

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMIA



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

## TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Describir el comportamiento de propiedades hidrofísicas en dos texturas de suelo cultivados con caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), bajo riego por gravedad, en el Ingenio San Antonio, Chinandega, Nicaragua**

### **Autores:**

**Br. Luís Alberto Cepeda Ellis  
Br. Gladys María Mercado Zelaya**

### **Tutores:**

**Ing. MSc. Sandra María Lovo Jerez  
Ing. MSc. Emilio Marrero**

### **Tutor Colaborador ISA:**

**Ing. Luís Valentin Cepeda Bustamante**

**Managua, Nicaragua**

**Marzo, 2016**

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMIA



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

### TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Describir el comportamiento de propiedades hidrofísicas en dos texturas de suelo cultivados con caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), bajo riego por gravedad, en el Ingenio San Antonio, Chinandega, Nicaragua**

#### **Autores:**

**Br. Luís Alberto Cepeda Ellis  
Br. Gladys María Mercado Zelaya**

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

**Managua, Nicaragua  
Marzo, 2016**

## INDICE DE CONTENIDO

Sección	Página
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo General	
2.2 Objetivos específicos	
III. MATERIALES Y METODOS	3
3.1. Ubicación del área de estudio	3
3.1.1 Tipo de investigación	3
3.1.2 Toma de datos	3
3.1.3 Variables descritas	4
3.1.4 Metodología de campo	5
3.1.5 Procedimientos realizados para el levantamiento de datos	6
3.1.5. a. Velocidad de infiltración y lámina de agua acumulada	6
3.1.5. b. Avance del frente de agua en el surco	6
3.2 Análisis de Datos	6
3.2.1. Cálculo de las variables velocidad de infiltración del agua y lámina de agua acumulad	6
3.2. Cálculo de la velocidad de avance	7
3.3. Manejo Agronómico de la caña de azúcar	7
3.3.1El cultivo	7
3.3.2. Laboreo del suelo en el ISA	8
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
4.1 Lotes con características de suelos arcillosos	9
4.2 Lotes con características de suelos francos	9
Figura 1. Lámina infiltrada y Velocidad de infiltración	10
Figura 2. Curvas de Avance	11
Figura 3. Velocidad de avance	13
V. CONCLUSIONES	16
VI. RECOMENDACIONES	17
VII. LITERATURA CITADA	18
VIII. ANEXOS	21

## DEDICATORIA

Dedico de todo corazón y más que a nadie este éxito de mi vida a mi padre Dios, todo el orgullo todo el éxito y el mérito sea para él.

***Br. Luís Alberto Cepeda Ellis***

## DEDICATORIA

A todas las personas que con paciencia y desinterés me han transmitido sus conocimientos y experiencia a lo largo de mi carrera.

*Br. Gladys María Mercado Zelaya*

## AGRADECIMIENTOS

Quiero dar las gracias en primer lugar a mi padre Dios quien ha estado siempre junto a mí en los momentos más difíciles al igual que en los más felices.

Agradezco a mis padres que con mucha paciencia y amor me han ayudado y han sido coautores de esta tesis, a mis tutores por compartir con nosotros un poco de sus conocimientos y experiencia para darle un valor intelectual de calidad a este trabajo, agradezco al departamento de riego del NSEL-ISA por toda su ayuda, agradezco a todas las demás personas que de una u otra forma nos brindaron la mano en el proceso de esta investigación.

***Br. Luis Alberto Cepeda Ellis***

## AGRADECIMIENTOS

Doy infinitas Gracias:

A Dios por su inmenso amor y ayuda en el camino recorrido.

A mis padres, y a mis tíos Mercedita y Bernardo por su amor y apoyo.

A mis hijos por ser mi fuerza y templanza.

A mi compañero de vida por ser mi amigo y hombro incondicional.

*Br. Gladys María Mercado Zelaya*

## RESUMEN

El sistema de riego superficial por surcos es de bajos costos económicos (en comparación con el resto de sistemas utilizados dentro de las mismas instalaciones), pero de mucho uso del recurso agua, su diseño hidráulico exige grandes volúmenes de este vital líquido, haciendo necesario conocer su aprovechamiento. El Departamento de Riego y Drenaje del Ingenio San Antonio (ISA), en Chichigalpa, Chinandega demandó un estudio que brindase información sobre la aplicación del sistema de riego superficial en campos nivelados con tecnología láser a fin de conocer los efectos del riego por gravedad en dos tipos de textura de suelos cultivados con caña de azúcar. El estudio tiene como objetivo describir este sistema de riego superficial, a partir de las propiedades hidrofísicas de dos texturas de suelo y la forma de distribución del agua. Las pruebas se realizaron en cuatro lotes donde se cultiva caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Las variables evaluadas son: velocidad de infiltración, lámina de agua infiltrada, avance y velocidad del agua a través de los surcos. Para los datos de infiltración se utilizó cilindros infiltrómetros, de aquí se calcula la velocidad de infiltración y la lamina infiltrada. Para los datos avance y velocidad se utilizaron estacas cada 30 metros y se midió el tiempo de llegada del agua por estaca por surco. El intervalo de infiltración en los primeros 10 minutos oscila entre los 14.4 mm y 91 mm de diferencia con respecto a los primeros 5 minutos de lámina de agua infiltrada; el rango de la velocidad de infiltración oscilo entre 0.35 mm/min<sup>1</sup> y 0.68 mm/min<sup>1</sup>; el tiempo de avance se encontró entre 170 y 460 minutos, registrándose en el caso del rango de velocidad de avance una oscilación entre 1.3 mm/min<sup>-1</sup> y 6 mm/min<sup>-1</sup>. Los surcos en general tienen un largo y forma según la literatura citada; encontrando surcos de 0.50 metros de ancho con longitudes 210 metros espaciados a 1 metros de distancia. Se pretende dar un mejor uso al recurso agua en la aplicación de este sistema de riego. Para lograr establecer el comportamiento del agua sobre la superficie, se observó la lámina infiltrada y velocidad de infiltración del agua. Se tomaron los datos de avance del agua a través del surco hasta llegar a su defensa (final o salida) para observar la velocidad de su recorrido. Se observó la forma en que se está aplicando el agua en los surcos para verificar si se está regando prudentemente. Con esta investigación se logró un aporte significativo en el estudio para mejorar la técnica de riego por surcos y reducir los grandes volúmenes de agua utilizados actualmente dentro del ISA.

Palabras Claves: Riego superficial, aplicación, hidrofísicas, infiltración, velocidad, avance.

## ABSTRACT

The system of surface furrow irrigation is low economic costs but much use of water resources, hydraulic design requires large amounts of this vital liquid, making it necessary to know its use. The Department of Irrigation and Drainage in Ingenio San Antonio (ISA) in Chichigalpa, Chinandega demanded a study that would provide information on the application of surface irrigation system on level laser technology to meet Behaviour of two soil textures with fields techniques furrow and coiled tubing. The study aims to describe the surface irrigation system, taking into account the hydrophysical soil properties and how to water distribution. The tests were performed in four lots where sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) is grown. The evaluated variables are: infiltration rate, sheet infiltrated water, feed and speed of the water through the grooves. For infiltration data used here infiltrometers cylinders calculate the speed of infiltration and infiltrated lamina. For advance speed data and stakes they were used every 30 meters and the arrival time of the water was measured by stake per row. The range of infiltration in the first 10 min range between 14.4 mm and 91 mm of difference from the first 5 min of sheet infiltrated water; range infiltration rate ranged between 0.35 and 0.68 mm/min<sup>-1</sup> mm/min<sup>-1</sup>; the lead time is found between 170 and 460 min, recorded in the case of forward speed range an oscillation between 1.3 and 6 mm mm/min<sup>-1</sup>. min<sup>-1</sup>. The grooves generally have a long way recommended according to the cited literature; finding rows 0.50 meters wide with lengths 210 meters spaced at 1 m distance. It is intended to better use the water resources in the implementation of this irrigation system.

In order to establish the behavior of water on the surface, infiltrated and watched the water infiltration rate sheet. Data feed water were taken through the groove up to his defense (final or output) to observe the speed of travel. How water is being applied in the furrows to check if you are watering wisely observed. With our research we achieved a significant contribution to the study to improve furrow irrigation technique and reduce large volumes of water currently used in the ISA.

Keywords: Surface irrigation, application, hydro, infiltration, speed, feed.

## I. INTRODUCCIÓN

Se conoce que en occidente de Nicaragua siempre ha habido controversias con referencia a la supuesta sobreutilización del recurso agua de parte de los ingenios azucareros, en donde surgen opiniones en las que se menciona que los sistemas de riego utilizados dentro de las instalaciones del Ingenio San Antonio (ISA), están afectando las reservas de agua por un uso excesivo del vital líquido (rel-uita.2009), pero en realidad se desconocen estudios anteriores que con lleven a estas afirmaciones.

Históricamente el ISA ha hecho uso del método de riego por surcos desde sus primeros indicios hace más de cien años y poco a poco ha ido mejorando sus técnicas de aplicación e incorporando otros sistemas que demanden un mejor uso y eficiencia de agua; siendo persistentemente este, el más utilizado y el que tiene los plantíos principalmente amplios debido a su fácil aplicación y bajo costo.

El área total del ISA es aproximadamente de 36 000 mz de las cuales 19 900 mz son áreas bajo riego; de estas podemos decir que 10 436 mz son regadas por el método de riego por gravedad en surcos en los que se utiliza entre 1 050 y 1 575 galones de agua por minuto. La producción estimada en las áreas bajo riego por gravedad es de 76.50 Ton/mz; las exportaciones de azúcar de los ingenios, generan unos \$80 millones y el etanol otros \$20 millones de los ingresos a nuestro país.

Debido a que se necesitaba saber si la técnica de riego por surcos está siendo efectiva en lotes de texturas arcillosas y francas del ISA destinadas al cultivo de la caña de azúcar. Se procedió a hacer un estudio en cuatro lotes en los que se regaba con ayuda de pala y en otros con ayuda de tubería flexible o fluming, y donde se observó el manejo de este método de riego para obtener información de datos importantes para describir el comportamiento de las propiedades hidrofísicas en las dos texturas de suelo, encontradas en los lotes observados. Esto se realizó durante los meses de marzo hasta mayo del 2008.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Describir el comportamiento de propiedades hidrofísicas en dos texturas de suelo cultivados con caña de azúcar bajo riego por gravedad.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Describir la práctica del riego en surcos abiertos y alimentados con fluming en suelos de textura arcillosa y franca.
- ✓ Determinar el comportamiento de la lámina de agua infiltrada y su velocidad de infiltración en los lotes observados.
- ✓ Determinar la curva y la velocidad de avance del riego en los lotes observados.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Ubicación del área de estudio**

La evaluación se llevó a cabo en los lotes Amalia Martirio, Pellas Esperancita, Salinitas y Santa Fe con plantación directa de Caña de Azúcar en el Ingenio San Antonio, Chichigalpa, Nicaragua durante los meses de marzo y abril (dos de los meses más secos del año en el occidente del país). Su principal producción es la de azúcar, ron, etanol y energía.

Nicaragua Sugar Estate Limited (NSEL) ó Ingenio San Antonio (ISA), ubicada en el municipio de Chichigalpa Departamento de Chinandega a 120 km de la ciudad de Managua en una latitud norte 12° 32' y longitud Oeste 87° 03' presenta una altitud de 10 a 250 msnm donde se registra temperatura anual de 28°C y de 7.28 horas de sol promedio anual. La precipitación promedio anual es de 1880 mm, la evaporación promedio anual es de 646 mm, la humedad relativa es de 87.6%, con un registro de evapotranspiración promedio de 7-8mm/día y posee un clima de bosque seco tropical (García soto, 1982), en el que se estudiarán dos texturas de suelos diferentes (arcillosos y francos).

