

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

CUANTIFICACIÓN DEL APOORTE DE AGUA CAPILAR PARA LA PROGRAMACIÓN
DEL RIEGO EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR, EN LA CUENCA DEL RÍO ACOMÉ
TESIS DE GRADO

ROBERTO ESTYVEN ILLESCAS OVALLE
CARNET 26825-03

ESCUINTLA, SEPTIEMBRE DE 2014
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

CUANTIFICACIÓN DEL APOORTE DE AGUA CAPILAR PARA LA PROGRAMACIÓN
DEL RIEGO EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR, EN LA CUENCA DEL RÍO ACOMÉ
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
ROBERTO ESTYVEN ILLESCAS OVALLE

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

ESCUINTLA, SEPTIEMBRE DE 2014
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR:	P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA:	DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN:	DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:	LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL:	LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO:	DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA:	LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA:	ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA:	MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

LIC. OTTO RENÉ CASTRO LOARCA

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

DRA. MARÍA ANTONIETA ALFARO VILLATORO

MGTR. ADÁN OBISPO RODAS CIFUENTES

ING. GUSTAVO ADOLFO MÉNDEZ GÓMEZ

Escuintla, 11 de Julio del 2014.

Honorable Consejo
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he revisado el informe final de tesis del alumno Roberto Estyven Illescas Ovalle con número de carné 26825-03, título de la tesis: CUANTIFICACIÓN DEL APORTE DE AGUA CAPILAR PARA LA PROGRAMACIÓN DEL RIEGO EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Sacharum spp.*) EN LA ADMINISTRACIÓN LA FELICIDAD UBICADA EN LA CUENCA DEL ACOMÉ EN EL ESTRATO LITORAL DEL PACÍFICO; el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la facultad para ser sometido a su revisión por la terna que se designe para su aprobación final.

Atentamente,



Ing. Otto René Castro Loarca
Colegiado No. 495



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06158-2014

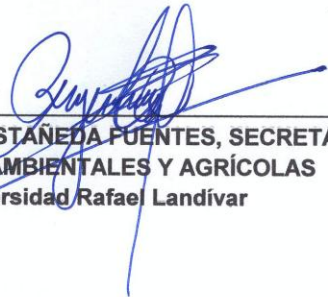
Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante ROBERTO ESTYVEN ILLESCAS OVALLE, Carnet 26825-03 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 0649-2014 de fecha 2 de agosto de 2014, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

CUANTIFICACIÓN DEL APORTE DE AGUA CAPILAR PARA LA PROGRAMACIÓN
DEL RIEGO EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR, EN LA CUENCA DEL RÍO ACOMÉ

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, al día 1 del mes de septiembre del año 2014.


ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios por darme la oportunidad de dar un paso más en la vida y brindarme la sabiduría necesaria para alcanzarlo.

Mi familia por todo el apoyo brindado durante todos los días de mi vida.

Ing. Otto Castro por asesorarme durante la investigación realizada.

Ingenio Magdalena por permitirme terminar mis estudios y el apoyo en la investigación realizada.

DEDICATORIA

A:

DIOS: Por su infinita misericordia y amor, quien me ha dado fortaleza en los momentos difíciles en de mi vida.

Mi madre y abuela: Albertina Ovalle y Yolanda Ovalle a quienes me apoyaron y me apoyan todos los días para poder seguir el camino de la vida de una forma correcta, y a quienes siempre voy a querer mucho.

A mis hijas: Jazmín Araceli y Yaneth Clarisa quienes son el motor de mi vida y que fueron el motivo de seguir adelante para darles un futuro mejor.

A mi hermano y amigos: Que también me motivaron para seguir y culminar algo que había empezado, con el mayor aprecio.

ÍNDICE

	Página
I INTRODUCCIÓN.....	1
II MARCO TEÓRICO.....	2
2.1 IMPORTANCIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN GUATEMALA Y SU DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	2
2.2 EL RIEGO EN LA ZONA CAÑERA GUATEMALTECA.....	2
2.3 EL AGUA EN EL SUELO.....	4
2.4 CAPILARIDAD EN EL SUELO.....	4
2.5 CICLO HIDROLÓGICO.....	6
2.6 POZOS DE OBSERVACIÓN.....	7
2.7 SONDA DE NEUTRONES.....	7
2.8 PIEZOMETROS.....	8
2.9 RIEGO EN CAÑA DE AZÚCAR.....	8
2.10 COEFICIENTE DE CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	8
2.11 CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	9
2.12 FENOLOGÍA DEL CULTIVO.....	9
2.13 INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	11
III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	13
IV OBJETIVOS.....	14
4.1 GENERAL.....	14
4.2 ESPECÍFICOS.....	14
V MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
5.1 LOCALIZACIÓN.....	15
5.2 MATERIAL EXPERIMENTAL.....	15
5.2.1 Pozos de observación.....	15
5.2.2 Sonda de neutrones.....	15
5.2.3 Piezómetros.....	15
5.2.4 Factores estudiados.....	16
5.3 MODELO ESTADÍSTICO.....	16
5.4 CROQUIS DE CAMPO.....	17
5.5 MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	17
5.5.1 Medición de la humedad residual proveniente del aporte capilar.....	18
5.5.2 Muestreo de suelos.....	19
5.5.3 Medición de las alturas del nivel freático.....	18
5.5.4 Medición del comportamiento biológico de la caña de azúcar.....	19
5.5. Medición del comportamiento del clima.....	19
5.6 VARIABLES RESPUESTA.....	19
5.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	20

VI	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
6.1	CUANTIFICACIÓN DEL APORTE DE AGUA CAPILAR, LÁMINA DE REPOSICIÓN, FRECUENCIAS DE RIEGO Y TIEMPOS DE RIEGO.....	21
6.2	LA LÁMINA RESIDUAL Y SU RELACIÓN CON LOS PORCENTAJES DE LIMO	24
6.3	NIVEL FREÁTICO Y LÁMINA DE AGUA RESIDUAL.....	26
6.4	MODELOS ENTRE LA RELACIÓN DE NIVEL FREÁTICO Y EL AGUA EXISTENTE EN EL SUELO	29
6.5	CUANTIFICACIÓN DEL USO Y AHORRO DEL AGUA.....	34
6.6	DIFERENCIA EN TONELADAS DE CAÑA POR HECTAREA (TCH) PARA LOS POZOS CON RIEGO Y SIN RIEGO.....	35
VII	CONCLUSIONES	39
VIII	RECOMENDACIONES	41
IX	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
X	ANEXO	45
10.1	TEXTURAS.....	45
10.2	MUESTREO DE SUELOS	47
10.3	MODELO DE REGRESIÓN.....	52

CUANTIFICACIÓN DEL APORTE DE AGUA CAPILAR PARA LA PROGRAMACIÓN DEL RIEGO EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR, EN LA CUENCA DEL RIO ACOMÈ

RESUMEN

El tema de capilaridad en el suelo ha sido poco estudiada para el cultivo de caña de azúcar en la región cañera guatemalteca, por lo que la presente evaluación consistió en determinar el efecto del aporte de agua capilar en la zona de litoral. Se tomaron como objetivos cuantificar el aporte de agua capilar, así como también encontrar la relación que tiene con el nivel freático. Cuantificar el beneficio económico en cuanto al posible ahorro de energía por la aplicación de volúmenes de agua más bajos, analizar el comportamiento de la producción en toneladas de caña por hectárea (TCH) en áreas con y sin riego respecto al nivel freático. La evaluación se realizó utilizando como herramienta de medición la sonda de neutrones, en piezómetros que fueron ubicados en la finca La Felicidad. Se obtuvieron las texturas de los diferentes puntos de evaluación en todo el perfil (cada 0.10 m), y se realizó una calibración de la sonda de neutrones, para luego obtener una regresión que ayudara en la estimación del porcentaje de humedad que luego fuera convertido a volumen hasta llevarlo a lámina de agua. Los resultados obtenidos muestran que entre mayor limo en la textura, es mayor el aporte capilar que se obtiene en los estratos que están superficiales (si el perfil mantiene la textura), la relación entre el nivel freático y el agua contenida en el suelo presenta coeficientes de correlación bajos por la variabilidad de perfiles. También se estimó un ahorro por aporte capilar por hectáreas (ha) desde los \$ 8.00 a \$10.00; la producción no tiene relación a la cantidad de lluvia debido a la distribución que existió de la misma en los períodos evaluados.

QUANTIFICATION OF THE CAPILLARY WATER CONTRIBUTION FOR IRRIGATION PROGRAMMING IN SUGARCANE CROPS, IN THE ACOME RIVER BASIN

SUMMARY

The topic of soil capillarity has been studied little in sugarcane crops in the sugarcane region of Guatemala, therefore this study consisted of determining the effect of the water capillary contribution in the coastal zones. The objectives of the study were to quantify the contribution of capillary water, and find the relation that it has with the groundwater level; quantify the economic benefits in terms of possible energy savings due to lower volumes of water application, analyze the behavior of the production in tons of cane per hectare (TCH) in areas with and without irrigation respect the water table. The evaluation is held using the neutron probe as a measuring tool, in piezometers on La Felicidad farm. The different textures of different points were obtained for the evaluation in the whole profile (every 0.10m), and a calibration of the neutron probe was done, to later obtain the regression that will help in the estimation of the moisture percentage that will then be converted to volume, leading to the water layer. The results obtained show that the higer siltin the soil texture is greates the capillary contribution is obtained in the superficial strata (if the profile keeps the texture), the relation between the water table and the water contained in the soil has low correlation coefficients due to the variability of the profiles. It was also estimated that there was a savings for the capillary contribution per hectare (ha) between \$8.00 and \$10. 00; the production has no relation to the amount of rain due to the distribution that existed of the same in the evaluated periods.

I INTRODUCCIÓN

La residualidad del agua que queda en el suelo, se pierde gradualmente dependiendo de la porosidad y porcentaje de arena limo y arcilla que este contenga.

El período de residualidad del agua de suelo y de su movimiento capilar para el aprovechamiento de este recurso en el cultivo de caña de azúcar, no ha sido cuantificado al momento. Tomando en cuenta el alto costo de la energía fósil hoy día, es necesario determinar el aporte de la humedad residual en el suelo después de la época lluviosa, ya que esta puede ser un parámetro para saber cuánto y cuándo regar. El estudio de este tema contribuye a reducir el consumo de agua y el gasto de combustible para poder aplicarla a los campos de cultivo.

Para ello se realizó la evaluación en parcelas sin riego durante dos períodos de época seca. Se utilizó una sonda de neutrones como el cuantificador de la humedad en el suelo. Se obtuvo el porcentaje de humedad volumétrica que existía al momento del monitoreo.

La relación entre el nivel freático y el porcentaje de humedad gravimétrica que convertido a lámina de agua es relativamente proporcional y depende de la recarga hídrica de la temporada de lluvia anterior.

II MARCO TEÓRICO

2.1 IMPORTANCIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN GUATEMALA Y SU DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La caña de azúcar juega un papel relevante en la economía nacional llegando en el 2012 a generar 803.45 millones de dólares por divisas en exportaciones (Banco de Guatemala, 2013). La Agroindustria Azucarera guatemalteca se ha desarrollado en la planicie costera del océano Pacífico, entre las coordenadas 13° 55' - 14° 40' latitud Norte y 90° 30' - 91 ° 45' longitud Oeste, en donde -con un área sembrada de 220,000 hectáreas (zafra 2007 / 2008) de un potencial de 342,000 hectáreas- se produce el 99.7 por ciento del total del azúcar de Guatemala. En esta zona se ubican 11 de los 14 ingenios que funcionan en la actualidad (Banco de Guatemala, 2013).

