Vasco. 336 p.

LOPEZ, R. G. F. 2005. Ecofisiología de árboles. Primera Edición. Texcoco, Estado de MX, Universidad Autónoma Chapingo. 484 p.

Martínez Núñez, AD.; Meza Granados, NA.2011. Evaluación de riego y biofertilizante sobre seis poblaciones de tomate silvestre (*Lycopersicum spp.*) colectado en la reserva de recursos genéticos de Apacunca (RRGA), Chinandega. (en línea). Tesis de Ing. Agr. Managua, NI, UNA. 45 P. Consulta 01 sep.2015. Disponible en:
<http://.....cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf06m385.pdf>

Monet. R. (2002). Aplicación de poliacrilamida sobre un suelo con riego suplementario. (en línea) Consultado el 20 de septiembre de 2016. Disponible en:
http://.....www.inta.gov.ar/suelos/info/documentos/informes/aplicacion_PAM.htm

NISSEN, M. J. y C. OVANDO R. 1999. Efecto de un hidrogel humectado aplicado a las raíces de (*Nothofagus obliqua (Mirb.) Oerst.* y *Nothofagus dombeyi (Mirb.) Oerst*) durante su trasplante. Tesis. Ingeniería Agraria y Suelos. Universidad Austral de Chile. Valdivia, CH. 13 p.

Peter. H. (1999). Estudio comparativo de dosis de un polímero retenedor de humedad y frecuencia de riego, en almácigos de hule (*hevea brasiliensis*), Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Universidad Rafael Landivar. Tesis Ing. Agr. 46 p.

PORTA, C. J.; M. LÓPEZ-ACEVEDO R. y C. ROQUERO L. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi Prensa. Madrid, ESP. 806 p.

REINOSO, D.; A. ARÉVALO. 2009. Evaluación de frecuencias de riego en la calidad de plántulas de tres especies forestales nativas en etapa de vivero utilizando un hidroretenedor. Tesis de Licenciatura. Universidad Central del Ecuador. 12 p.

Rojas, B., Aguilera, R., Prin, J., Cequea, H., Cumana, J., Rosales, E. y Ramírez, M. 2004. Estudio de la germinación de semillas de tomate en suelos áridos extraídos de la península de Araya (Venezuela) al utilizar polímeros de tipo Hidrogeles. Revista Iberoamericana de Polímeros.

TOUMEY, W. J. y F .C. KORSTIAN. 1954. Siembra y plantación en la práctica forestal. Editorial Suelos Argentinos. Buenos Aires, Argentina. 480 p.

Zapeta. 2012. Efecto de cinco dosis de un polímero retenedor de humedad y cuatro frecuencias de riego en almacigo de Rambutan (*Nephelium lappaceum. Sapindaceae.*) En Coatepeque, Quetzaltenango. Tesis. Ingeniero Agrónomo con Énfasis en Cultivos Tropicales. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Coatepeque, Guatemala. 7 P.

Zuñiga, F. (2007). Hidrorretenedores solución alternativa a problemas de escasez de agua en cultivos frutales, agrícolas y forestales. Bogotá, CO. 50 p.

VIII. ANEXOS



ANEXO 1: Establecimiento del ensayo I según las dosis de hidrogel estudiadas.



ANEXOS 2: Establecimiento del ensayo II.



ANEXO 3: Aplicación de la lámina de riego de forma manual



ANEXO 4: Huecos permeabilizados con plástico negro de 70 cm x 60 cm.



ANEXO 5: Efecto del hidro-retenedor en los brotes de caña de azúcar en el Ingenio Monte-limar.



ANEXO 6: Hidroretenedor granulado.



ANEXO 7: Muestreo de las concentraciones de humedad con el TDR (ensayo I).



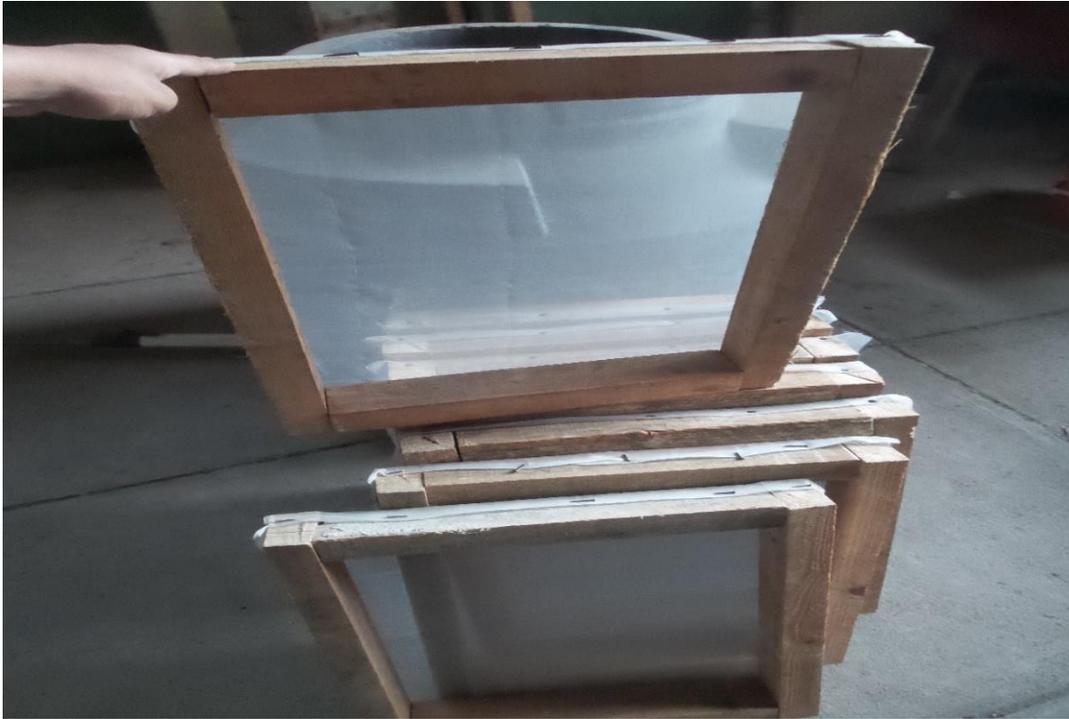
ANEXO 8: Hidroretenedor hidratado muestra del ensayo II.



ANEXO 9: Maleza absorbiendo el agua atrabada por el hidroretenedor (ensavo II).



ANEXO 10: Hidroretenedor hidratado en la textura arcillosa (ensayo II).



ANEXO 11: Cajillas construidas con dimensión de 60 x 40 cm utilizadas en el ensayo II.



ANEXO 12: Aplicación del hidrotenedor en las texturas (ensayo II).