Dentro de los lotes arcillosos están; Salinitas (coordenadas UTM 0489855 E, 1376491 N) y Pellas Esperancita (0496226 E y 1385030 N) y en los suelos francos los lotes de Amalia Martirio (0491015 E, 1389598N) y Santa Fe (0493826 E, 1389598 N) donde se encontró una evaporación promedio de 11.70 mm en el mes de marzo y 10.85 mm en el mes de abril del 2008.

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

El tipo de estudio utilizado es longitudinal de carácter descriptivo, ya que se basa en la observación de la implementación de la técnica del riego por surcos dentro de los cuatro lotes estudiados, en donde se procedió a la recopilación de datos en cada una de las muestras seleccionadas al azar, para luego a través del procesamiento de datos en Curvefit (software matemático mediante el cual se obtienen valores de promedio de las variables descritas) en el caso de la lámina infiltrada y la velocidad de infiltración; y con la fórmula física de la velocidad en el caso del avance de agua a través de los surcos; analizar los resultados que originan pérdidas innecesarias de los altos volúmenes de agua al momento de la utilización de esta práctica predominante dentro de las instalaciones del ISA y por lo cual se tomaron en cuenta las variables antes mencionadas las que posteriormente serán aprovechables para estudios futuros en la eficiencia de aplicación de este riego.

##### **3.1.2 Toma de datos.**

Para la obtención de los datos de campo se emplearon cinta métrica de 5m y 50m para medir separación entre un surco y otro (metros), longitud de los surcos (metros), reglas métricas de 30cm para medir la infiltración del agua en los cilindros concéntricos

(mm); a demás de cronómetros para medición del tiempo de infiltración de la lamina de agua, jalones y estacas para delimitar a lo largo y final del surco el momento preciso en que se tomo cada dato del escurrimiento, todos los datos fueron anotados en formatos impresos adaptados a la información obtenida, para su posterior procesamiento se utilizo calculadora científica, lápices y papelería a demás de computadoras para el uso de programas de procesamiento de datos, e impresora para su presentación física.

### 3.1.3 Variables descritas

Cuadro 1. Dependencia de las variables tomadas en los lotes de estudio

Nº	Variable	Concepto	Indicador	Medición
1	Velocidad de infiltración del agua	Capacidad con la cual el suelo absorbe el agua	Perdidas por percolación	mm/min <sup>-1</sup>
2	Lámina de agua acumulada	Es la cantidad de agua aplicada dentro de los anillos infiltrómetros y que la superficie absorbió.	Estabilidad de absorción del agua	Mm
3	Tiempo de avance del agua	Medición del tiempo que han estado diferentes partes del campo cubiertas de agua.	Tiempo de contacto del agua en el suelo	Min
4	Velocidad de avance del agua	Cálculo de la velocidad con la cual el agua hizo su recorrido a través de los surcos.	Arrastre de partículas del suelo	mm/min <sup>-1</sup>

### 3.1.4 Metodología de campo

La metodología de campo contemplo técnicas de observación, comparación y documentación de la evolución del sistema de riego en cuanto a las variables y condiciones hidrofílicas caracterizadas.

Para la obtención de los datos de campo se trabajó una parcela por lote seleccionado, tomando en cuenta el sistema de riego así como las técnicas de conducción y nivelación. Siendo el sistema de riego por gravedad el factor común así como la técnica de nivelación por láser.

De cada lote se trabajó una parcela de interés del ingenio por conocer los resultados del estudio, en áreas cuyas texturas de suelo variaron entre arcillosas y francas con igual manejo agronómico y mecánico de suelo pero diferente manejo hidráulico en lo que respecta a la conducción y suministro de agua en los surcos entre los que se identifican la técnica de conducción con tubería fluming y surco o canal abierto.

El trabajo de campo, consistió en el levantamiento de datos en seis surcos ubicados en el área media de la parcela tomando en consideración la estabilidad en el avance del flujo de agua basados en el método de la observación y la técnica de suministro del agua.



Foto 1. Obrero sembrando en los surcos después de la preparación del suelo

### 3.2.5 Procedimientos realizados para el levantamiento de datos:

**3.1.5. a Velocidad de infiltración y lámina de agua acumulada.** Los datos necesarios para el cálculo de ambas variables se obtuvieron a través de la implementación del método del doble cilindro concéntrico (infiltrómetro) ubicando tres juegos de estos por parcela seleccionada, distribuidos espacialmente a lo ancho y largo de la parcela, en forma de zig-zag con el fin de graficar las curvas respectivas.

**3.1.5. b Avance del frente de agua en el surco.** Se registró el tiempo de avance del flujo de agua cada 30m de distancia, en correspondencia con la ubicación de estacas ubicadas simétricamente a lo largo de la longitud total del surco, tomando las muestras aproximadamente a un metro de distancia de la cabecera del surco.



Foto 2. Toma de datos de lámina infiltrada con el método de doble anillo. (L. Cepeda)

### 3.3 Análisis de Datos

**3.2.1. Cálculo de las variables velocidad de infiltración del agua y lámina de agua acumulada,** haciendo uso de los infiltrómetros, se procesaron los valores de la lámina de agua infiltrada y el tiempo que tardó ésta, a través del uso del programa Curvefit, arrojando como resultado los valores “a” y “b”

Fórmula para calcular la velocidad de infiltración.

$$V_{inf} = a \cdot b \cdot t \Delta 1 - b$$

Fórmula para calcular la lámina infiltrada.

$$H_t = a \cdot t \Delta b$$

Donde:

“a” es la lámina media de infiltración en la primera unidad de tiempo

“b” es un factor que caracteriza las propiedades del suelo

“t” es el tiempo de infiltración que se tomó en la muestra

### 3.3.2. Cálculo de la velocidad de avance.

$V=L/T$  Fórmula física para calcular la velocidad, para calcular el avance del frente de agua hasta el final del surco

**V** es la velocidad del agua a través del surco

**L** es la longitud de una estaca a otra

**T** es el tiempo acumulado de llegada del agua a cada estaca

### 3.3. Manejo Agronómico de la caña de azúcar.

#### 3.3.1 El cultivo

El cultivo de la caña de azúcar pertenece a la familia de las gramíneas, género *Saccharum*, las variedades cultivadas son híbridos de la especie *officinarum* y otras afines (*spontaneum*, *edule*, *robustum*.) Un cultivo eficiente puede producir 150 toneladas de caña por hectárea por año (con 14% de sacarosa la cual varía a lo largo de toda la recolección, 14% de fibra y 2% de otros productos solubles). Su periodo de crecimiento varía entre 11 y 17 meses, dependiendo de la variedad de caña y de la zona.

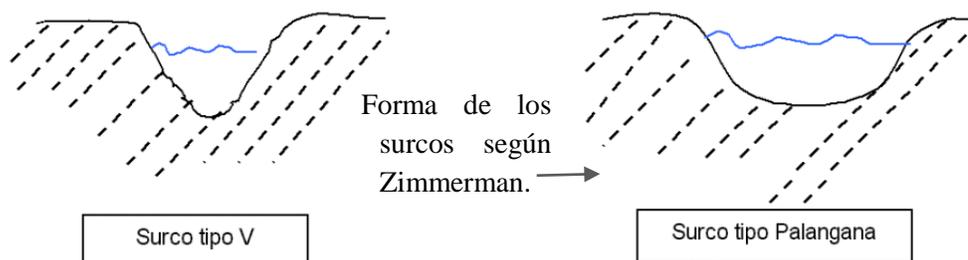
Las variedades que se cultivan dentro de los cuatro lotes estudiados son:

- Salinitas (CP 722086)
- Amalia Martirio (Mex 79431)
- Pellas Esperancita (CP 892113, CP 892143)
- Santa Fe (CP 892143)

#### Geometría de los surcos

En suelos arcillosos con baja velocidad de infiltración se puede aumentar el perímetro mojado haciendo los surcos en forma de U con una anchura de fondo de veinte a cuarenta centímetros. En estos suelos los surcos de sección en U tiene la ventaja sobre los surcos de sección en V.

En los terrenos del Ingenio encontramos los surcos de forma palangana, que según Zimmerman en 1966; los describe como surcos poco profundos y anchos siendo estos los de mejor respuesta según su experiencia.



En los cuatro lotes encontramos surcos de tipo lineal los que normalmente se utilizan según la teoría puesta en práctica cuando se tienen pendientes bastantes planas, las que en este caso se ha logrado gracias a la utilización de la tecnología láser.

### **3.3.2. Laboreo del suelo en el ISA**

La preparación del suelo para siembra está orientada a permitir el desarrollo y anclaje del sistema radicular de la planta.

Las fases de este proceso son:

- **Primera fase:** Donde se realiza dos pases de grada (remueve los surcos viejos y al final deja el suelo mullido).
- **Segunda fase:** Que lleva un pase de ramplona (destruye macollas y afina el suelo).
- **Tercera fase:** Un pase de subsoleo (permite profundidad de hasta 22” en la preparación).
- **Cuarta fase:** El rayado (formación de surcos para la siembra manual). En el caso de la siembra mecanizada, la sembradora forma los surcos.

Dichas actividades se llevaron a cabo en los lotes de Salinitas (38/mz), Amalia Martirio (31.5/mz), Pellas Esperancita (12.87/mz), Santa fe (27/mz), todas realizadas en campo en un lapso de 35 días que comprenden desde el día martes 25 de marzo de 2008, hasta el miércoles 30 del mes de abril del mismo año, durante un tiempo de riego.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Lotes con características de suelos arcillosos

La lamina infiltrada (Figura 3a) se comportó conforme a la velocidad de infiltración (Figura 3b). Obteniéndose para los suelos de *textura arcillosa* (Salinitas y Amalia Martirio) los mayores valores de lámina de agua infiltrada registrándose el dato más alto en los primeros 10 min (Amalia Martirio) con 91 mm de diferencia con respecto a los primeros 5 minutos transcurridos, luego salinitas con 82.71 mm dentro del mismo lapso de tiempo. El registro fue similar en la medida que el tiempo fue avanzando. Estos llegaron a acumular finalmente una lámina de agua 640.3 (Amalia Martirio) y 573.4 mm (Salinitas). Así mismo, se muestra que los lotes (Salinitas y Amalia Martirio) presentan valores de infiltración entre los 0.60 y los 0.68 mm.min<sup>1</sup> respectivamente. Los resultados descritos en la figura N° 3, lo observado en campo y referencias bibliográficas (Infiltración, Paulo Marano) evidencian que el comportamiento de la velocidad de infiltración y lámina infiltrada también está influenciado por el porcentaje de humedad del suelo y el grado de compactación y no solo por la textura misma de este.

El riego aplicado a suelos recién labrados siempre presentan una mayor velocidad de infiltración y cantidad de agua infiltrada, por tanto estos valores son mucho mayor según sea la intensificación del laboreo del suelo lo que al mismo tiempo hace que el avance del agua se vuelva dificultoso y muy lento. (<http://www.unl.edu.ar/ceneha/uploads/PracticoInfiltracion.doc>).