La agroindustria contribuye sustancialmente dentro de la economía del país; según el Banco de Guatemala, (2013); en el año 2006 la exportación de azúcar representó el 4.9 por ciento del producto interno bruto (PIB), y el 23 por ciento del total de las divisas generadas por los principales productos; así mismo es una fuente importante de la generación de 65,000 empleos directos con salarios superiores a los mínimos.

2.2 EL RIEGO EN LA ZONA CAÑERA GUATEMALTECA

El manejo del riego en diferentes áreas de la zona cañera guatemalteca se ha realizado de una manera de sostenimiento, lo cual da una oportunidad de mejora. Es de importancia evaluar su respuesta de tipo económica, en cuanto a las tasas de retorno de capital por concepto de riego (Castro, 2005).

Según la zafra 2,007/2008, en la zona cañera del total de área manejada por los ingenios asociados a CENGICAÑA, se riegan 128,709 has. lo que representa un 72% y sin riego 34,293 el 28% restantes de un total de 163,002 ha, reportadas. Del área irrigada el 17% se realiza bajo sistemas con surcos (surcos continuos y surcos alternos) y el 83% regada con sistemas presurizados, (aspersión, miniaspersión, mecanizado (pivotes y avances frontales) (Castro, 2009)

La programación del riego en la industria azucarera, debe efectuarse a través de un análisis combinado de parámetros: suelo (textura, capacidad del suelo de retener humedad), fenología (etapas fenológicas de la caña de azúcar más sensibles al agua, clima (demanda hídrica de la caña de azúcar en función de la demanda climática y etapa fenológica) y criterios de operación de la caña de azúcar (época de corte, manejo del suelo, aporte capilar, sistema de riego, etc.), (Castro, 2005).

La programación del riego es una herramienta importante para mejorar la eficiencia y economía del riego. La eficiencia se logra al conseguir que el agua disponible sea oportuna en el momento que la caña de azúcar la requiera (¿Cuándo regar?) a la vez, que las cantidades de agua no causen estrés hídrico (¿Cuánto regar?). La economía se obtiene al establecer programas de riego con frecuencias y tiempos de riego acordes al tipo de suelo, fenología de la caña de azúcar, y estrato altitudinal y el aporte capilar que exista en la zona (Castro, 2009).

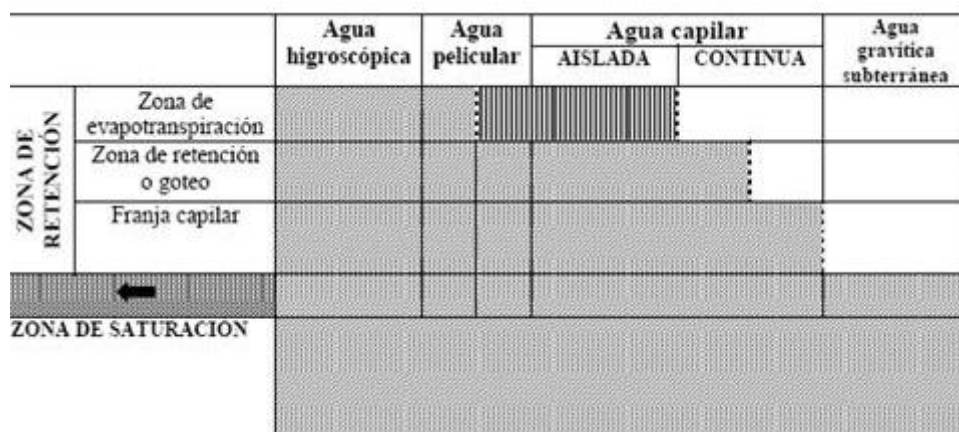
Es importante mantener un nivel adecuado de humedad en el suelo para obtener la mayor producción, esto se logra regando cuando hay que hacerlo y evacuando el agua de sobra con un buen sistema de drenaje. Para efectos de riego se ha evaluado que el riego precorte, que es aplicado hasta el final de la etapa de elongación, antes de la maduración, en la zona cañera es considerado como una tecnología de innovación en lo que respecta a la investigación sobre el efecto de su aplicación y la rentabilidad que el mismo proporciona (Castro y Rosales, 2008).

Este riego precorte debe de ser una actividad agronómica importante que debe de programarse, especialmente, en las siembras o cortes que se realizan en el tercer tercio de zafra, el cual se justifica debido a que el crecimiento y desarrollo de la etapa de elongación se realiza en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, meses con déficit hídrico, pero tomando en cuenta que la consideración del aporte capilar del suelo por algún canal de riego que se encuentre con una buena altura de espejo de agua pueda mantener la humedad necesaria para que el cultivo se desarrolle por completo (Castro y Rosales, 2008).

2.3 EL AGUA EN EL SUELO

El cambio de la humedad en el suelo, está determinado por el comportamiento de la precipitación, la aplicación del riego, textura, en algunos casos por el aporte capilar (componentes de entrada al sistema o ganancias); evaporación, transpiración, percolación y escorrentía (componentes de salida del sistema o perdidas). En la aplicación del agua para riego no debe de existir percolación ni escorrentía, en estas condiciones el modelo del balance hídrico se simplifica para la aplicación en dos situaciones: Con aporte capilar y sin aporte capilar, haciendo ver que para algunos suelos no aplicaría la utilización de este modelo porque si existe aporte (Castro, 2005).

Figura 1. Tipos de agua en el suelo.



(Castany, 1975)

2.4 CAPILARIDAD EN EL SUELO

La capilaridad es la cualidad que posee una sustancia de absorber a otra. Sucede cuando las fuerzas intermoleculares adhesivas entre el líquido y el sólido son mayores que las fuerzas intermoleculares cohesivas del líquido. Este es el mismo efecto que causa que materiales porosos absorban líquidos tal es el caso del suelo, en el que el movimiento capilar puede darse de forma horizontal, y/o vertical (Castro, 2005).

La adsorción entre las partículas activas del suelo y el agua y fuerzas osmóticas, propias de la fase líquida y explicada por concentración de iones, explican la capilaridad de las arcillas. En la adsorción influyen la adherencia y la tensión superficial, siendo esta última la propiedad de un líquido en la interface "líquido-gas", por la cual las moléculas de la superficie soportan la misma fuerza de tensión (Castro, 2009).

La tensión capilar es favorecida por la fuerza de atracción que ejercen las paredes de un delgado tubo del tamaño de un capilar sobre un líquido, la componente vertical de esta fuerza de adhesión que se une a la propia fuerza de cohesión del suelo provocando el vencimiento de la fuerza gravitacional. El líquido asciende a una altura donde se iguala la resultante de las fuerzas de adhesión y cohesión con la fuerza gravitacional (Manilla, Valdez, Garnica & Martínez, 2002).

Las fuerzas capilares trabajan en todos los suelos humedecidos. Sin embargo, la medición del movimiento del agua por capilaridad es menor que el que se suscita en la base de contacto agua-suelo. Una razón es que los poros no son uniformes y largos como el caso de un tubo capilar. Además, algunos poros están llenos de aire, el cual puede ser atrapado, aminorando o impidiendo el movimiento de agua por capilaridad (Manilla, et al., 2002).

Una diferencia importante que presenta el régimen de flujo ascendente es que el gradiente del potencial matricial tiene signo contrario al del gradiente gravitacional y debe ser mayor que este en el valor absoluto a fin de que haya flujo ascendente. Esto requiere que el potencial matricial se haga mas negativo al aumentar la altura por encima del nivel de agua subterránea. Un potencial matricial más negativo significa menor capilaridad o menor permeabilidad no saturada. La permeabilidad reducida compensa el aumento del gradiente que resulte al reducirse el potencial matricial en la superficie del suelo. El resultado es una elevación fuerte del potencial de agua y del gradiente del contenido de agua en la superficie del suelo y una limitación en la rapidéz del ascenso del agua desde la tapa freática en condiciones de estado estacionario (Baver, Gardner, & Gardner, 1973).

Muchos suelos arenosos se califican de carentes de estructura o se dice que tienen estructura granular suelta, porque pocas partículas se adhieren unas a otras cuando el suelo está seco. Sin embargo, las partículas se adhieren mutuamente en condiciones naturales cuando tales suelos están húmedos; estos exhiben entonces muchas propiedades físicas semejantes a las de los suelos agregados de fina textura (Baver, et al., 1973).

Las materias coloides del suelo causan la cementación de las partículas primarias en agregados estables. La agregación estable no puede producirse en las arenas y limos si faltan coloides haciendo el efecto capilar más difícil. (Baver, et al., 1973).

2.5 CICLO HIDROLÓGICO

La atmósfera constituye una delgada capa gaseosa turbulenta, sometida a fuertes influencias térmicas que condicionan los procesos hidrometeorológicos, en donde la radiación solar juega un papel importante en las fases del ciclo hidrológico (Remenieras, 1974).

También Herrera (1995) dice que se puede suponer que el ciclo hidrológico empieza con la evaporación del agua de los océanos, y el vapor de agua que resulta es trasladado por las masas de aire en movimiento, se condensa forma nubes y luego se precipitan a la superficie y luego esta se distribuye de varias formas, escurriendo hacia ríos y lagos, otra se infiltra y llega hasta depósitos subterráneos para luego regresar a la superficie, evaporarse nuevamente y regresar a la atmósfera para repetir el ciclo.

En cualquier caso, el ciclo hidrogeológico es una herramienta fundamental en el estudio de la disponibilidad de agua, que se puede analizar para un país, región, cuenca hidrográfica o a nivel de finca (Herrera, 1995).

2.6 POZOS DE OBSERVACIÓN

Constituyen estaciones dedicadas exclusivamente al monitoreo, se ubican y diseñan para detectar cambios potenciales del flujo y de la calidad del agua subterránea. Sus parámetros de diseño incluyen: la profundidad de la rejilla de entrada, la frecuencia de las mediciones (en caso de no ser continuas) (Tuinhof, Stephen, Karin, Garduño & Nani, 2006).

Utilizados para el monitoreo de pozos mecánicos para el control de niveles y abatimientos, así como el comportamiento de acuíferos subterráneos con fines de bombeo. Su diseño dependerá de lo que el investigador desee medir.

2.7 SONDA DE NEUTRONES

La sonda de neutrones consiste principalmente de dos partes: la sonda con su blindaje, y el sistema electrónico de lecturas.

El blindaje de la sonda es un cilindro metálico sellado de 3 a 5 cm de diámetro y de 20 a 30 cm de longitud. Éste contiene una fuente radioactiva de ^{241}Am - ^9Be que emite neutrones rápidos, un detector de neutrones lentos y un pre-amplificador. La señal del pre-amplificador pasa a través de un cable de 5 a 20 metros de longitud al sistema electrónico de lecturas (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2003).

Cuando la sonda está fuera de su blindaje de protección, el operador está expuesto a radiación gamma y neutrones rápidos. Esta exposición debe ser absolutamente evitada. El diseño de la sonda permite que la fuente salga de su blindaje e ingrese inmediatamente dentro del tubo de acceso colocado en el perfil del suelo, evitando así una excesiva exposición a la radiación (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2003).

Varios estudios han demostrado que la sonda de neutrones sigue siendo el mejor sensor para medir la humedad del suelo.

2.8 PIEZÓMETROS

El piezómetro se utiliza para medir la presión de poros en el suelo o el nivel de agua en perforaciones, terraplenes, cañerías y estanques a presión. La aplicación más común es para determinar la presión de agua en el terreno o el nivel del agua, en el cual se introduce el aparato de medición (Geodata Andina, 2014).

Es un tubo de aluminio de 2.5" de diámetro sellado en su parte inferior para evitar que el agua entre y con tapa en la parte que va en la superficie.

2.9 RIEGO EN CAÑA DE AZÚCAR

La adecuación de los sistemas de riego en caña de azúcar ha hecho que se modifiquen y se hagan uso de otras herramientas que puedan dar mejores resultados. El tomar decisiones como regar o no regar ha dado resultados determinantes en las cifras económicas de los últimos años, por lo que está comprobado de la respuesta de dicho cultivo al riego.

Las láminas y frecuencias están influenciadas por la evapotranspiración (EVT) del cultivo, así como también por el factor de crecimiento K_c del mismo en sus diferentes etapas fenológicas. El K_c representa la aptitud de la caña de azúcar a evapotranspirar, aptitud que varía durante el ciclo de cultivo, es una constante importante que determina la demanda hídrica de la caña de azúcar. Y la EVT representa la demanda hídrica de la caña de azúcar. La EVT está en función de la aptitud de la caña de azúcar a evapotranspirar en cada una de las etapas fenológicas y la demanda climática representado por la evapotranspiración potencial (ETP), siendo la etapa de elongación de la caña de azúcar (180 días) la etapa de mayor demanda hídrica. Aunque comercialmente se utilizan láminas de 45 mm en riegos tipo cañón con frecuencias de 15 a 18 días (Castro, 2005).

2.10 COEFICIENTE DE CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

El coeficiente de cultivo (K_c) describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección. Actualmente en el Centro Guatemalteco de Investigación y

Capacitación de Caña de Azúcar, se han realizado estudios de los coeficientes de cultivo para la caña de azúcar en diferentes condiciones de suelo y etapas de cultivo, en los diferentes ambientes de la zona cañera guatemalteca (Castro, 2009).

Figura 2. Valore de Kc para el cultivo de la Caña de Azúcar por etapa fenológica.

Etapa Fenológica	Duración (meses)	Duración acumulada	Valores de Kc experimentales (Según respuesta de la caña desarrollados experimentalmente por CENGICAÑA en diferentes suelos)		
			Predominio de arena	Francos	Predominio de limo y aporte capilar
Iniciación	1.5	1.5	0.3	0.3	0.3
Macollamiento	3	4.5	0.6	0.3	0.3
Elongación	6	105	0.9	0.6	0.3
Maduración	1.5	12	0.3	0.3	0.3

(Castro, 2009).

2.11 CONDICIONES CLIMÁTICAS

La caña de azúcar por ser de la familia de las poaceas, se adapta muy bien a varios rangos climáticos, pudiendo ser cultivada de 0 a 1000 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar) y temperaturas de 18° hasta 28° C. Se presentan problemas de crecimiento en sus extremos máximos y mínimos. Se adapta a una gran cantidad de suelos, desde los arenosos hasta los que tienen buena parte de arcillas, hay variedades tolerantes a sequía; sin embargo, con suficiente humedad en el suelo durante su ciclo es mucho más productiva (Juárez y Muñoz, 1998).

2.12 FENOLOGÍA DEL CULTIVO

En el ciclo de la caña de azúcar se pueden diferenciar claramente cuatro etapas de desarrollo: iniciación, macollamiento, elongación, y la maduración. En el cuadro 1 se describe la duración de las etapas fenológicas del cultivo según estudios realizados por Castro en el 2005.

Cuadro 1. Duración de las etapas fenológicas en el cultivo de caña de azúcar.

Caña plantía *			
Iniciación	Macollamiento	Elongación	Maduración
1.5 meses	3 meses	6 meses	1.5 meses
Caña Soca**			
Iniciación	Macollamiento	Elongación	Maduración
1 mes	3 meses	6.5 meses	1.5 meses

* **Caña Plantía:** es el término utilizado para describir a la plantación de siembra nueva y que aun no ha tenido ningún corte en el cultivo de la caña de azúcar.

** **Caña soca:** es el término utilizado para describir a la plantación de caña de azúcar que ya tiene al menos un corte.

Se ha determinado para la zona cañera de Guatemala, que la primera etapa de desarrollo está de 0 a 3 meses de edad del cultivo, caracterizándose por un aumento notable en el número de tallos de hasta 120,000 plantas/ha y un ritmo de crecimiento lento de 0.25 a 0.5 cm/día (Juárez, et al., 1998).

La segunda etapa de desarrollo inicia a los 3 meses, cuando la tasa de crecimiento aumenta hasta 2.5 cm/día, acompañada de una reducción drástica en la población por competencia. La última fase, dependiendo de la variedad y las condiciones climáticas, se da entre los 7 y 8 meses caracterizándose por la acumulación de azúcares en los tallos y puede estar manifestada por la inducción de la floración (Juárez, et al., 1998).

2.13 INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

a. Ubicación

La administración “La Felicidad”¹ se encuentra ubicada en el municipio de la Gomera y el Puerto San José, en Escuintla entre los paralelos de coordenadas 14° 01’ y 13° 55’ de latitud norte, y los meridianos de coordenadas 91° 05’ y 90° 57’ de longitud oeste (Castro, 2009).

b. Suelos

Los suelos de la zona cañera de la costa sur de Guatemala son derivados de ceniza volcánica, producto de la actividad histórica de la cadena de volcanes circundantes. Son suelos de reciente formación y la mayor parte se caracterizan por tener propiedades físicas excelentes. Con respecto a las propiedades químicas, el pH generalmente es ácido y medianamente ácido en las zonas altas, y neutro a ligeramente alcalino en las zonas bajas; su riqueza en materia orgánica hace que se consideren como suelos de alta fertilidad natural (García, Martínez,...Valera, 1994).

c. Fisiografía y relieve

La zona cañera de la costa sur de Guatemala se localiza en las regiones fisiográficas de la Llanura Costera del Pacífico y Pendiente Volcánica Reciente. La primera, está caracterizada por relieves que van de planos a ligeramente ondulados con pendientes de hasta el 3%; la segunda región se caracteriza por relieves que van de ligeramente ondulados a quebrados con presencia de pendientes de hasta el 15% (Melgar y Meneses, 1999).

d. Hidrología

Dada su posición en la costa sur de Guatemala, la zona cañera se encuentra localizada en la Vertiente del Pacífico, la cual se caracteriza por la presencia de corrientes de longitudes cortas (110 km en promedio) con origen a una altura media de los 3,000 msnm. Además presentan pendientes fuertes en las partes altas (> 32%) que cambian bruscamente a pendientes mínimas en la planicie costera, lo

1. Administración La Felicidad: Conjunto de Fincas (La Felicidad, Agropecuaria el Congo, El Congo, Morenas, Granada, California, Nvo. San Carlos, Manglares, Las Cueva, Ojo de Agua Guadalupe, Ojo de Agua Cushin, Santa Cecilia, Salamanca, Monterrey, El Recuerdo y Holanda).

que genera grandes zonas susceptibles a inundación en la parte baja al producirse crecidas instantáneas de gran magnitud y corta duración (Duro, Monzón & Vasquez, 2004).

Dentro de la vertiente del Pacífico se ubican las cuencas del Ocosito, Samalá, Sis-Icán, Nahualate, Madre Vieja, Coyolate, Acomé, Achiguate, María Linda, Paso Hondo y Los Esclavos tienen influencia directa en el área del cultivo de la caña de azúcar.

f. Zona de vida

Existen 3 zonas de vida dentro de las cuales se encuentra localizada la zona cañera del sur de Guatemala: Bosque seco Subtropical, bs-S; Bosque húmedo Subtropical (cálido), bh-S(c) y Bosque muy húmedo Subtropical (cálido), bmh-S(c) (Orozco y Soto, 1995).

III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

El recurso agua es cada vez más escaso, y el costo de aplicación cada vez es más alto. Por lo que se debe aprovechar mejor dicho recurso.

En la cuantificación del modelo de balance hídrico, se considera como entradas; la lluvia y la humedad que proviene de las aguas subterráneas por efecto de la recarga hídrica. De estos componentes, el aporte capilar es poco considerado en la programación del riego en Guatemala en las diferentes etapas fenológicas de la caña de azúcar. El cuantificar el aporte capilar que existe en ese momento en el campo de cultivo, servirá para calcular las láminas de riego idóneas que respondan a la preguntas ¿Cuánto regar? y ¿Cuándo regar? que son las preguntas que inician la programación del riego.

Su cuantificación permitirá la reducción de tiempos de riego y láminas de agua, permitiendo reducir el gasto en energía que se utiliza para la aplicación del riego, aumentando la productividad del mismo por unidad de área.

IV OBJETIVOS

4.1 GENERAL

- Cuantificar la lámina de agua residual en el suelo y el aporte del flujo capilar proveniente del nivel freático, según la etapa fenológica en que se encuentre el cultivo, mediante determinaciones de la humedad del suelo en parcelas sin riego para la administración La Felicidad.

4.2 ESPECÍFICOS

- Cuantificar el aporte capilar (lámina residual), lámina de reposición, la frecuencia y tiempo de riego según etapa fenológica del cultivo de caña de azúcar.
- Analizar la relación entre profundidad del nivel freático y lámina de agua aportada por el flujo capilar, según etapa fenológica del cultivo de caña de azúcar.
- Cuantificar el beneficio económico por ahorro de agua en la aplicación del riego en las áreas (sin vetas de arena) con aporte capilar.
- Analizar el comportamiento de la producción en toneladas de caña por hectárea (TCH), en áreas con riego y sin riego y su relación con el nivel freático.

V MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en administración la Felicidad, propiedad del ingenio Magdalena S.A, en los municipios de la Gomera y Puerto San José, jurisdicción del departamento de Escuintla.

5.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

Se hizo uso de varios materiales y accesorios para la realización del estudio, entre ellos los siguientes:

5.2.1 Pozos de observación

Se instalaron 20 pozos de 3 pulgadas de diámetro y 6 metros de profundidad utilizando tubería de PVC con perforaciones de 0.5 cm de diámetro a lo largo de todo el tubo, colocados en los diferentes puntos del área de evaluación, a pocos metros del piezómetro de medición.

5.2.2 Sonda de neutrones

Este aparato fue el que se utilizó para la toma de lectura de la humedad del suelo en cada monitoreo. Tomando lectura a cada 10 centímetros de profundidad en cada piezómetro y con frecuencias semanales.

5.2.3 Piezómetros

Estos son los tubos de aluminio de 2.5 pulgadas de diámetro que fueron enterrados en el suelo, a una profundidad de 1 metro, y 30 centímetros en la superficie para poder colocar la sonda, introduciendo el electrodo de la sonda para poder realizar la lectura, teniendo un total de 1.30 mts. de longitud del piezómetro. Se instalaron 20 piezómetros al igual que los pozos de observación y a pocos metros de distancia uno del otro para reducir el error de campo por variabilidad en los suelos etc.