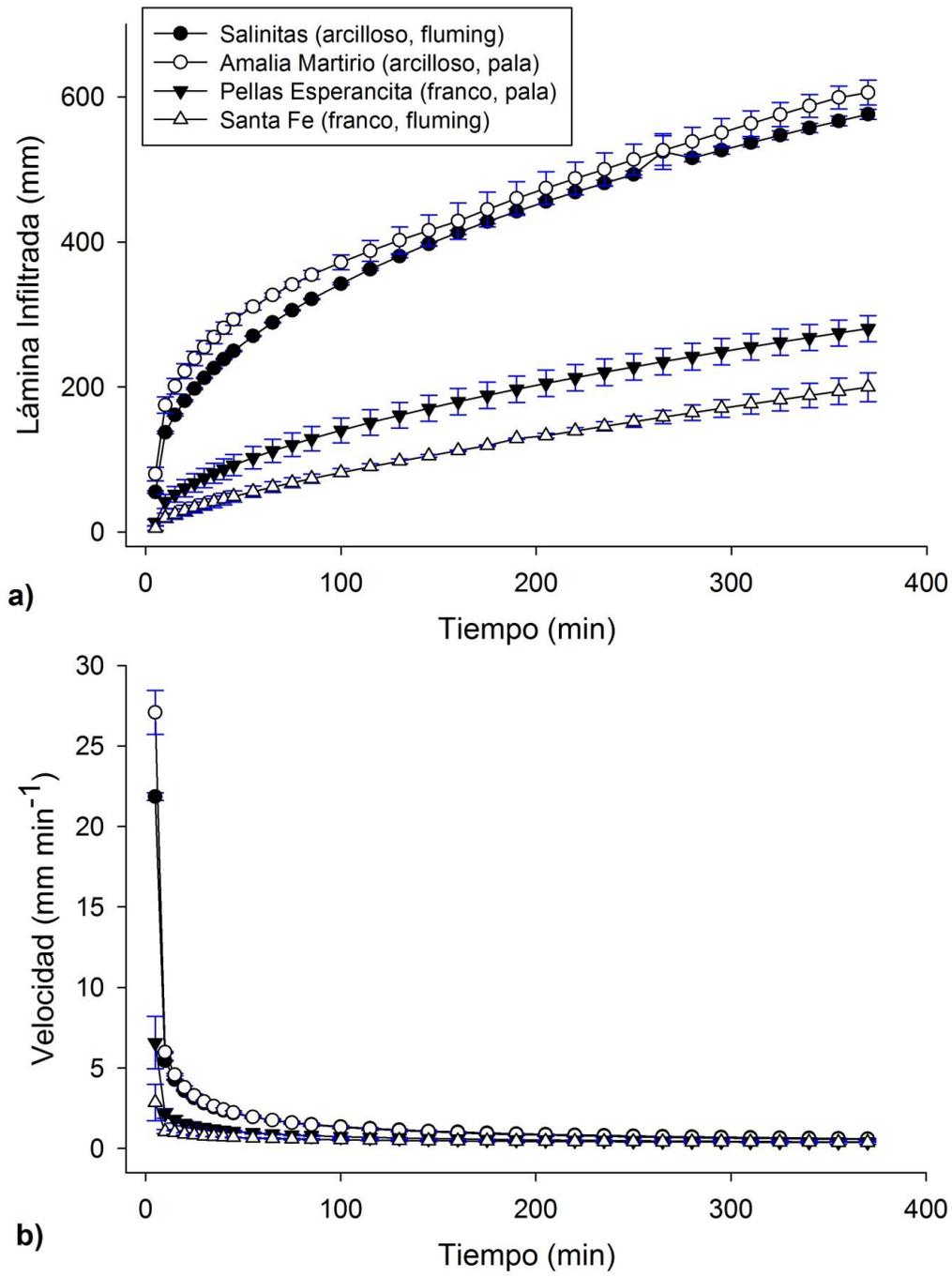
### 4.2 Lotes con características de suelos francos

En lámina infiltrada (figura 3a) el registro no fue semejante para los suelos de *textura franca* (Pellas Esperancita y Santa Fe) los valores más altos para este último se encuentran en los primeros 10 min con 14.4 mm de diferencia con respecto a los primeros 5 min de lámina de agua infiltrada, mientras que Pellas Esperancita presenta datos de 21.88 mm dentro del mismo período, para llegar a un total de lámina acumulada 197.42mm (Santa Fe) y 266.58mm (Pellas Esperancita).

La velocidad con la cual ésta se infiltró oscila entre 0.35 mm.min<sup>1</sup> (Santa Fe) y a los 0.43 mm.min<sup>1</sup> (Pellas Esperancita). Siendo que cada milímetro de agua infiltrado equivale a un litro de agua aplicado por metro cuadrado.

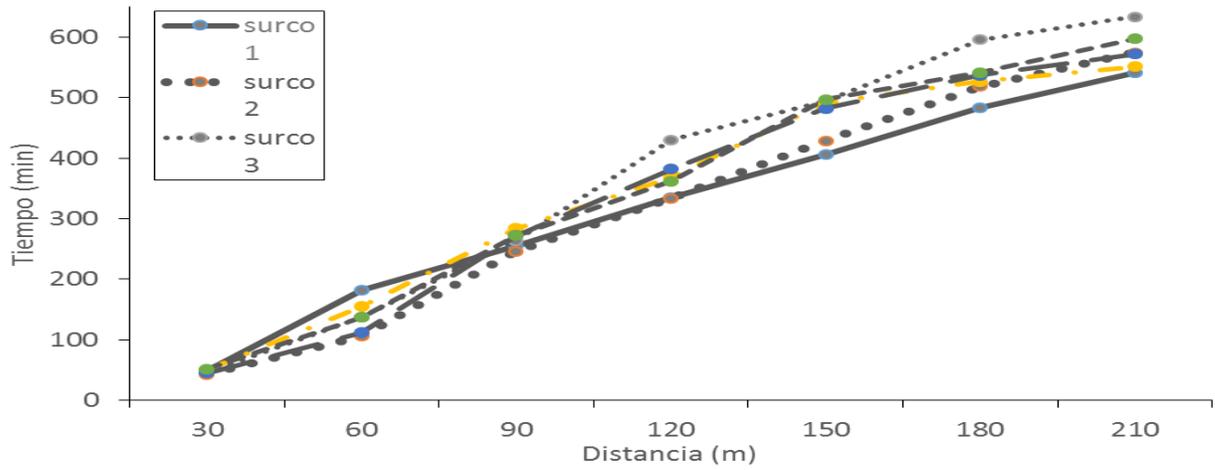


Fotos 4. Toma de datos en suelos

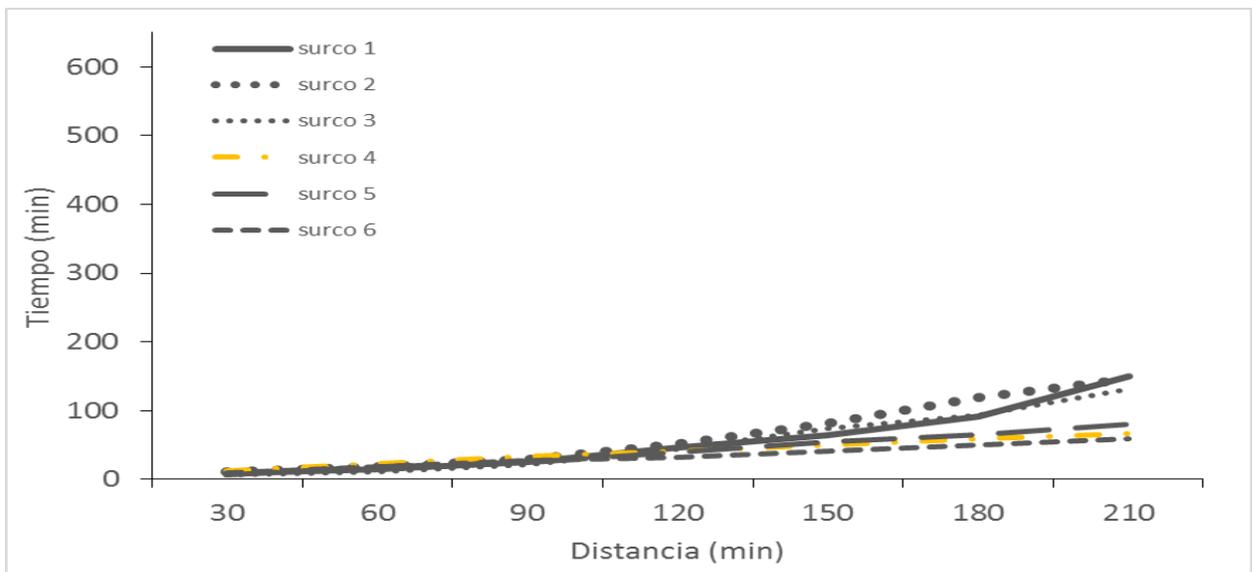


**Figura 1.** Lámmina infiltrada y Velocidad de infiltración en los cuatro lotes estudiados.

## Curvas de avance

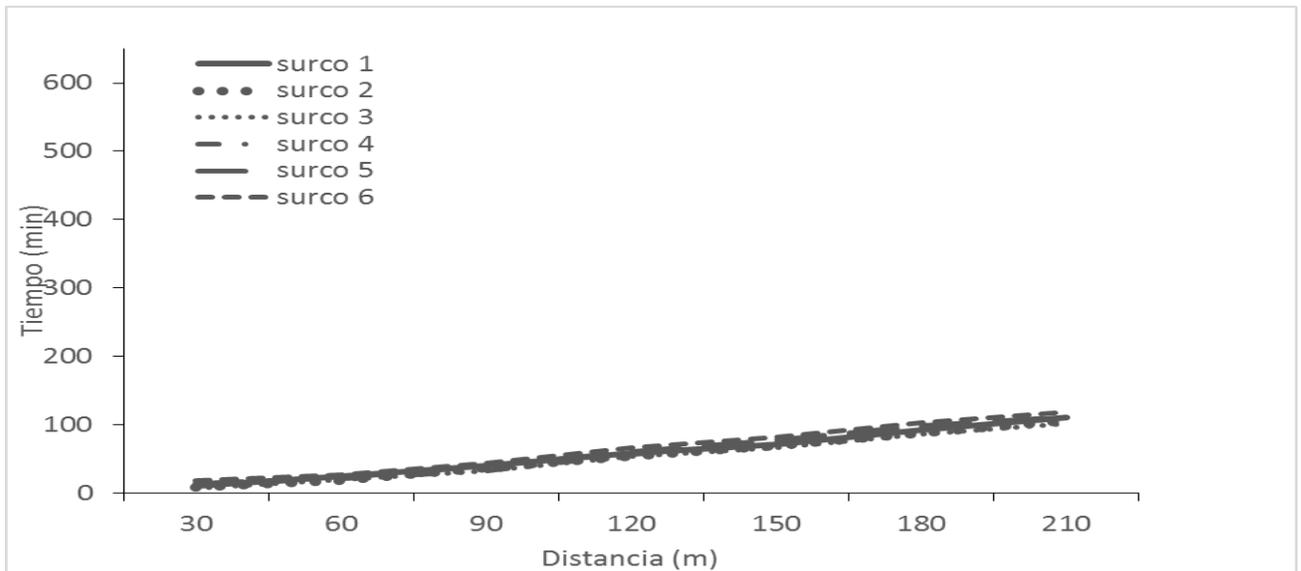


a)