Otros materiales utilizados fueron la cinta métrica, boleta de toma de datos, etc.

5.2.4 Factores estudiados

La humedad del suelo fue el factor principal de estudio, analizando el efecto del aporte capilar que ocurre por parte del nivel freático, y la lámina de agua residual para efectos de frecuencias de riego, tiempos y costeo de los mismos.

5.3 MODELO ESTADÍSTICO

Se sometieron los datos del muestreo a un modelo de regresión lineal o muestreo aleatorio (o el que más se ajustó según el comportamiento de la humedad del suelo), entre las variables tiempo-humedad, también humedad-nivel freático-tiempo. Y para la el análisis entre producción de caña y % de humedad en parcelas con riego y sin riego se realizó únicamente mediante la producción del lote.

5.4 CROQUIS DE CAMPO

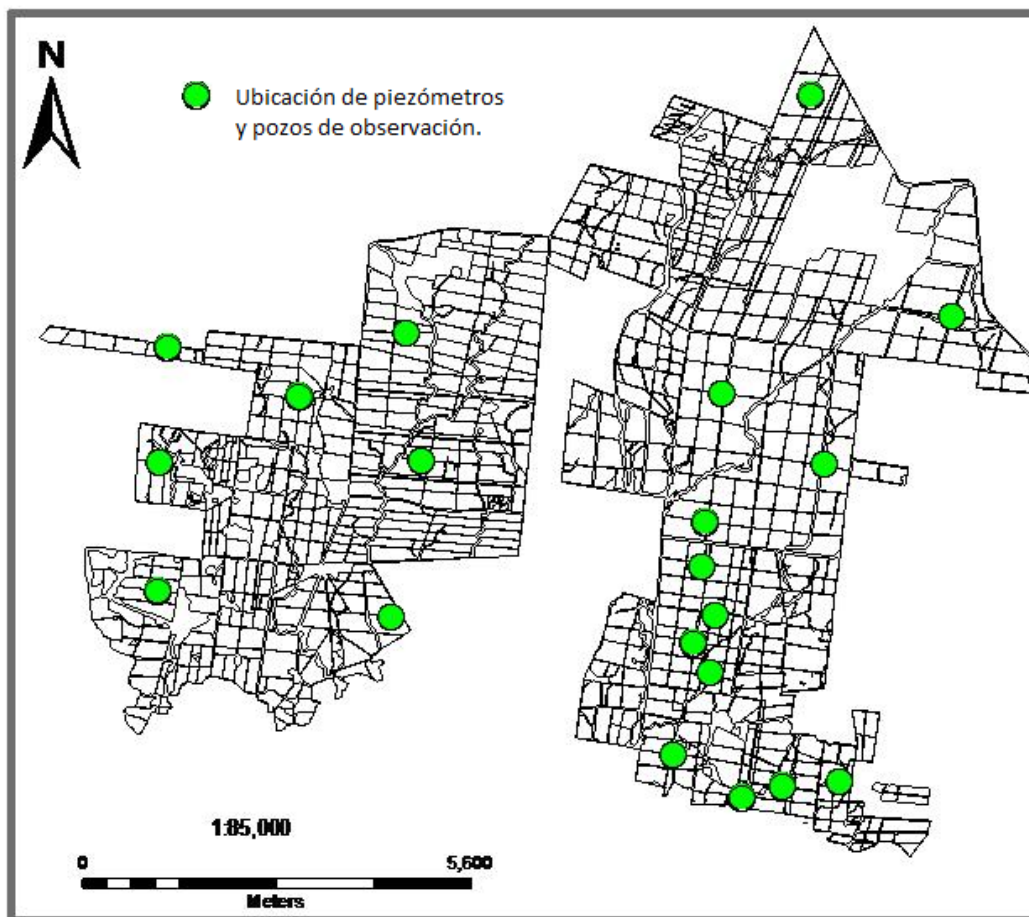


Figura 3. Fincas de la Administración La Felicidad.

5.5 MANEJO DEL EXPERIMENTO

Para la administración de caña de azúcar (Finca La Felicidad) se operan tres sistemas de riego actualmente, estos son por miniaspersión, aspersión tradicional (cañones) y mecanizado (pivotes). Con estos sistemas se riega con frecuencias fijas, siendo el tiempo de riego de 12 horas para miniaspersión con láminas de aproximadamente 55mm y de 2 horas para aspersión tradicional con láminas aproximadas a los 45mm; en el riego con el sistema mecanizado se aplican láminas de 20mm con las frecuencias fijas.

Se planteó manejar el ensayo de la siguiente manera:

5.5.1 Medición de la humedad residual proveniente del aporte capilar

La medición del comportamiento de la humedad en el suelo se realizó en dos ambientes: Un ambiente con riego y el otro sin riego, para tal fin, se seleccionaron 10 pozos de observación sin aplicación del riego (un radio de 30 mts) y los otros 10 pozos de observación con la operación normal de riego que consiste en las frecuencias y láminas según el sistema (mecanizado, aspersion y miniaspersion).

Para cuantificar el comportamiento de la humedad en el suelo en el tiempo y espacio se utilizó una sonda de neutrones. La sonda de neutrones se introdujo en un tubo de aluminio (piezómetro) de 2.5 pulgadas y un metro de profundidad. Las lecturas con la sonda se realizaron cada 10 cm de profundidad. Los tubos de aluminio se colocaron entre plantas, al lado de cada uno de los 20 pozos de observación del nivel freático. Las lecturas fueron cada de semana. La duración de las mediciones de la humedad en el suelo fue de 18 meses aproximadamente, tiempo que se logró comparar dos épocas secas para comparar las lecturas y el comportamiento del aporte según la precipitación de la temporada pasada para cada época. Para relacionar la lectura de neutrones con la humedad volumétrica, se realizó al inicio del experimento, una calibración con muestras secas y húmedas del suelo representativo. La relación entre el número de neutrones (variable independiente) y humedad volumétrica (variable dependiente) permitió desarrollar un modelo que sirvió en todo el período de medición.

5.5.2 Muestreo de suelos

Se analizó el perfil del muestreo de la sonda (1 metro de profundidad), para contemplar los datos de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP), a cada 10 centímetros de profundidad debido al cambio de texturas del perfil.

5.5.3 Medición de la altura del nivel freático

Para su medición se utilizaron los 20 pozos de 3" de diámetro y 6 metros de profundidad, los cuales se encuentran recubiertos con tubería de PVC con una base de concreto y tapón de protección. La medición cada semana permitió cuantificar la altura del nivel freático en el tiempo y espacio. Los pozos de observación del nivel freático fueron representativos del área a estudiar.

5.5.4 Medición del comportamiento biológico de la caña de azúcar

Esta se realizó con la producción del lote comparando los lotes con riego y sin riego, y el nivel freático en su promedio para los lotes en estudio.

5.5.5 Medición del comportamiento del clima

Durante el ciclo se registró el comportamiento de las variables: lluvia, que es la que más influencia tendría por la recarga del manto freático. Fue tomada de las estaciones de lluvia de la administración.

5.6 VARIABLES RESPUESTA

Suelo

- a. Altura de nivel freático (m).
- b. Humedad del suelo (volumétrica: vol. de agua/vol. de suelo).

Operación del riego

Se tomaron tres variables que afectaron en la toma de decisiones para contabilizar las posibilidades de reducción de costos, y aprovechamiento del recurso agua. Aplicando solo las láminas de reposición por el aporte que hubiese.

- a. Frecuencia del riego.
- b. Tiempo de riego.
- c. Costo del riego.

5.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La cuantificación de las variables de respuesta permitió desarrollar el análisis siguiente:

Áreas sin riego

- a. Capacidad de los suelos aluviales de retener humedad.
- b. Lámina de agua (humedad residual) existente en el suelo en cada 10 cm de profundidad.
- c. Lámina de agua a reponer en cada riego.
- d. Porcentajes de aporte capilar según la etapa fenológica del cultivo.
- e. Programas y manejo del riego en los suelos aluviales con aporte capilar (inicio y final de temporada de riego, frecuencias, láminas y tiempos).
- f. Relaciones entre:
 - Abatimiento del nivel freático y aporte capilar
 - Lluvia y nivel freático

Generales

- a) Comportamiento en la TCH con riego y sin riego
- b) Cuantificación de ahorros de agua y costos.

Caña de azúcar

- a. Toneladas de caña por hectárea (TCH) en áreas (lotes) con riego y sin riego.

VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 CUANTIFICACIÓN DEL APORTE DE AGUA CAPILAR, LÁMINA DE REPOSICIÓN, FRECUENCIAS DE RIEGO Y TIEMPOS DE RIEGO

Se considero como aporte de agua capilar la lamina residual que sobrepasa el déficit permitido de manejo (DPM) para sistemas con frecuencia fija (40% de humedad en el suelo), y como máximo en el aporte hasta llegar a la capacidad de campo (CC). Puede observarse en la figura 4 que los aportes producidos en las diferentes épocas secas de cada año fue influenciada por la recarga de lluvias, por lo que para el año 2010 fueron de 32.55, 43.90 y 56.70 por ciento para las etapas de iniciación, macollamiento y elongación respectivamente en el mes de febrero, 32.81, 42.18 y 53.80 para marzo, 24.77, 33.14 y 46.45 para abril, y para el 2011 de 12.03, 18.09 y 22.45 por ciento respectivamente para las mismas etapas en febrero, 4.89, 9.35 y 11.36 para marzo, 19.86, 35.73 y 42.61 para abril. Manteniendo estable la cantidad de aporte para la temporada 2010 y con una caída bastante radical en marzo del 2011.

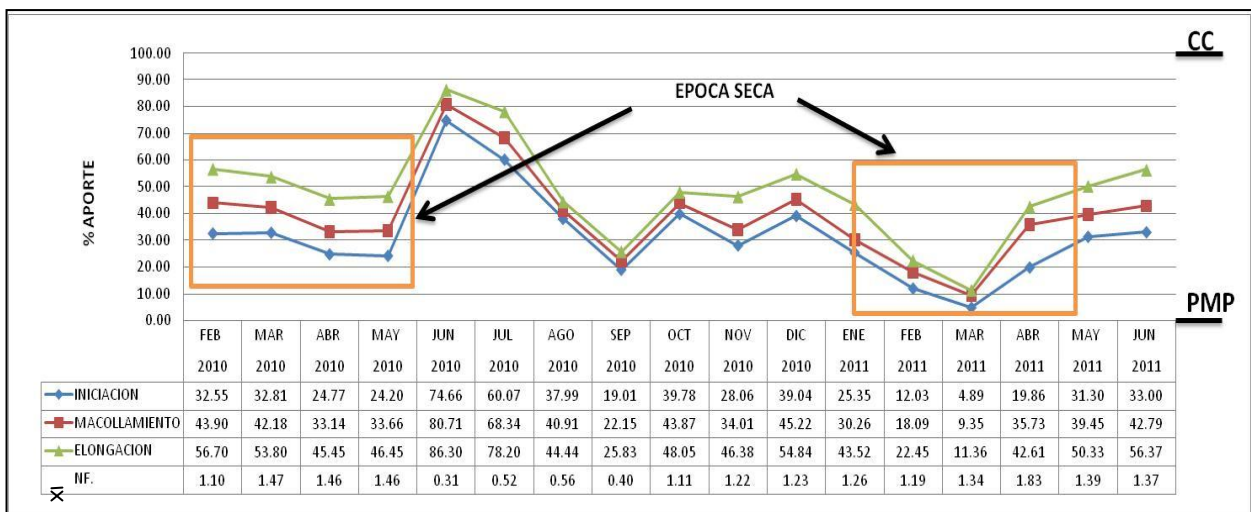


Figura 4. Aporte de agua capilar según etapa fenológica del cultivo de caña de azúcar, (período 2010 y 2011), para las fincas de la Admón. “La Felicidad”, en el estrato litoral de la zona cañera Guatemalteca.