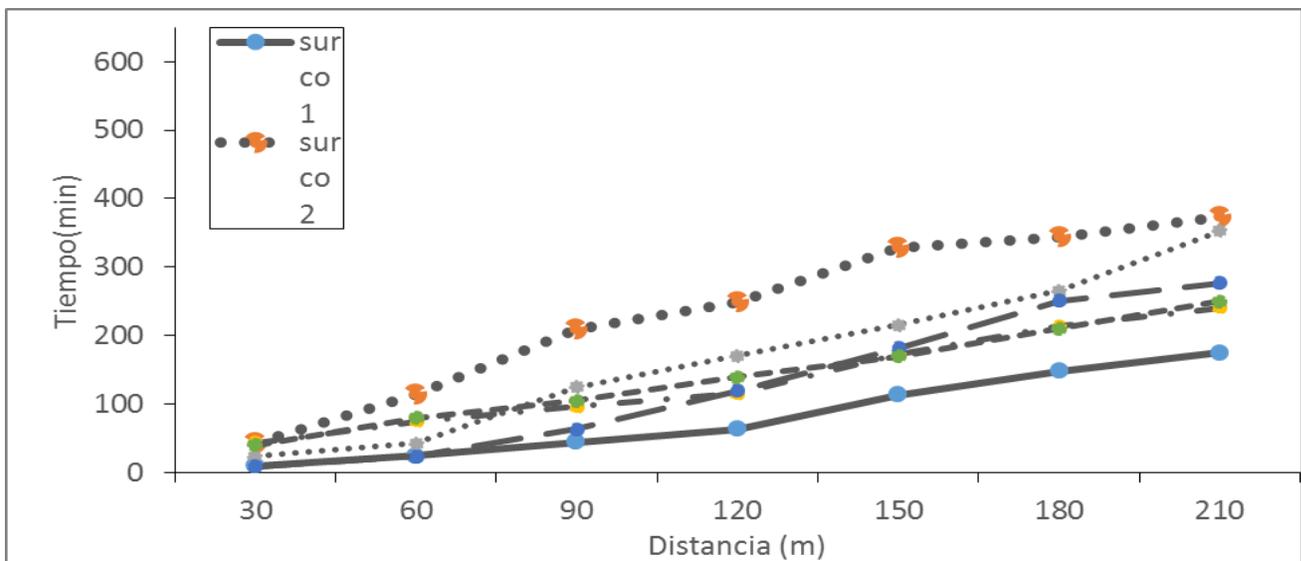


b)

**Figura 2.** Curvas de Avance de seis surcos en las cuatro parcelas bajo estudio: a) Salinitas, b) Amalia Martirio, c) Pellas Esperancita, d) Santa Fe.



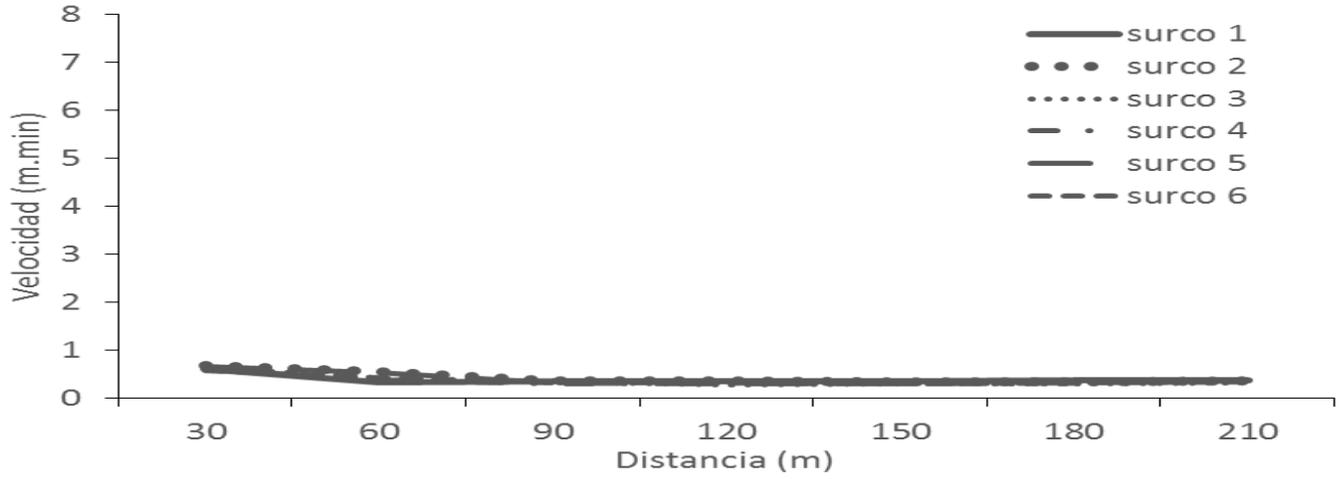
c)



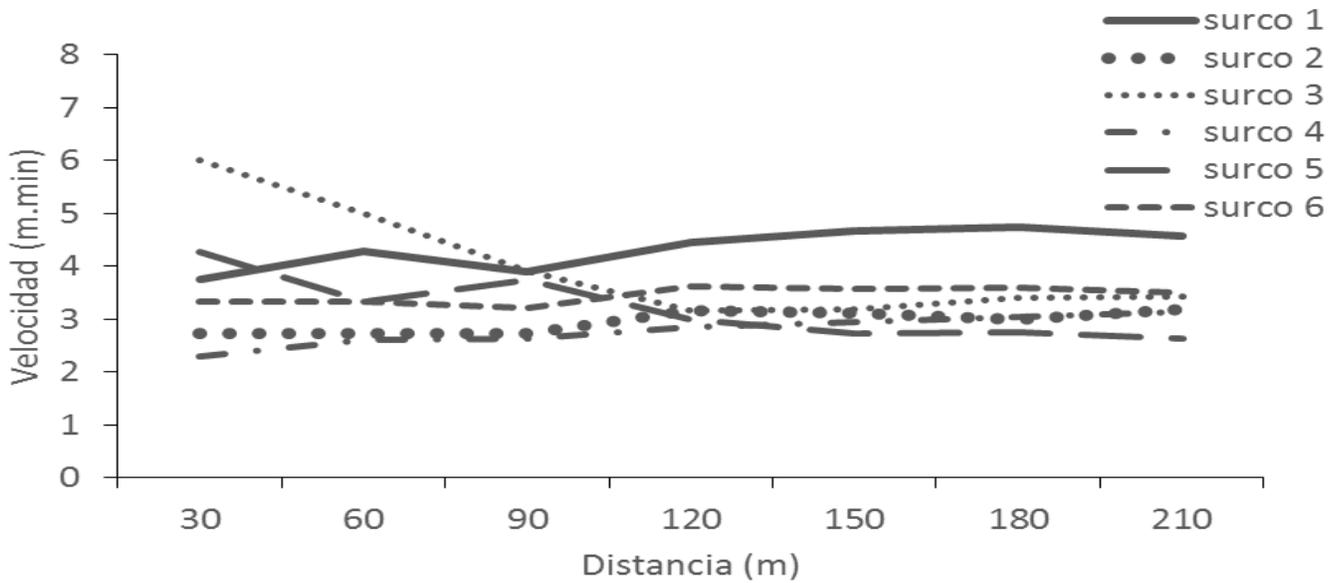
d)

**4.3.** En la figura 2 se puede observar el comportamiento de la curva de avance en los 6 surcos registrados, siendo que en los lotes de Santa Fe y Salinitas el tiempo osciló entre los 380 minutos y 460 minutos respectivamente. En cambio en los lotes Amalia Martirio y Pellas Esperancita se registraron tiempos de avance inferiores a los 170 minutos. En su efecto, se puede constatar que en los lotes en donde la curva de avance registra mayor duración, se aplican mayores volúmenes de agua provocando a su vez una infiltración profunda en la cabecera del riego incidiendo, entre otros factores, en la eficiencia del riego.

### Velocidad de avance

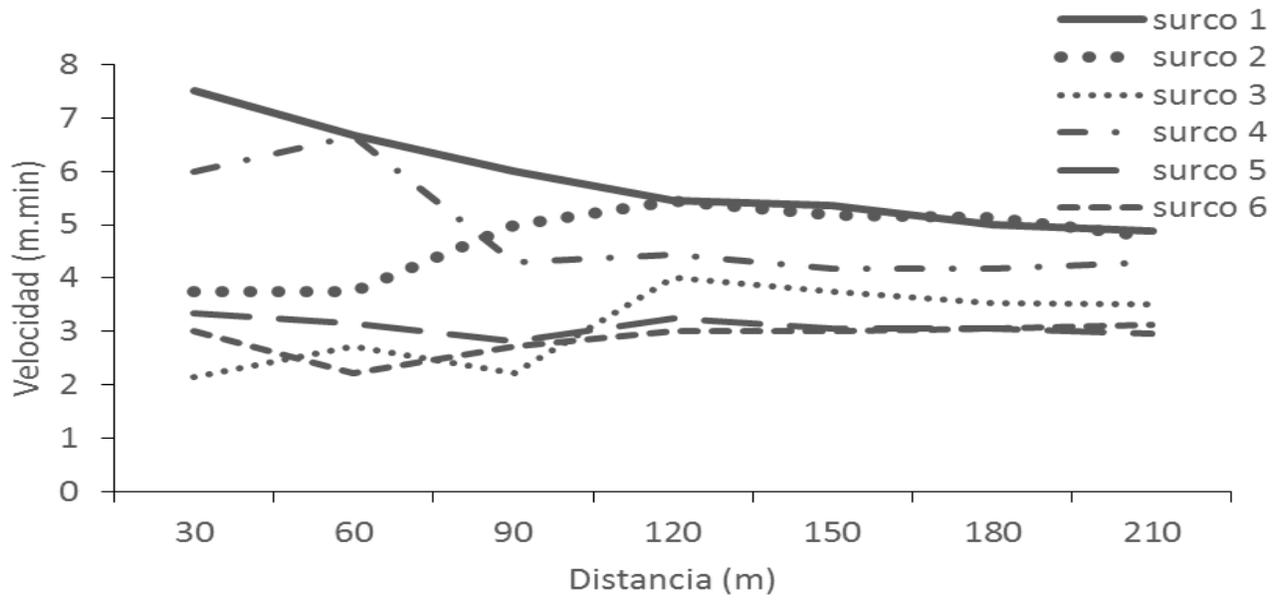


a)

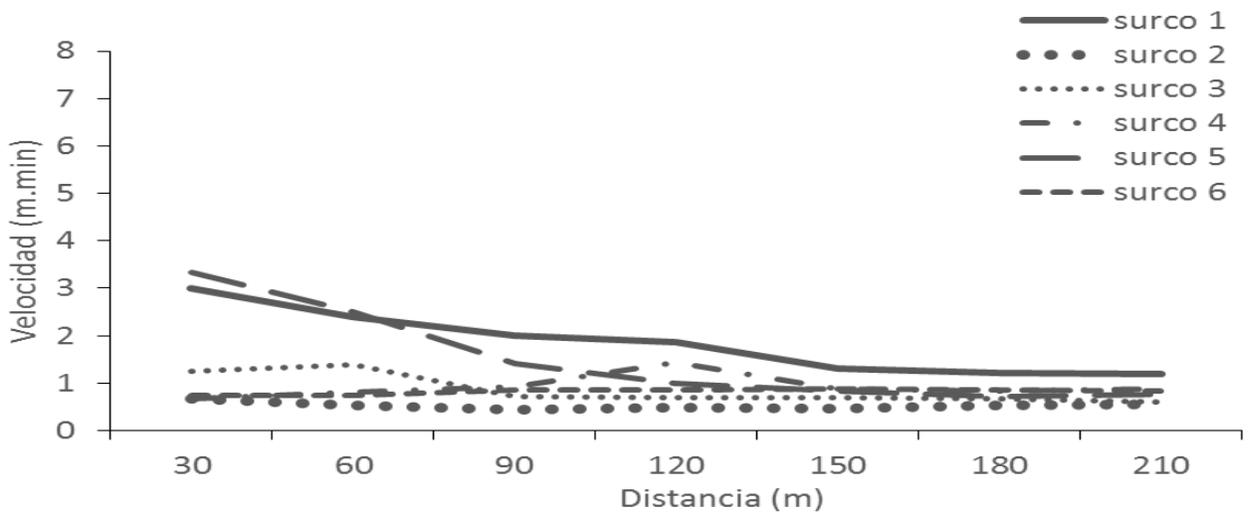


b)

**Figura 3.** Velocidad de avance en seis surcos de los lotes bajo estudio: a) Salinitas, b) Amalia Martirio, c) Pellas Esperancita, d) Santa Fe.



c)



d)

**4.4** La velocidad de avance varía entre los lotes en observación y a lo interno de los mismos. Los lotes donde el agua es llevada a cada uno de los surcos con ayuda de pala o surco abierto (6b y 6c) presentan valores que oscilan entre  $4 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$  y  $6 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ , registrándose con las velocidades más altas; mientras que los lotes que son regados con ayuda de tubería flexible o fluming (6a y 6d) presentan rangos de velocidad entre los  $1.3 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$  y  $3.2 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$  siendo estas las más bajas.