Con base en los datos del porcentaje de aporte capilar se establecieron las láminas de reposición para el complemento de agua necesitada en el suelo para el cultivo de la caña de azúcar, obteniendo para el 2010 las láminas de 22.85, 25.86 y 30.91 para iniciación macollamiento y elongación respectivamente para febrero, 22.99, 27.08 y 33.15 para marzo, 25.56, 30.40 y 38.57 para abril. Para el 2011 de 35.57, 47.52 y 70.52 para enero, 35.55, 46.62 y 67.62 para febrero, 36.14, 46.68 y 68.86 para marzo, respectivamente.

En la figura 5 se muestran las láminas de reposición estimadas para las etapas de iniciación calculadas a una profundidad de 30 cms., macollamiento a 40 cms., y elongación a 60 cms. De igual forma se nota para el año del 2011 que la lámina de elongación sobrepasa los 65 mm debido a la baja cantidad de porcentaje de aporte de agua capilar.

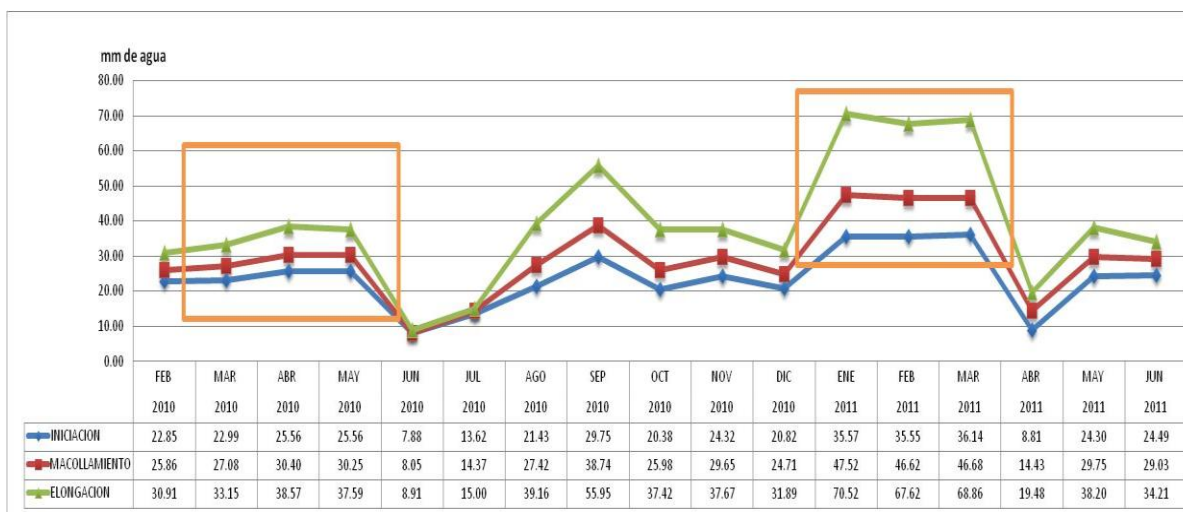


Figura 5. Lámina (mm) de reposición para cada etapa fenológica (período 2010 y 2011) en la Admón. “La Felicidad”, en el estrato litoral para la zona cañera guatemalteca.

Al obtener las frecuencias y tiempos de riego calculadas de los datos del aporte capilar, aplicados en un sistema de riego con miniaspersión (ver figura 6 y 7), pudiendo existir variación según la época lluviosa. Siendo entonces para el caso del año 2010 una frecuencia de 8 días con tiempos de riego de 6 horas (4 turnos al

día) para la etapa de iniciación y macollamiento; y para la etapa de elongación una frecuencia de 10 días y un tiempo de riego de 8 horas (3 turnos por día). Para el caso del año 2011 frecuencias en iniciación y macollamiento de 12 días con tiempos de riego de 10 horas, y para la etapa de elongación de 18 días con tiempo de riego de 15 horas.

Si contemplamos la media entre las dos temporadas, es factible utilizar para la etapa de iniciación y macollamiento frecuencias de 10 días con 8 horas de riego, y para la etapa de elongación de 14 días de frecuencia con 12 horas de riego, lo cual es perfectamente utilizable para fines de manejo y supervisión en el riego, teniendo con esto que el gasto de combustible diesel (3.5 galones/hora en la motobomba) sería para la etapa de iniciación de 28 galones/riego, mientras que para la etapa de elongación es de 42 galones/riego.

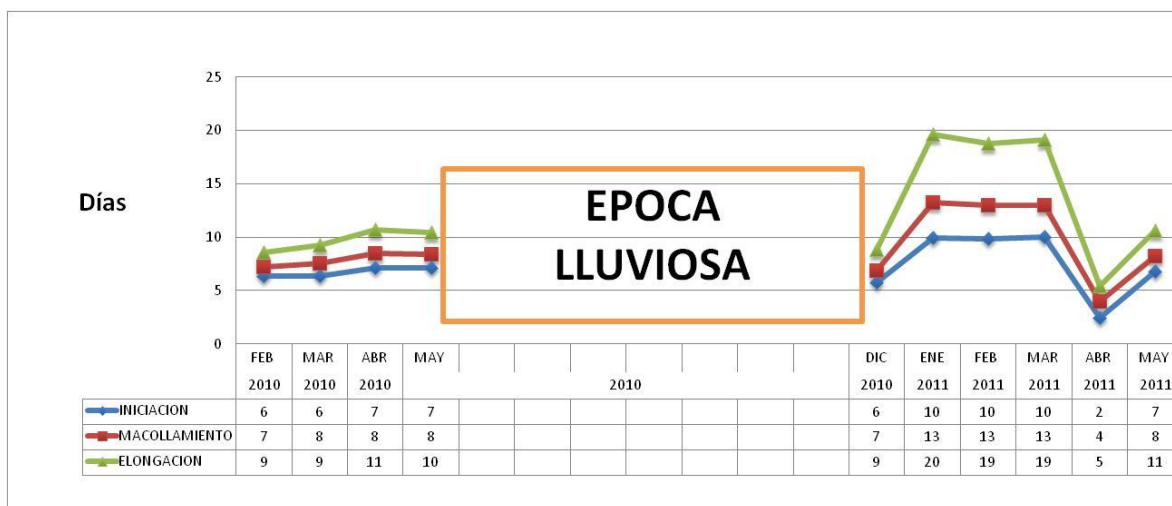


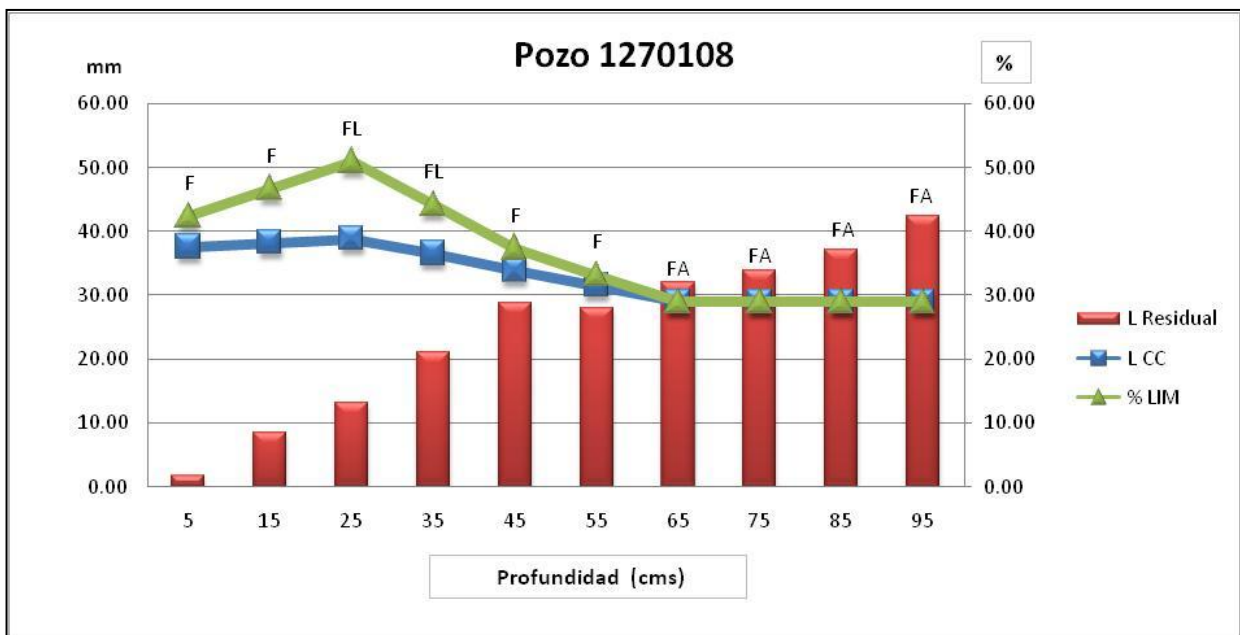
Figura 6. Frecuencias de riego en caña de azúcar mediante el sistema de riego por miniaspersión para la Admón. “La Felicidad”, ubicada en el estrato litoral de la zona cañera guatemalteca.



Figura 7. Tiempo de riego (intensidad de aplicación aspersores de 4.4 mm/hora) con base a los suelos de origen aluvial de la Admón. “La Felicidad”, ubicada en el estrato litoral de la zona cañera guatemalteca.

6.2 LA LÁMINA RESIDUAL Y SU RELACIÓN CON LOS PORCENTAJES DE LIMO

La lámina residual por lógica es mayor al punto de marchitez permanente (PMP) con el porcentaje de limo, los niveles de la lamina varían de casi 10 a 25 mm en los primeros 35 cms. de profundidad, y es donde los porcentajes de limo sobrepasan el 40%; a una profundidad mayor a los 60 cms. la lámina residual mantiene la capacidad de campo (CC), en donde el porcentaje de limo se mantiene en 30%. Se observa entonces que el mayor déficit se encuentra en los primeros 40 cms, y que existe un aporte considerable en todo el perfil estudiado, tomando en cuenta que el porcentaje de limo se encuentra por encima del 30%, y que el excedente de la lámina es mayor a la capacidad de campo después de los 60 cms., pueda estar influida por el nivel freático (NF) que en la época de febrero a abril presentó sus niveles más bajos de hasta 1.67 mts.