Como característica común los lotes en observación presentan material de residuo de cosechas en cantidades que fácilmente inciden en el comportamiento de la velocidad de avance del agua y proporcionalmente en la curva de avance. La velocidad de avance se da siendo el flujo directamente proporcional a la diferencia de potencial, salvo que ocurra algún obstáculo en el camino” (Véase Foto 5).



Foto 5. Jornaleros del ISA en la labor del riego (alimentación y conducción).

Otro parámetro observado es la pérdida de suelo y con ello los nutrientes del mismo a través de escurrimiento superficial al inicio y final de cada surco lo cual vale la pena cuantificar con el objetivo de conocer el nivel de erosión hídrica y sus efectos en los lotes observados tomando en cuenta que sus efectos son más visibles bajo la técnica con tubería flexible o fluming (Véase Foto 6).



Foto 6. Rompimiento y arrastre de suelo en la defensa de los surcos.

## V. CONCLUSIONES

Para la técnica del riego no se tienen en cuenta las propiedades hidrofísicas del suelo para la selección de la técnica de riego (surco abierto y conducción por fluming o tubería flexible) aunque la mecanización es programada tomando en cuenta la textura, donde los suelos arcillosos son trabajados a mayor profundidad y doble pase de maquinaria.

La preparación del suelo deja demasiado suelta su estructura, en el lote salinitas lo que provoca no solo una infiltración bastante rápida sino un avance muy lento lo que perjudica la infiltración normal o moderada que debería tener la cabecera de los surcos para evitar la percolación profunda.

El área de los lotes descritos presenta volúmenes de residuos de cosechas que inciden el comportamiento de la curva de avance y velocidad de avance, así como la falta de una conducción adecuada del caudal de agua aplicado siendo más evidente en los lotes en donde se practica la técnica de riego por fluming.

Al comparar el comportamiento de la velocidad de infiltración y lámina infiltrada entre los lotes de textura franca y los lotes de textura arcillosa estos datos difieren aún en suelos con la misma textura.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- ✓ Realizar otros estudios basados en investigación experimental que permitan obtener datos de referencia en mejora a la práctica de riego en los lotes observados.
- ✓ Se debe valorar el costo beneficio (económico y ambiental) de un mejor manejo de los residuos de cosecha y el agua.
- ✓ Realizar estudios referentes a la mecanización de los suelos de textura arcillosa con el fin de documentar su efecto en el comportamiento de las propiedades hidro físicas.
- ✓ Limpieza de los surcos debido a los desperdicios de la cosecha anterior lo que limita la eficiencia del riego y por tanto el aprovechamiento del agua por la planta.
- ✓ Nivel de roturación de los surcos con una pendiente adecuada que permita el avance del agua en el surco de forma moderada sin causar erosión en el fondo del surco y el cultivo.

## VII. LITERATURA CITADA

**AGROBIT** (foros de agricultura y riego) (en línea) Argentina. Junio, 2009(consultado el 17 mayo 2011) Disponible en internet en [www.agrobit.com/Info\\_tecnica/agricultura/Riego](http://www.agrobit.com/Info_tecnica/agricultura/Riego)

**Castelar.** Instituto de Suelos. C.I.R.N. INTA, Capítulo II, Labranzas y Propiedades Físicas de los Suelos. pág. 20.

**Chavez Granera, C.A.** 2001. Curvas de índice de sitio para *Eucalyptus camaldulensis* Dehn en plantaciones puras del ingenio san Antonio, Chinandega. Tesis. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua 65 pág.

**Espinoza Salinas, A.** 1990. Análisis de los sistemas de riego presentes en la zona de Rivas. Tesis. UNA. Managua, Nicaragua 70 p.

**FAO.** Riego por surcos alternos en el cultivo de la caña de azúcar. [www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/1043/cuf0101s.pdf](http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/1043/cuf0101s.pdf).

**Fuentes Yague J.L.** Curso de riego para regantes, ministerio de agricultura pesca y alimentación, ediciones mundi-prensa, Madrid 1998; cap. 2.

**Gavande S.A.** 1 972. Física de Suelos. Principios y Aplicaciones. Ed. Limusa Wiley. p 199–232.

**García Soto O.R.** Hidrometría de explotación en sistemas de riego, editorial científico-técnica, 1982-1984, cap. 2.

**Hernandez Sampieri R. Fernandez Collacdo C. Y Baptista L.P.** Metodología de la investigación. McGraw-Hill. México. 2006. 4ª Edición. [https://investigar1.files.wordpress.com/.../1033525612-mtis\\_sampieri\\_unid...](https://investigar1.files.wordpress.com/.../1033525612-mtis_sampieri_unid...)

**Horton, on** extrapolation of algebraic infiltration equation, soil technology, marzo 1988.

**Humbert, R. P.** 1970. El cultivo de la caña de azúcar. La Habana, Cuba. EDITORAL. Fertilización y nutrición (p.153-177, 583 kb) – Cenicaña. [www.cenicana.org/pdf/documentos\\_no...cultivo\\_cana/libro\\_p153-177.p...](http://www.cenicana.org/pdf/documentos_no...cultivo_cana/libro_p153-177.p...)

**INGENIO SAN ANTONIO.** <http://www.nicaraguasugar.com/es/que-producimos/azucar/produccion-agricola/2008>.

**ING. AGR. MSC. RODOLFO C. GIL.** *El agua del suelo.* INTA. pag.numero.<http://www.profertilnutrientes.com.ar/images/archivos/75.pdf>

**Kostiakov, A.M,** 1932. Sobre la dinámica del coeficiente de percolación de agua en suelos y la necesidad de su estudio desde un punto de vista dinámico para propósitos de mejoramiento [en ruso]. Actas de la VI reunión internacional de la sociedad rusa de ciencias del suelo, parte A: 17-29.

**M. S C. Meneses Peralta J.M.** Estación Territorial de Investigación de la Caña de Azúcar Habana–Pinar del Río. (Consultado 10 de junio 2011) Disponible en internet <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba>.

**Marano P.** Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ciencias Agrarias, Cátedra Diagnóstico y Tecnología de Aguas, <http://www.unl.edu.ar/ceneha/uploads/PracticoInfiltracion.doc>

**Perez G.** Tema 2. Propiedades físicas del suelo. - Educarm [www.educarm.es/templates/portal/ficheros/.../20/suelos\\_tema\\_2..pdf](http://www.educarm.es/templates/portal/ficheros/.../20/suelos_tema_2..pdf)  
[http://www.ciclohidrologico.com/infiltracin\\_del\\_agua](http://www.ciclohidrologico.com/infiltracin_del_agua) . Proceso de infiltración

**Piura Lopez J.** Metodología de la investigación científica, mayo 2006, editorial pavsa, cap. 5.

**Pizarro, F.** 1996. Riegos Localizados de Alta Frecuencia. 3ª Edición. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. 511p

**PLA SENTIS I.** 1994. Curso sobre efectos de la labranza en las propiedades físicas de los suelos.

**PYR ARGENTINA.** Riego por Mangas. (en línea) Buenos Aires, Argentina (Consultado 3 de abril 2012). Disponible en internet en [info@pyrargentina.com.ar](mailto:info@pyrargentina.com.ar)

**REL-UITA ORG.** Uso del agua. (en línea) Nicaragua (Consultado en Diciembre de 2013) Disponible en internet en [http://www.rel-uita.org/agricultura/ingenio-san\\_antonio](http://www.rel-uita.org/agricultura/ingenio-san_antonio)

**Rojas, O.E. INETER,** 1987-2001. Managua, Nicaragua. Estudio agro climático para los departamentos de León y Chinandega. Región II de Nicaragua; pág, 105.

**Subiros Ruiz, F.** 1995, san José, Costa Rica; El cultivo de la caña de azúcar, Técnica de riego en surcos, pág. 441. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José Costa Rica. 441p. 1995.

**Tripod. Garrido C, Leturia M, Paiva P;** Efectos del riego sobre la erosión del suelo (en línea), Colombia (Consultado 13 de mayo 2012) Disponible en internet en <http://info.elriego.com/velocidad-de-infiltracion-del-agua-en-distintos-tipos-de-suelo>.

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE NICARAGUA.**  
[www.bvsde.org.ni/Web\\_textos/UNICA/UNICA0016/Antecedentes.p](http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/UNICA/UNICA0016/Antecedentes.p)

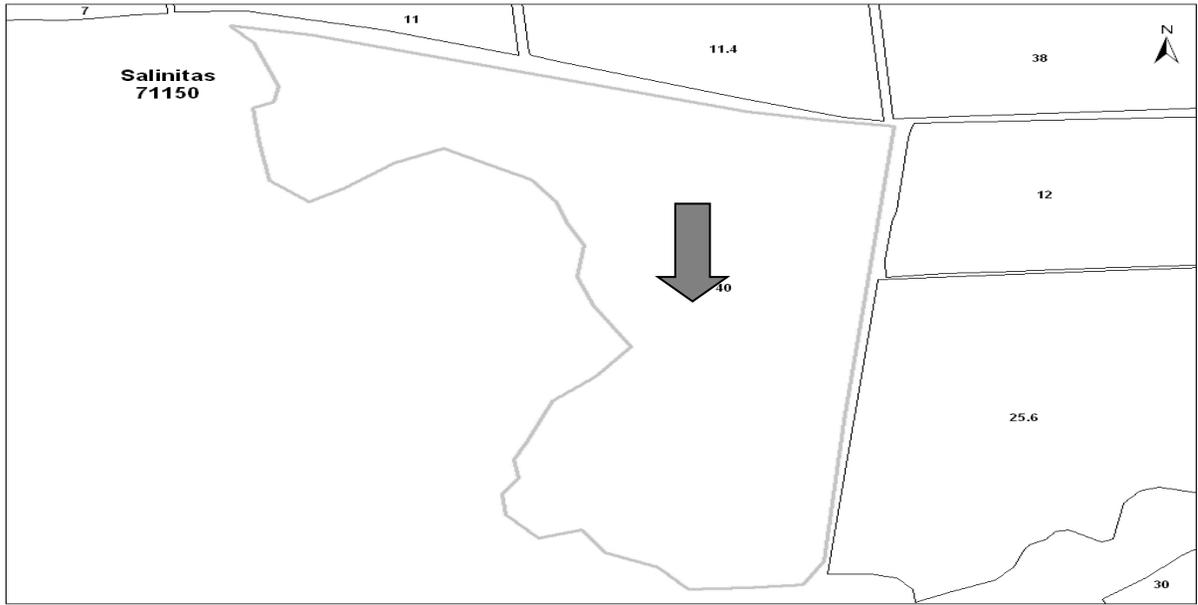
**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.** Situación del Agua para Riego (01 Diciembre de 2009) (En línea) Bolivia (consultado 3 Enero de 2010) disponible en internet en [www.aguabolivia.org/situacionaguaX/IIIEncAguas](http://www.aguabolivia.org/situacionaguaX/IIIEncAguas).

**ZIMMERMAN J. D.,** El riego, julio 1981, editorial continental S.A. sexta edición pag. 338-341.

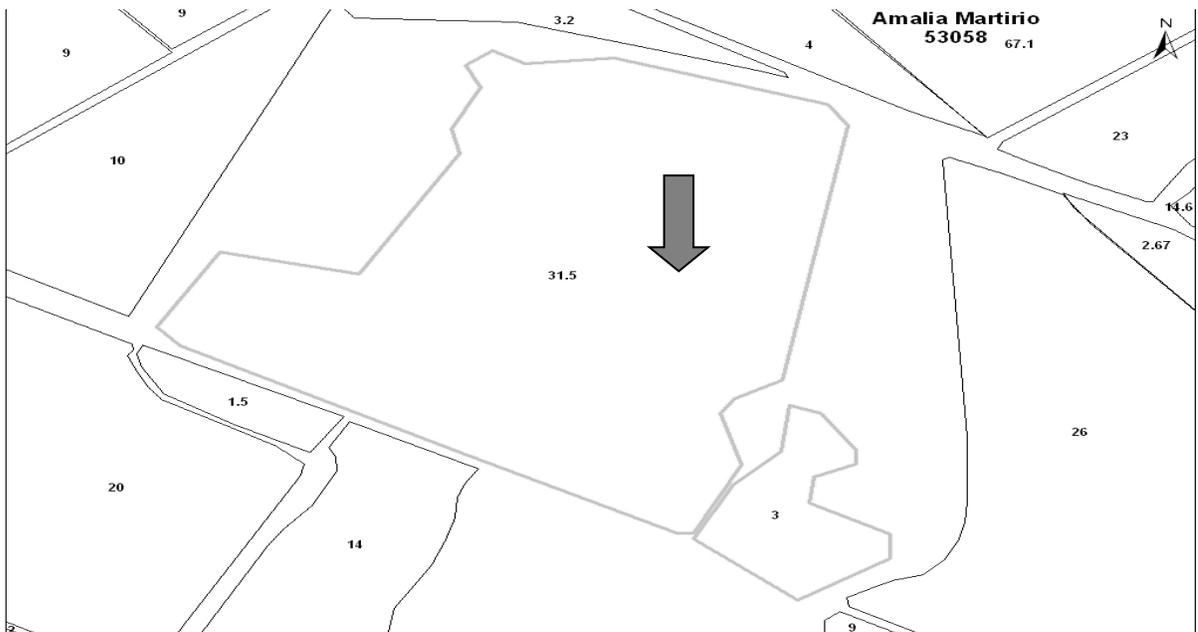
## VII. ANEXOS

### PLANO DE LOS LOTES ESTUDIADOS TOMADO DEL MAPA GENERAL DEL ISA.

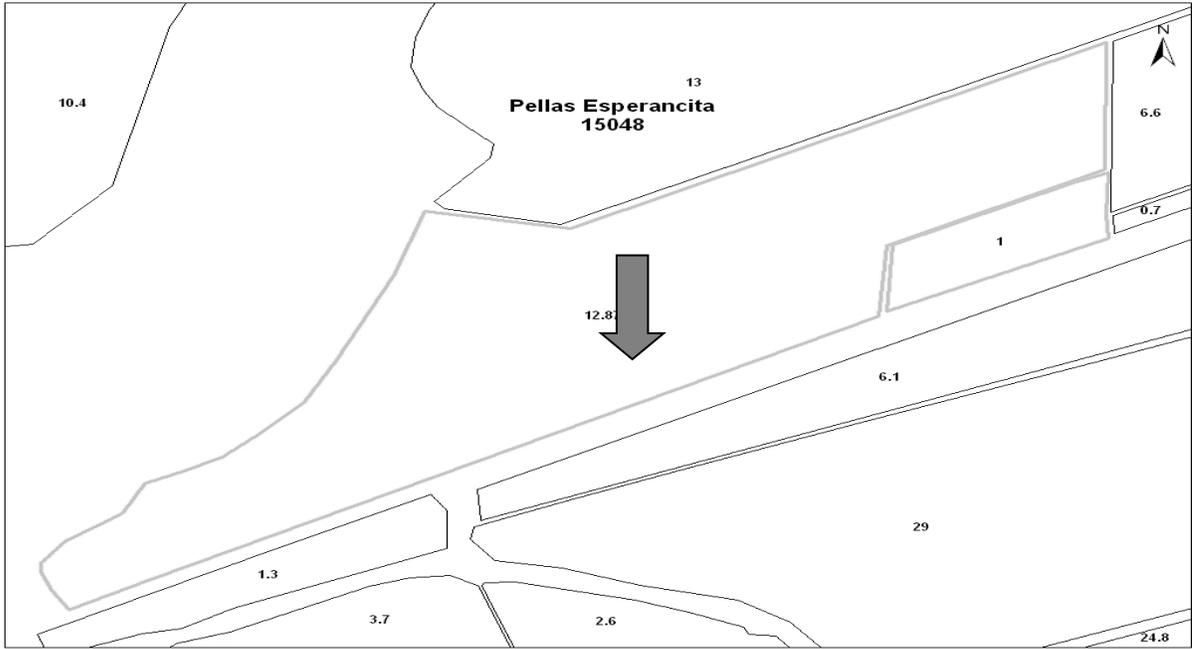
LOTE SALINITAS



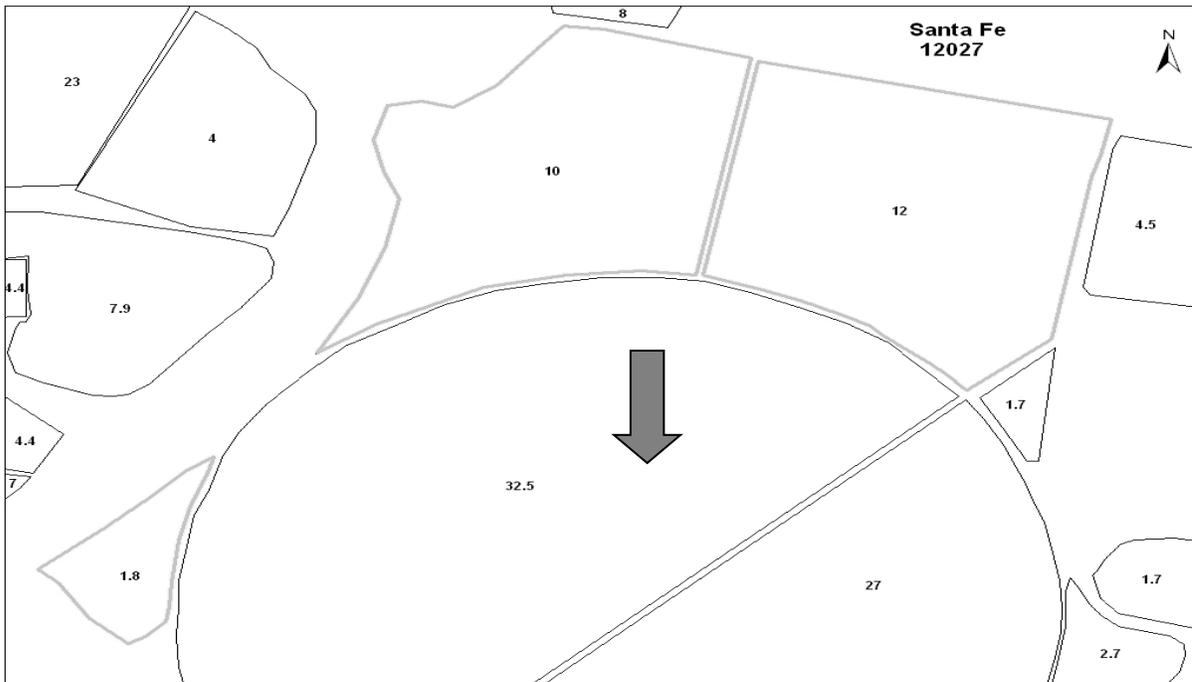
LOTE AMALIA MARTIRIO



LOTE PELLAS ESPERANCITA



LOTE SANTA FE



## Anexo de tablas

### Lámina y velocidad de infiltración

n°	t (min)	Ht (mm)	Ht= a* tΛb (mm)	Vinf= a*b*tΛ1-b (mm.min <sup>-1</sup> )
1	5	90	56.20	22.07
2	10	140	138.91	5.45
3	15	155	162.81	4.26
4	20	185	182.30	3.58
5	25	195	198.99	3.13
6	30	222	213.77	2.80
7	35	235	227.11	2.55
8	40	255	239.35	2.35
9	45	265	250.68	2.18
10	55	275	271.24	1.94
11	65	300	289.63	1.75
12	75	322	306.38	1.60
13	85	345	321.82	1.49
14	100	365	343.03	1.35
15	115	375	362.39	1.24
16	130	386	380.27	1.15
17	145	403	396.94	1.07
18	160	416	412.59	1.01
19	175	430	427.38	0.96
20	190	445	441.40	0.91
21	205	455	454.77	0.87
22	220	465	467.56	0.84
23	235	475	479.83	0.80
24	250	485	491.64	0.77
25	265	495	503.02	0.74
26	280	505	514.02	0.72
27	295	515	524.66	0.70
28	310	520	534.99	0.68
29	325	525	545.01	0.66
30	340	530	554.76	0.64
31	355	535	564.24	0.62
32	370	540	573.49	0.60

Lote Salinitas Tabla 1 (Lamina de agua y velocidad con que esta se infiltro en la primera prueba).

n°	t (min)	Ht (mm)	Ht= a* tΛb (mm)	Vinf= a*b*tΛ1-b (mm.min <sup>-1</sup> )
1	5	85	57.04	22.12
2	10	135	139.34	5.40
3	15	165	163.07	4.22
4	20	185	182.33	3.53
5	25	205	198.81	3.08
6	30	220	213.38	2.76
7	35	235	226.53	2.51
8	40	255	238.57	2.31
9	45	270	249.72	2.15
10	55	285	269.94	1.90
11	65	315	288.01	1.71
12	75	335	304.45	1.57
13	85	355	319.60	1.46
14	100	375	339.34	1.32
15	115	385	359.35	1.21
16	130	395	376.86	1.12
17	145	405	393.16	1.05
18	160	415	408.47	0.99
19	175	425	422.92	0.93
20	190	430	436.62	0.89
21	205	445	449.68	0.85
22	220	455	462.17	0.81
23	235	465	474.15	0.78
24	250	475	485.67	0.75
25	265	485	496.77	0.72
26	280	495	507.49	0.70
27	295	505	517.87	0.68
28	310	515	527.93	0.66
29	325	525	537.70	0.64
30	340	530	547.19	0.62
31	355	535	556.43	0.60
32	370	540	565.44	0.58

Lote Salinitas Tabla 2 (Lamina de agua y velocidad con que esta se infiltro en la segunda prueba).