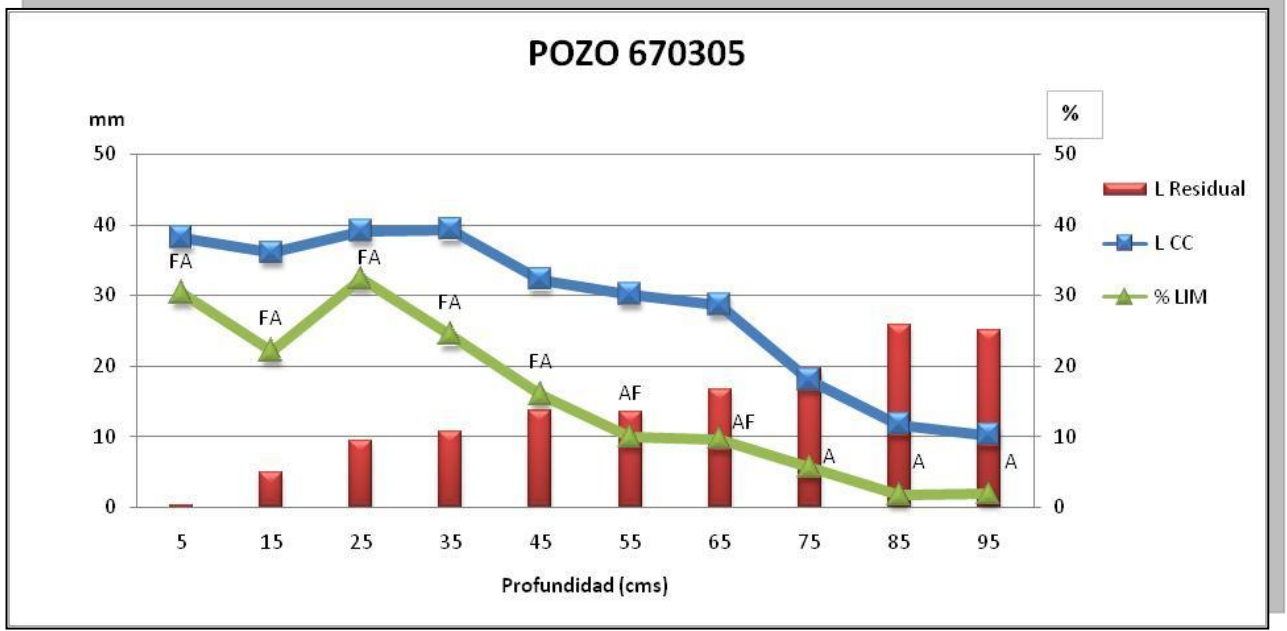


Texturas: F=Franco; FL=Franco Limoso; FA=Franco Arenoso.

LResidual=Lámina residual (mm); LCC = Lámina a Capacidad de campo (mm).

Figura 8. Relación entre la lámina residual y la textura del perfil del suelo en la administración “La Felicidad”, en el estrato litoral para la zona cañera guatemalteca.

En la figura 9 se muestra como la lámina residual se ve afectada por el porcentaje de limo desde los 0-70 cm., con láminas de los 5 mm y que no sobrepasan los 20 mm, y aunque en el estrato de 70 a 100 cm., la lámina residual es mayor a la capacidad de campo, se debe tomar en cuenta que es una textura arenosa, y que es donde se rompe la capilaridad para los estratos superiores (cerca a la superficie), lo que hace que exista una necesidad hídrica en especial en las etapas de iniciación y macollamiento, etapas en donde el consumo es en los primeros 40 cm. de profundidad.



Texturas: FA=Franco Arenoso; AF=Arena Franca; A= Arena.

LResidual=Lámina residual (mm); LCC = Lámina a Capacidad de campo (mm).

Figura 9. Relación entre la lámina residual y la textura del suelos (bajo en limo) en la Admón. “La Felicidad”, ubicada en el estrato litoral de la zona cañera Guatemalteca.

6.3 NIVEL FREÁTICO Y LÁMINA DE AGUA RESIDUAL

Fue de importancia la consideración de la precipitación para la recarga del nivel freático, para el año del 2009 las precipitaciones fueron de 1,220 mm aproximadamente, menores a las del 2010 de 3,000 mm aproximadamente, lo que hizo que la media del NF (Nivel Freático) cayera en aproximadamente 30 cms. para las épocas de verano.

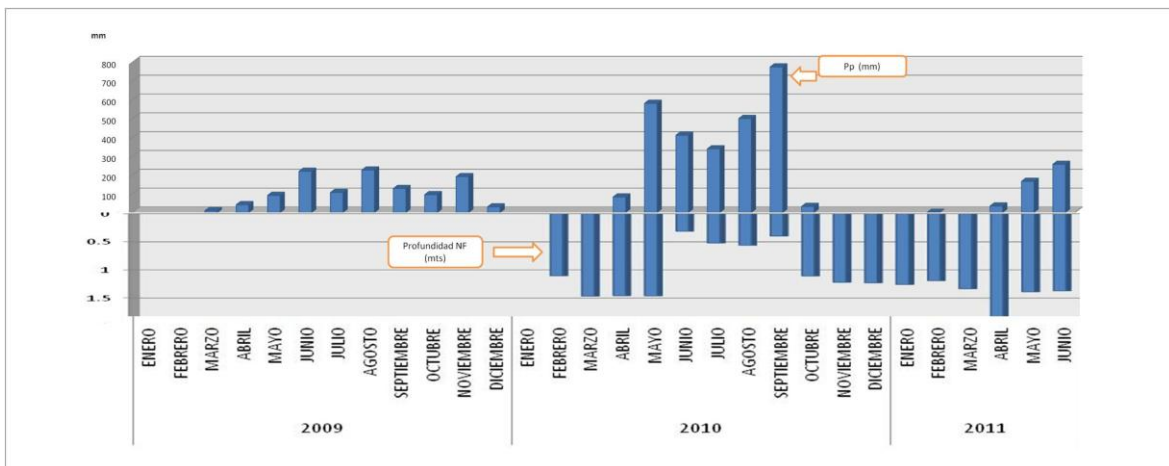


Figura 10. Nivel freático y precipitación mensual acumulada durante el periodo de evaluación, y el déficit observable para los meses de época seca para las fincas de Admón. “La Felicidad”, ubicadas en la zona cañera guatemalteca.

En la figura 11 y 12 se observa cómo se manifiesta la humedad residual respecto a los niveles freáticos obtenidos durante la medición, y existe una relación ligada al porcentaje de humedad, que cuando el nivel freático aumenta (se aleja de la superficie) la humedad residual se hace cada vez menor y viceversa. Tomando en cuenta que los suelos deben de contener un porcentaje de limo adecuado y libre de vetas arenosas.

El comportamiento para los dos años es casi similar, la variación dependió de la recarga que se diera en la época lluviosa anterior a cada uno de ellos, así como también al tipo de suelo encontrado para cada uno de los puntos.

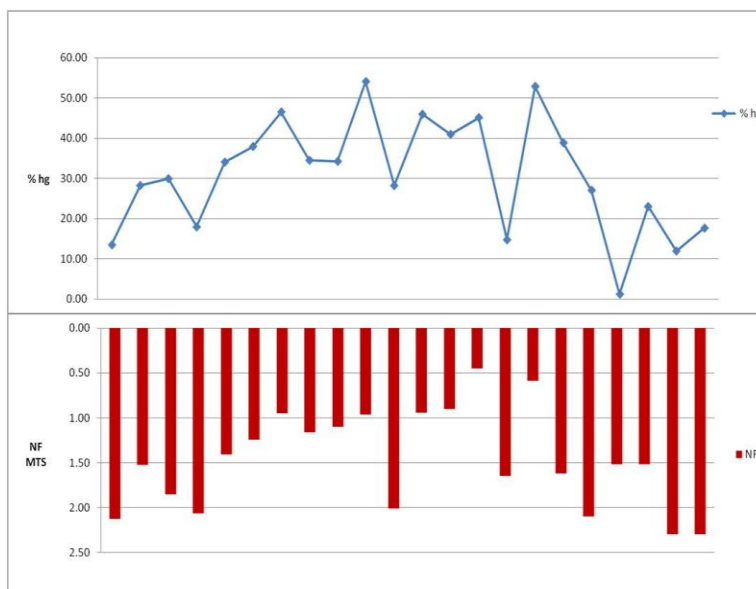


Figura 11. Comportamiento entre el nivel freático y el porcentaje de humedad gravimétrica para el mes de marzo del año 2010 para las fincas de Admón. “La Felicidad”, ubicadas en la zona cañera guatemalteca.

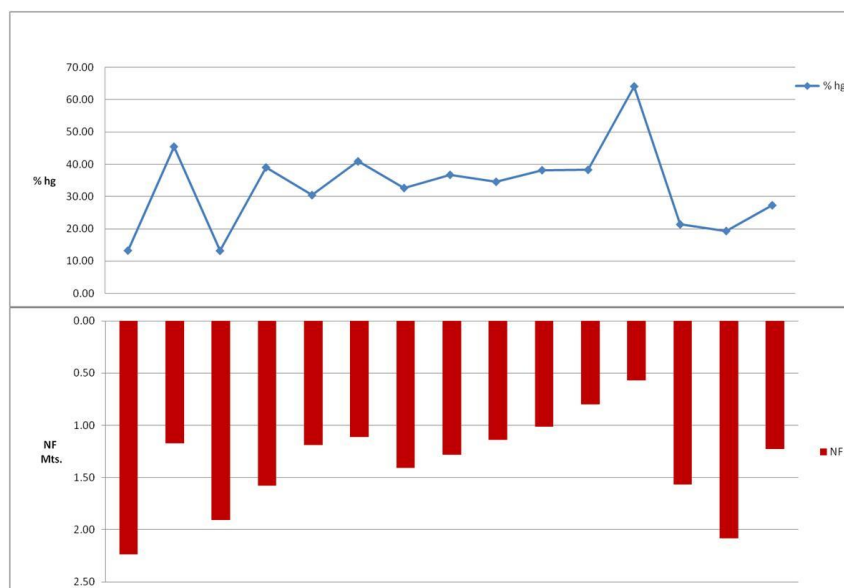


Figura 12. Comportamiento entre el nivel freático y el porcentaje de humedad gravimétrica para el mes de marzo del año 2011 para las fincas de Admón. “La Felicidad”, ubicadas en la zona cañera guatemalteca.

6.4 MODELOS ENTRE LA RELACIÓN DE NIVEL FREÁTICO Y EL AGUA EXISTENTE EN EL SUELO

Se corrieron varios modelos con texturas diferentes las cuales se encontraron en los estratos de medición con la finalidad de poder analizar su relación y correlación para poder estimar las láminas existentes con el dato de nivel freático (**NF**), para la estimación de las láminas de aplicación de riego.

Tomando las texturas de suelos Francos, Franco Arenosos, Franco Limosos y Arenas Francas.