n°	t (min)	Ht (mm)	Ht= a* t <sup>1/b</sup> (mm)	Vinf= a*b*t <sup>1/b-1</sup> (mm.min <sup>-1</sup> )
1	5	100	62.01	24.48
2	10	150	153.90	6.08
3	15	160	180.63	4.75
4	20	185	202.35	3.99
5	25	205	220.99	3.49
6	30	235	237.48	3.12
7	35	250	252.38	2.84
8	40	270	266.04	2.63
9	45	280	278.71	2.44
10	55	295	301.69	2.16
11	65	320	322.25	1.95
12	75	335	340.98	1.79
13	85	350	358.26	1.66
14	100	370	381.9	1.51
15	115	390	403.67	1.39
16	130	400	423.69	1.29
17	145	410	442.35	1.24
18	160	420	459.88	1.13
19	175	430	476.44	1.07
20	190	435	492.17	1.02
21	205	450	507.16	0.98
22	220	470	521.49	0.94
23	235	480	535.25	0.90
24	250	490	548.49	0.87
25	265	505	561.25	0.84
26	280	511	573.59	0.81
27	295	520	585.53	0.78
28	310	525	597.10	0.76
29	325	540	608.35	0.74
30	340	545	619.28	0.72
31	355	551	629.922	0.70
32	370	555	640.30	0.68

Lote Salinitas Tabla 3 (Lamina de agua y velocidad con que esta se infiltro en la tercera prueba).

n°	t (min)	Ht (mm)	Ht= a* t <sup>1/b</sup> (mm)	Vinf= a*b*t <sup>1/b-1</sup> (mm.min <sup>-1</sup> )
1	5	80	52.12	21.37
2	10	130	133.99	5.49
3	15	155	158.24	4.32
4	20	175	178.05	3.65
5	25	191	195.12	3.20
6	30	225	210.27	2.87
7	35	240	223.99	2.62
8	40	265	236.60	2.42
9	45	275	248.30	2.26
10	55	285	269.60	2.01
11	65	320	288.72	1.82
12	75	335	306.17	1.67
13	85	345	322.30	1.55
14	100	360	344.51	1.41
15	115	380	364.83	1.30
16	130	390	383.65	1.21
17	145	400	401.22	1.13
18	160	410	417.75	1.08
19	175	420	433.38	1.01
20	190	430	448.25	0.96
21	205	445	462.44	0.92
22	220	460	476.03	0.88
23	235	475	489.08	0.85
24	250	485	501.65	0.82
25	265	495	513.78	0.79
26	280	510	525.51	0.77
27	295	525	536.88	0.74
28	310	535	547.91	0.72
29	325	545	558.63	0.70
30	340	555	569.07	0.68
31	355	565	579.23	0.66
32	370	570	589.15	0.64

Lote Amalia Martirio Tabla 4. (Lamina de agua y 24 velocidad con que esta se infiltro en la segunda prueba).

n°	t (min)	Ht (mm)	Ht= a* t <sup>Δ</sup> b (mm)	Vinf= a*b*t <sup>Δ</sup> 1-b (mm.min <sup>-1</sup> )
1	5	5	84..07	27.66
2	10	10	179.32	5.90
3	15	15	204.92	4.49
4	20	20	225.26	3.71
5	25	25	242.42	3.19
6	30	30	257.40	2.82
7	35	35	270.79	2.54
8	40	40	282.96	2.33
9	45	45	294.13	2.15
10	55	55	314.21	1.88
11	65	65	331.96	1.68
12	75	75	347.96	1.53
13	85	85	362.59	1.40
14	100	100	382.50	1.26
15	115	115	400.51	1.15
16	130	130	416.99	1.05
17	145	145	432.25	0.98
18	160	160	446.47	0.92
19	175	175	459.83	0.86
20	190	190	472.44	0.82
21	205	205	484.40	0.78
22	220	220	495.79	0.74
23	235	235	506.67	0.71
24	250	250	517.09	0.68
25	265	265	527.09	0.65
26	280	280	536.73	0.63
27	295	295	547.84	0.61
28	310	310	555.01	0.59
29	325	325	563.70	0.57
30	340	340	572.13	0.55
31	355	355	580.32	0.53
32	370	370	588.27	0.52

Lote Amalia Martirio Tabla 5 (Lamina de agua y velocidad con que esta se infiltro en la segunda prueba).

n°	t (min)	Ht (mm)	Ht= a* t <sup>Δ</sup> b (mm)	Vinf= a*b*t <sup>Δ</sup> 1-b (mm.min <sup>-1</sup> )
1	5	125	93.65	29.12
2	10	165	191.65	5.96
3	15	200	217.41	4.51
4	20	225	237.75	3.70
5	25	255	254.84	3.17
6	30	265	269.71	2.80
7	35	280	282.95	2.51
8	40	310	294.95	2.29
9	45	320	305.95	2.11
10	55	345	316.15	1.84
11	65	360	325.66	1.64
12	75	370	334.59	1.49
13	85	380	343.02	1.36
14	100	390	351.02	1.22
15	115	400	358.53	1.11
16	130	410	365.90	1.02
17	145	420	372.87	0.94
18	160	430	379.56	0.88
19	175	437	398.20	0.81
20	190	443	415.08	0.78
21	205	450	430.57	0.74
22	220	455	444.91	0.71
23	235	462	458.30	0.68
24	250	470	474.90	0.65
25	265	477	490.30	0.62
26	280	483	504.70	0.60
27	295	488	518.25	0.58
28	310	493	537.21	0.56
29	325	499	554.79	0.54
30	340	504	571.21	0.52
31	355	508	586.65	0.51
32	370	513	589.14	0.50

Lote Amalia Martirio Tabla 6 (Lamina de agua y velocidad con que esta se infiltro en la primera prueba).

n°	t (min)	Ht (mm)	Ht= a* t <sup>1/b</sup> (mm)	Vinf= a*b*t <sup>1-b</sup> (mm.min <sup>-1</sup> )
1	5	18	7.0	4.30
2	10	25	28.88	1.77
3	15	36	37.07	1.52
4	20	42	44.25	1.36
5	25	50	50.76	1.25
6	30	58	56.79	1.16
7	35	65	62.44	1.09
8	40	74	67.79	1.04
9	45	82	72.89	0.99
10	55	90	82.47	0.92
11	65	99	91.40	0.86
12	75	106	99.82	0.81
13	85	112	107.81	0.78
14	100	120	119.15	0.73
15	115	127	129.85	0.69
16	130	133	140.03	0.66
17	145	140	149.77	0.63
18	160	145	159.12	0.61
19	175	150	168.15	0.59
20	190	155	176.87	0.57
21	205	160	185.35	0.55
22	220	165	193.58	0.54
23	235	170	201.60	0.53
24	250	175	209.43	0.51
25	265	178	217.07	0.50
26	280	191	224.56	0.49
27	295	194	231.89	0.48
28	310	197	239.07	0.47
29	325	200	246.13	0.46
30	340	203	253.06	0.45
31	355	206	259.87	0.44
32	370	209	266.58	0.43

Lote Pellas Esperancita 7 (Lamina de agua y velocidad con que esta se infiltro en la primera prueba).

n°	t (min)	Ht (mm)	Ht= a* t <sup>1/b</sup> (mm)	Vinf= a*b*t <sup>1-b</sup> (mm.min <sup>-1</sup> )
1	5	45	21.40	9.74
2	10	58	61.05	2.77
3	15	65	73.43	2.23
4	20	75	83.70	1.90
5	25	85	92.66	1.69
6	30	105	100.68	1.53
7	35	116	108.00	1.40
8	40	126	114.77	1.31
9	45	134	121.09	1.22
10	55	145	132.68	1.10
11	65	152	143.16	1.00
12	75	160	152.80	0.93
13	85	168	161.76	0.87
14	100	176	174.19	0.79
15	115	184	185.63	0.73
16	130	190	196.29	0.69
17	145	196	206.29	0.65
18	160	202	215.75	0.61
19	175	208	224.73	0.58
20	190	211	233.31	0.56
21	205	215	241.52	0.54
22	220	220	249.41	0.52
23	235	225	257.02	0.50
24	250	230	264.36	0.48
25	265	235	271.47	0.47
26	280	240	278.36	0.45
27	295	245	285.05	0.44
28	310	250	291.56	0.43
29	325	255	298.42	0.42
30	340	260	304.09	0.41
31	355	265	310.12	0.40
32	370	270	316.02	0.39

Lote Pellas Esperancita Tabla 8 (Lamina de agua y velocidad con que esta se infiltro en la segunda prueba).

n°	t (min)	Ht (mm)	Ht= a* t <sup>Δ</sup> b (mm)	Vinf= a*b*t <sup>Δ</sup> 1-b (mm.min <sup>-1</sup> )
1	5	25	10.50	5.69
2	10	36	36.57	1.98
3	15	42	45.56	1.65
4	20	50	53.25	1.44
5	25	58	60.01	1.30
6	30	65	65.71	1.20
7	35	74	72.12	1.12
8	40	82	77,54	1.05
9	45	90	82.65	0.99
10	55	99	92.14	0.91
11	65	106	100.88	0.84
12	75	112	109.01	079
13	85	120	116.66	0.74
14	100	127	127.40	0.69
15	115	133	137.43	0.65
16	130	140	146.87	0.61
17	145	145	155.83	0.58
18	160	150	164.47	0.56
19	175	155	172.55	0.53
20	190	160	180.41	0.51
21	205	165	188.00	0.50
22	220	170	195.34	0.48
23	235	175	202.44	0.47
24	250	178	209.35	0.45
25	265	191	216.07	0.44
26	280	194	222.61	0.43
27	295	197	229.00	0.42
28	310	200	235.24	0.41
29	325	203	241.34	0.40
30	340	206	247.31	0.39
31	355	209	253.17	0.39
32	370	212	258.91	0.38

Lote Pellas Esperancita Tabla 9 (Lamina de agua y velocidad con que esta se infiltro en la tercera prueba).

n°	t (min)	Ht (mm)	Ht= a* tΛb (mm)	Vinf= a*b*tΛ1-b (mm.min <sup>-1</sup> )
1	5	18	1.12	1
2	10	22	8.98	1
3	15	27	12.96	8
4	20	31	81	6
5	25	35	57	4
6	30	37	26	3
7	35	40	88	2
8	40	42	46	1
9	45	45	00	0
10	55	49	96	8
11	65	54	80	7
12	75	58	54	6
13	85	62	62.20	5
14	100	66	05	5
15	115	70	75	4
16	130	74	91.33	3
17	145	78	0.81	3
18	160	82	0.20	2
19	175	85	9.50	2
20	190	87	8.73	1
21	205	90	137.88	1
22	220	93	5.97	0
23	235	96	5.00	0
24	250	99	4.98	9
25	265	103	8.91	9
26	280	106	2.78	9
27	295	109	1.62	9
28	310	112	0.40	8
29	325	115	9.15	8
30	340	118	7.86	8
31	355	121	5.53	7
32	370	124	5.17	7

Lote Santa Fe Tabla 10 (Lamina de agua y velocidad con que esta se infiltro en la primera prueba).

n°	t (min)	Ht (mm)	Ht= a* tΛb (mm)	Vinf= a*b*tΛ1-b (mm.min <sup>-1</sup> )
1	5	15	4.08	2.68
2	10	19	18.48	1.21
3	15	25	24.11	1.06
4	20	28	29.12	0.96
5	25	32	33.71	0.89
6	30	35	37.99	0.83
7	35	41	42.03	0.79
8	40	43	45.88	0.75
9	45	48	49.56	0.72
10	55	55	56.54	0.67
11	65	60	63.09	0.64
12	75	65	69.29	0.61
13	85	70	75.22	0.58
14	100	75	83.69	0.55
15	115	80	91.72	0.52
16	130	85	99.40	0.50
17	145	90	106.79	0.48
18	160	95	113.91	0.47
19	175	102	120.81	0.45
20	190	108	127.50	0.44
21	205	115	134.02	0.43
22	220	120	140.37	0.42
23	235	125	146.58	0.41
24	250	132	152.65	0.40
25	265	140	158.60	0.39
26	280	148	164.43	0.38
27	295	155	170.16	0.38
28	310	160	175.79	0.37
29	325	164	181.32	0.37
30	340	168	186.77	0.36
31	355	172	192.14	0.35
32	370	176	197.42	0.35

Lote Santa Fe Tabla n° 11 (Lamina de agua y velocidad con que esta se infiltro en la tercera prueba).

n°	t (min)	Ht (mm)	Ht= a* tΛb (mm)	Vinf= a*b*tΛ1-b (mm.min <sup>-1</sup> )
1	5	20	10.46	4.89
2	10	25	30.73	1.14
3	15	29	37.14	1.16
4	20	33	42.50	0.99
5	25	38	47.18	0.88
6	30	42	51.38	0.80
7	35	46	55.22	0.74
8	40	50	58.79	0.69
9	45	55	62.12	0.64
10	55	65	68.24	0.58
11	65	70	73.79	0.53
12	75	75	78.90	0.49
13	85	80	83.66	0.46
14	100	85	90.27	0.42
15	115	90	96.37	0.39
16	130	95	102.06	0.37
17	145	100	107.41	0.35
18	160	105	112.47	0.33
19	175	110	117.29	0.31
20	190	115	130.55	0.30
21	205	120	126.31	0.29
22	220	124	130.55	0.28
23	235	128	134.64	0.27
24	250	130	138.60	0.26
25	265	134	142.43	0.25
26	280	138	146.15	0.24
27	295	141	149.76	0.24
28	310	144	153.28	0.23
29	325	147	156.71	0.22
30	340	150	160.05	0.22
31	355	153	163.32	0.21
32	370	156	166.51	0.21

Tabla 12. Datos de pruebas de avance, obtenidos en primera muestra seleccionada en el Lote de Salinitas.