Modelo para suelos francos:

$$y = 2.279x^2 - 18.88x + 51.97$$
$$R^2 = 0.142$$

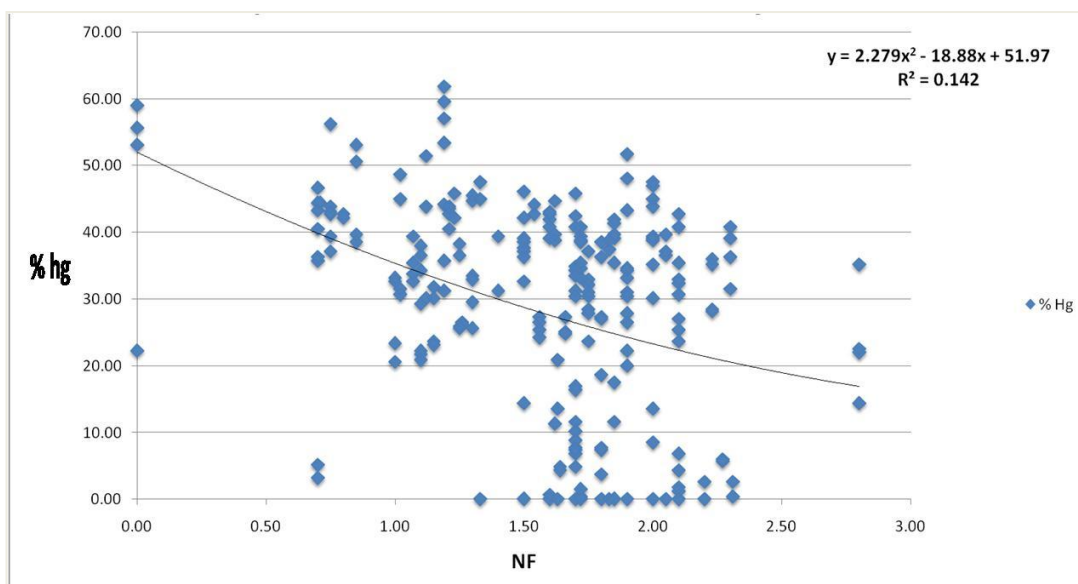


Figura 13. Modelo de regresión entre el nivel freático y el porcentaje de humedad gravimétrica para suelos **francos** en Admón. La Felicidad, años 2010 y 2011.

Modelo para suelos franco arenosos:

$$y = 5.157x^2 - 30.46x + 60.34$$
$$R^2 = 0.163$$

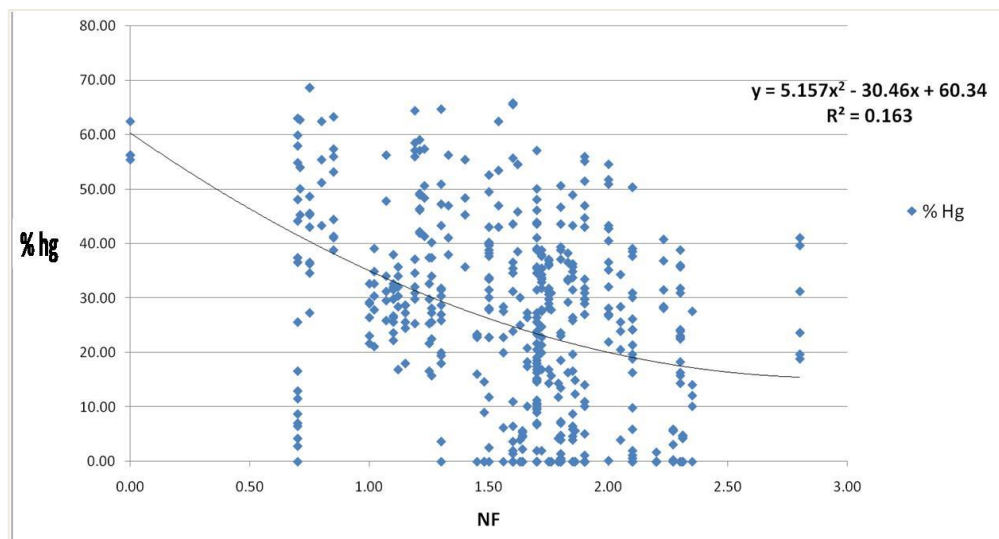


Figura 14. Modelo de regresión entre el nivel freático y el porcentaje de humedad gravimétrica para suelos **franco arenosos** en Admón. La Felicidad, años 2010 y 2011.

Modelo para suelos franco limosos:

$$y = 2.251x^2 - 18.54x + 58.42$$
$$R^2 = 0.249$$

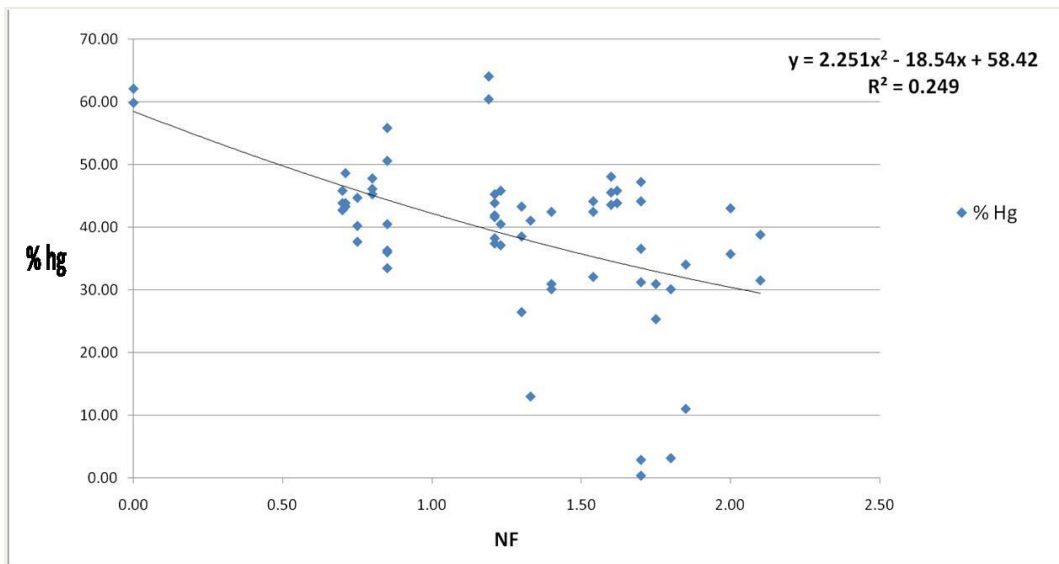


Figura 15. Modelo de regresión entre el nivel freático y el porcentaje de humedad gravimétrica para suelos **franco Limosos** en Admón. La Felicidad, años 2010 y 2011.

Modelo para suelos arena franca:

$$y = 22.63x^2 - 72.27x + 74.17$$

$$R^2 = 0.646$$

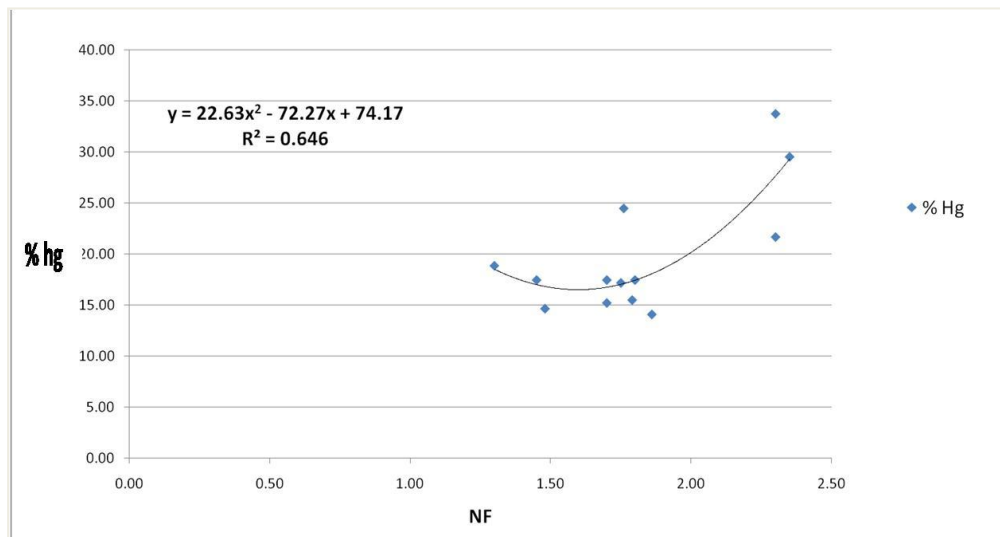


Figura 16. Modelo de regresión entre el nivel freático y el porcentaje de humedad gravimétrica para suelos de **Arena franca** en Admón. La Felicidad, años 2010 y 2010.

Los modelos son de coeficientes de correlación muy bajos con R^2 por debajo de 0.25 y solo el de suelos de arenas francas con un R^2 de 0.646 debido a la cantidad de puntos en este tipo de suelo, sin embargo no es confiable.

Lo que indica que no existe una relación directa entre el nivel freático y el porcentaje de humedad gravimétrica, pues la variabilidad que existe en las capas del suelo (perfil del suelo) interrumpe la capilaridad, por la porosidad y estructura del mismo.

Modelo general (franco, franco arenoso, franco limosos y arena franca):

$$y = 4.437x^2 - 27.22x + 57.95$$
$$R^2 = 0.171$$

La figura 17 muestra todas las texturas muestreadas a lo largo de la época seca, y se observa que la correlación es baja con un R^2 de 0.171 no siendo confiable el modelo de la curva polinómica mostrada en la grafica.

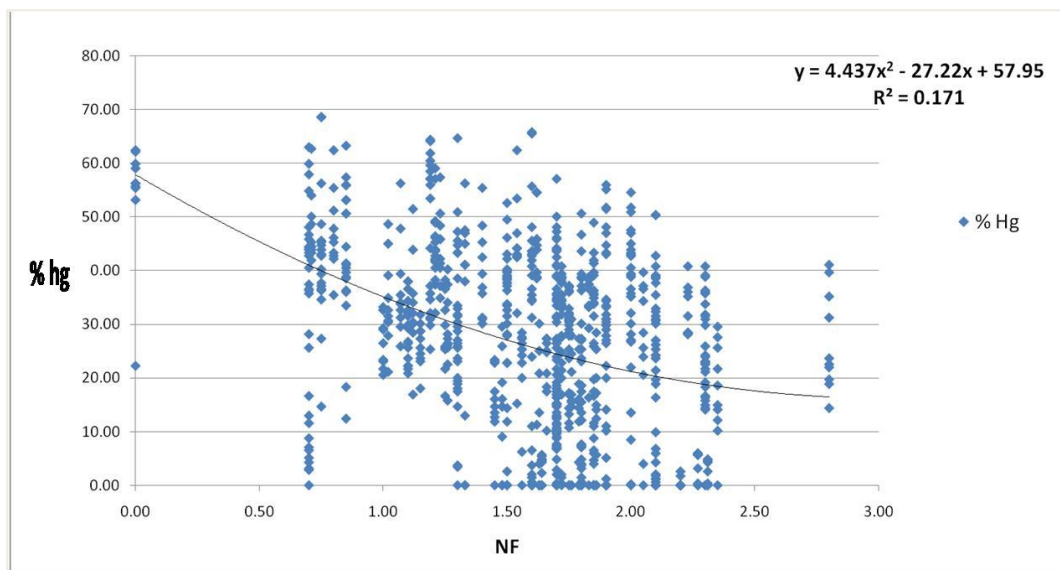


Figura 17. Modelo de regresión entre el nivel freático y el porcentaje de humedad gravimétrica para el conjunto de suelos con texturas francas, franco arenosas, franco limosas y arenas francas en Admón. La Felicidad.