## Muestras de Avance

### Lote Salinitas

Muestra 1		surco 1		surco 2		Surco 3		Surco 4		Surco 5		Surco 6	
n°	Longitud (m)	Tiempo (min)	V=L/T (m/min <sup>-1</sup> )										
1	<b>30</b>	49	0.638	47	0.697	47	0.638	47	0.600	45	0.667	52	0.576
2	<b>60</b>	182	0.437	137	0.566	137	0.437	137	0.387	112	0.535	137	0.437
3	<b>90</b>	255	0.340	264	0.365	264	0.340	264	0.316	272	0.330	272	0.331
4	<b>120</b>	335	0.279	430	0.359	430	0.279	430	0.326	382	0.314	362	0.331
5	<b>150</b>	406	0.303	494	0.349	494	0.303	494	0.305	482	0.311	497	0.302
6	<b>180</b>	483	0.302	596	0.346	596	0.302	596	0.341	537	0.335	542	0.332
7	<b>210</b>	541	0.331	634	0.365	634	0.331	634	0.381	572	0.367	597	0.352

Muestra 2		surco 1		surco 2		Surco 3		Surco 4		Surco 5		Surco 6	
n°	distancia (m)	Tiempo (min)	V=L/T (m/min <sup>-1</sup> )										
1	<b>30</b>	18	1.667	16	1.875	23	1.304	15	2.000	20	1.500	14	2.143
2	<b>60</b>	35	1.714	49	1.224	41	1.463	31	1.935	33	1.818	27	2.222
3	<b>90</b>	57	1.578	71	1.267	59	1.525	45	2.000	44	2.045	42	2.142
4	<b>120</b>	77	1.558	90	1.333	85	1.411	64	1.875	55	2.181	68	1.764
5	<b>150</b>	113	1.327	121	1.239	118	1.271	91	1.648	69	2.173	101	1.485
6	<b>180</b>	189	0.952	192	0.937	201	0.895	167	1.077	125	1.440	177	1.017
7	<b>210</b>	239	0.878	233	0.901	248	0.846	235	0.893	194	1.082	224	0.938

Tabla 14. Datos de pruebas de avance, obtenidos en la segunda muestra seleccionada en el Lote de Salinitas.

## Muestras de Avance

### Lote Amalia Martirio

Muestra 1		surco 1		surco 2		Surco 3		Surco 4		Surco 5		Surco 6	
n°	distancia (m)	t (min)	V=L/T m/min <sup>-1</sup>										
1	<b>30</b>	8	3.750	11	2.727	5	6.000	13	2.307	7	4.285	9	3.333
2	<b>60</b>	14	4.285	22	2.727	12	5.000	23	2.608	18	3.333	18	3.333
3	<b>90</b>	23	3.913	33	2.727	23	3.913	34	2.647	24	3.750	28	3.214
4	<b>120</b>	27	4.444	38	3.157	38	3.157	42	2.857	40	3.000	33	3.636
5	<b>150</b>	32	4.680	48	3.125	47	3.191	51	2.941	55	2.727	42	3.571
6	<b>180</b>	38	4.736	60	3.000	53	3.396	59	3.050	65	2.769	50	3.600
7	<b>210</b>	46	4.565	66	3.181	61	3.442	67	3.134	80	2.625	60	3.500

Tabla 15. Datos de pruebas de avance, obtenidos en la primera muestra seleccionada en el Lote de Amalia Martirio.

Muestra 2		surco 1		surco 2		Surco 3		Surco 4		Surco 5		Surco 6	
n°	distancia (m)	t (min)	V=L/T m/min <sup>-1</sup>										
1	<b>30</b>	15	2.000	14	2.142	14	2.142	13	2.307	13	2.307	15	2.000
2	<b>60</b>	33	1.818	24	2.500	25	2.400	25	2.400	22	2.727	29	2.068
3	<b>90</b>	43	2.093	38	2.368	35	2.571	38	2.368	32	2.812	33	2.727
4	<b>120</b>	53	2.264	51	2.352	49	2.448	49	2.448	44	2.727	52	2.307
5	<b>150</b>	62	2.419	66	2.272	64	2.343	61	2.459	56	2.678	67	2.238
6	<b>180</b>	77	2.337	77	2.337	74	2.432	74	2.432	66	2.727	85	2.117
7	<b>210</b>	93	2.258	86	2.441	85	2.470	85	2.470	79	2.658	100	2.100

Tabla 16. Datos de pruebas de avance, obtenidos en la segunda muestra seleccionada en el Lote de Amalia Martirio.

**Muestras de Avance**  
**Lote Pellas Esperancita**

Muestra 1		surco 1		surco 2		Surco 3		Surco 4		Surco 5		Surco 6	
n°	Distancia (m)	Tiempo (min)	V=L/T m/min <sup>-1</sup>										
1	<b>30</b>	4	7.500	8	3.750	14	2.142	5	6.000	9	3.333	10	3.000
2	<b>60</b>	9	6.667	16	3.750	22	2.727	10	6.667	19	3.157	27	2.222
3	<b>90</b>	15	6.000	18	5.000	28	2.214	21	4.285	32	2.812	33	2.727
4	<b>120</b>	22	5.455	22	5.454	30	4.000	27	4.444	37	3.243	40	3.000
5	<b>150</b>	28	5.357	29	5.172	40	3.750	36	4.167	49	3.061	50	3.000
6	<b>180</b>	36	5.000	35	5.143	51	3.529	43	4.186	59	3.051	59	3.051
7	<b>210</b>	43	4.884	44	4.773	60	3.500	49	4.286	71	2.958	67	3.134

Tabla 17 Datos de pruebas de avance, obtenidos en la primera muestra seleccionada en el Lote de Pellas Esperancita.

Muestra 2		surco 1		surco 2		Surco 3		Surco 4		Surco 5		Surco 6	
n°	distancia (m)	Tiempo (s)	V=L/T m/min <sup>-1</sup>	t min	V=L/T m/min <sup>-1</sup>								
1	<b>30</b>	5	6.000	6	5.000	7	4.285	7	4.285	5	6.000	5	6.000
2	<b>60</b>	12	5.000	13	4.615	14	4.285	13	4.615	8	7.500	7	8.571
3	<b>90</b>	21	4.285	35	2.571	26	3.461	35	2.571	13	6.923	11	8.181
4	<b>120</b>	41	2.926	44	2.727	38	3.157	45	2.667	17	7.058	16	7.500
5	<b>150</b>	47	3.191	52	2.884	46	3.260	57	2.631	23	6.521	21	7.142
6	<b>180</b>	50	3.600	54	3.333	50	3.600	59	3.050	25	7.200	25	7.200
7	<b>210</b>	62	3.387	69	3.043	65	3.230	76	2.763	33	6.363	34	6.176

Tabla 18 Datos de pruebas de avance, obtenidos en la primera muestra seleccionada en el Lote de Pellas Esperancita.

## Muestras de Avance

### Lote Santa Fe

Muestra 1 n°	distancia (m)	surco 1		surco 2		Surco 3		Surco 4		Surco 5		Surco 6	
		T (min)	V=L/T m/min <sup>-1</sup>	T (min)	V=L/T (m/min <sup>-1</sup> )	t (min)	V=L/T m/min <sup>-1</sup>						
1	<b>30</b>	10	3.000	44	0.681	24	1.250	44	0.681	9	3.333	40	0.750
2	<b>60</b>	25	2.400	114	0.526	43	1.390	75	0.800	24	2.500	80	0.750
3	<b>90</b>	45	2.000	209	0.430	125	0.720	96	0.937	64	1.406	105	0.857
4	<b>120</b>	64	1.875	249	0.481	171	0.701	115	1.430	120	1.000	140	0.857
5	<b>150</b>	114	1.315	329	0.455	216	0.694	172	0.872	182	0.824	170	0.882
6	<b>180</b>	148	1.216	344	0.523	266	0.676	214	0.841	251	0.717	210	0.857
7	<b>210</b>	175	1.200	374	0.561	353	0.594	241	0.871	277	0.758	250	0.840

Tabla 19. Datos de pruebas de avance, obtenidos en la primera muestra seleccionada en el Lote de Santa Fe.

Muestra 2 n°	distancia (m)	surco 1		surco 2		Surco 3		Surco 4		Surco 5		Surco 6	
		t (min)	V=L/T m/min <sup>-1</sup>	T (min)	V=L/T m/min <sup>-1</sup>	t (min)	V=L/T m/min <sup>-1</sup>	t min	V=L/T m/min <sup>-1</sup>	t min	V=L/T m/min <sup>-1</sup>	t min	V=L/T m/min <sup>-1</sup>
1	<b>30</b>	15	2.000	39	0.769	26	1.153	49	0.612	11	2.727	48	0.625
2	<b>60</b>	35	1.714	109	0.550	46	1.304	79	0.759	26	2.307	86	0.697
3	<b>90</b>	55	1.636	204	0.441	126	0.714	99	0.909	61	1.475	129	0.697
4	<b>120</b>	66	1.818	244	0.491	171	0.701	119	1.008	121	0.991	170	0.705
5	<b>150</b>	115	1.304	314	0.477	221	0.678	169	0.887	181	0.828	225	0.667
6	<b>180</b>	150	1.200	334	0.538	271	0.664	219	0.821	251	0.717	280	0.642
7	<b>210</b>	175	1.200	364	0.576	336	0.625	246	0.853	277	0.758	320	0.656

Tabla 20. Datos de pruebas de avance, obtenidos en la segunda muestra seleccionada en el Lote de Santa Fe.

### Formato de Avance de agua en los surcos

Lote: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Muestra: \_\_\_\_\_

Estaca c/d 30 mtrs.	rco 1	rco 2	rco 3	rco 4	rco 5	rco 6
tación 1						
tación 2						
tación 3						
tación 4						
tación 5						
tación 6						
tación 7						
tación 8						
tación 9						
tación 10						

#### OBSERVACIONES

---

---

---

---

---

---