La siguiente grafica muestra el cálculo de los modelos encontrados para cada uno de los tipos de suelo comparados con la curva del porcentaje de humedad de macollamiento que se utilizó de referencia.

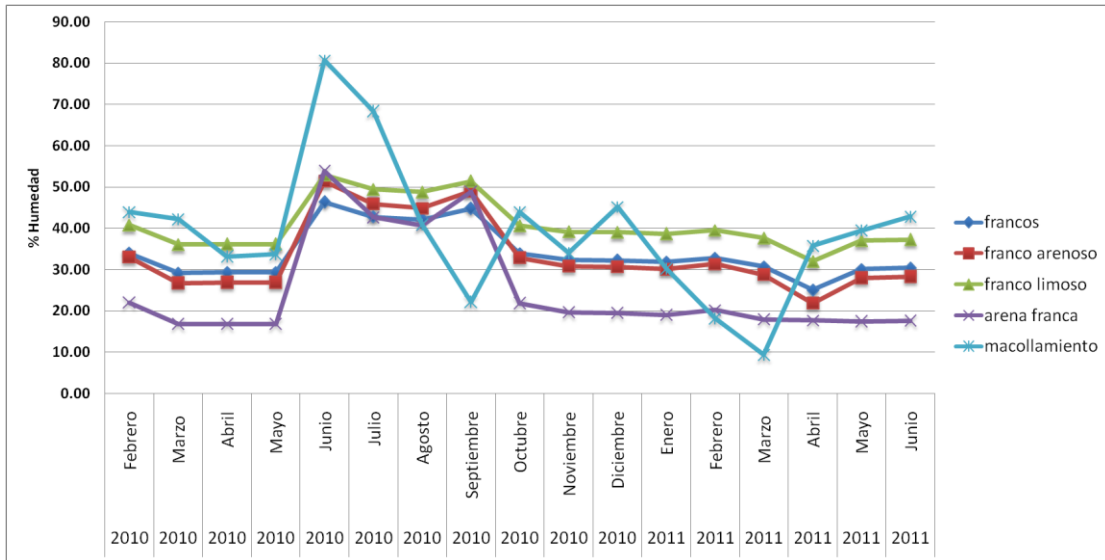


Figura 18. Modelos de regresión obtenidos relacionados con la curva de humedad en la etapa de macollamiento en Admón. La Felicidad.

6.5 CUANTIFICACIÓN DEL USO Y AHORRO DEL AGUA

Con la cuantificación de la humedad en el suelo para las diferentes etapas fenológicas, se realizó un análisis financiero para conocer el impacto económico en cuanto a la operación de los sistemas de bombeo, principalmente en el consumo de combustible.

Cuadro 2. Cuantificación del uso y el ahorro del agua por cambio del actual uso a la nueva propuesta (tecnología) que aprovecha el agua proveniente del aporte capilar en la Admón. “La Felicidad”, en el estrato litoral de la zona cañera guatemalteca.

TECNOLOGIA	Lámina de reposición (mm/riego)	Tiempo de riego (horas/riego)	Frecuencia (días)	USOS DEL AGUA	
				Volúmen /área (m3/ha/riego)	Volúmen /área (gpm/ha/riego)
TECNOLOGIA EN LA OPERACIÓN ACTUAL	52.8	12	12	528	193.6
TECNOLOGIA PROPUESTA RIEGOS DE INICIACION Y MACOLLAMIENTO	32	8	10	320	176.0
AHORRO	20.8	4	2	208	17.6

Con la nueva propuesta se estima un ahorro en el volúmen de agua utilizada de 208 metros cúbicos por cada riego por hectárea, que aunque si bien es cierto se realizará un turno de riego mas por día, hará que se incremente el costo de operación de mano de obra, bajo los supuestos que el agua que se aplique no se infiltrará o se escapara por escorrentía.

Se tomaron en cuenta varios escenarios para la costeo de la tecnología utilizada actualmente con la propuesta por la cuantificación del aporte capilar (% humedad en el suelo).

Cuadro 3. Cuantificación del ahorro de combustible por el cambio de tecnología, aprovechando el agua proveniente del aporte capilar en la Admón. “La Felicidad”, en el estrato litoral de la zona cañera guatemalteca.

COSTOS (US\$)/RIEGO					
TECNOLOGIA	VARIABLE	MEDIDA	Costos (US\$)/gl de Diesel		
			3.61	3.87	4.26
TECNOLOGIA EN LA OPERACIÓN ACTUAL	Costo de diesel/riego	US\$/riego	151.74	162.58	178.84
	Costo de diesel/ha	US\$/ha	25.29	27.10	29.81
TECNOLOGIA PROPUESTA RIEGOS DE INICIACION Y MACOLLAMIENTO	Costo de diesel/riego	US\$/riego	101.16	108.39	119.23
	Costo de diesel/ha	US\$/ha	16.86	18.06	19.87
AHORRO	Costo de diesel/riego	US\$/riego	50.58	54.19	59.61
	Costo de diesel/ha	US\$/ha	8.43	9.03	9.94

Cambio Q.7.75/un dólar (US\$)

El ahorro en el costo de combustible por el aprovechamiento de aporte capilar se consideró que la hora de gasto promedio era de 3.5 galones de diesel, y que actualmente el gasto aproximado es de 25.29 US\$/ha (galón a US\$ 3.61). Considerando la fluctuación en los precios de los combustibles se presentan varios escenarios; pudiendo tener entonces un ahorro por cada hectárea regada de US\$ 8.40 a casi US\$10.00 dependiendo del escenario

6.6 DIFERENCIA EN TONELADAS DE CAÑA POR HECTAREA (TCH) PARA LOS POZOS CON RIEGO Y SIN RIEGO

Las toneladas de caña por hectárea (TCH) obtenidas en áreas con riego y las que no tuvieron riego tienen una variación mayor a las 20 TCH. Considerar que existieron factores climáticos que influyeron en los datos de producción, tal como la precipitación, y que aunque los niveles de aporte de agua capilar registra datos mas altos para la temporada 2010-2011 la producción es menor a la 2011-2012, sin embargo se puede contemplar que si se hubiese aplicado la nueva tecnología esta

pudo haber variado en cuanto a no sufrir cambio en la producción TCH, sino en el costo por hectárea en el rubro del riego.

Cuadro 4. Producción en TCH de los lotes evaluados con riego y sin riego en la Admón. “La Felicidad “en el estrato litoral de la zona cañera guatemalteca.

Lote	CON RIEGO		SIN RIEGO	
	2010-2011	2011-2012	2010-2011	2011-2012
480106	72.43	149.46	-	-
480208	103.75	83.15	-	-
670305	142.52	145.65	-	-
2300102	102.13	160.50	-	-
3640101	145.08	113.98	-	-
3640202	141.31	134.73	-	-
3640203	103.92	112.85	-	-
3640205	116.14	126.14	-	-
3690207	158.44	196.23	-	-
3690301	116.81	137.54	-	-
3690308	151.10	132.64	-	-
3690313	139.70	148.55	-	-
1270108	-	-	155.11	117.08
1590108	-	-	125.36	142.02
3690101	-	-	59.88	110.00
3730106	-	-	93.26	85.00
3730206	-	-	105.00	103.04
3730408	-	-	105.65	121.41
3760102	-	-	55.00	89.33
4760204	-	-	89.11	157.57
PROMEDIO	124.44	136.79	98.55	115.68
DIF. 10-11				25.90
DIF. 11-12				21.10

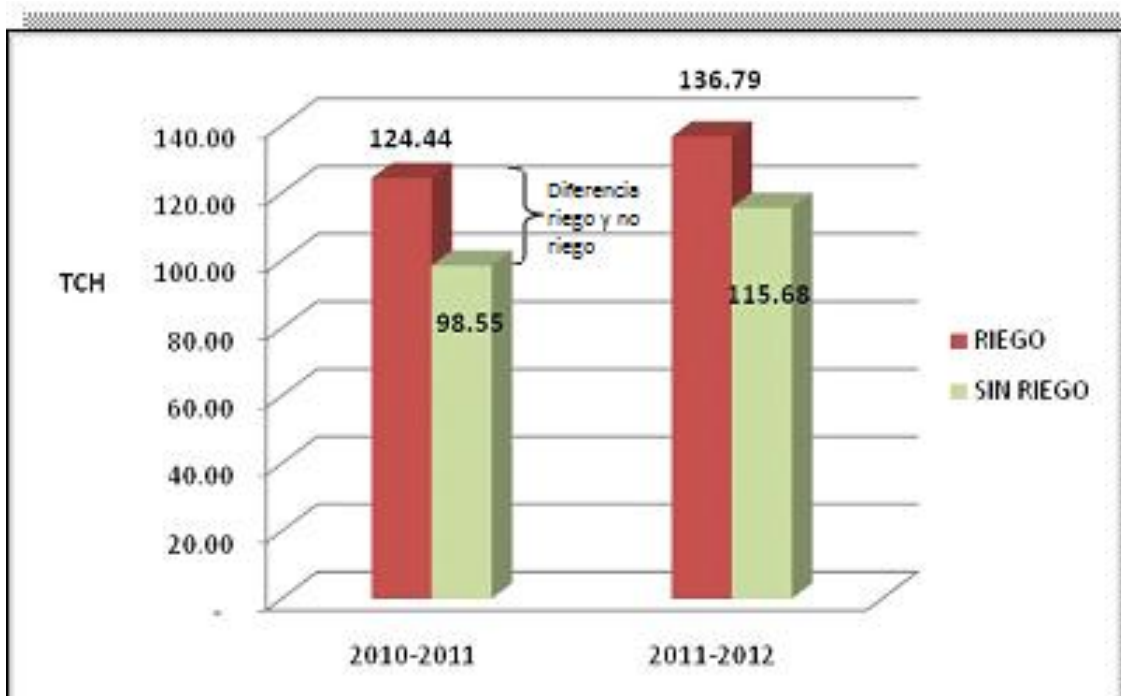


Figura 19. Producción promedio de los dos años evaluados (TCH) de los lotes con riego y sin riego en la Admón. “La Felicidad”, en el estrato litoral de la zona cañera guatemalteca.

Cuadro 5. Producción en TCH de los lotes evaluados con riego y sin riego y su Nivel Freático en la Admón. “La Felicidad”, en el estrato litoral de la zona cañera guatemalteca.

Lote	CON RIEGO				SIN RIEGO			
	2010-2011		2011-2012		2010-2011		2011-2012	
	PRODUCCION	NF	PRODUCCION	NF	PRODUCCION	NF	PRODUCCION	NF
480106	72.43	1.61	149.46	1.89	-	-	-	-
480208	103.75	0.88	83.15	1.36	-	-	-	-
670305	142.52	1.36	145.65	1.92	-	-	-	-
2300102	102.13	1.07	160.50	1.40	-	-	-	-
3640101	145.08	0.92	113.98	1.27	-	-	-	-
3640202	141.31	0.87	134.73	1.40	-	-	-	-
3640203	103.92	0.89	112.85	1.59	-	-	-	-
3640205	116.14	0.83	126.14	1.40	-	-	-	-
3690207	158.44	1.11	196.23	1.55	-	-	-	-
3690301	116.81	1.01	137.54	1.14	-	-	-	-
3690308	151.10	0.71	132.64	1.16	-	-	-	-
3690313	139.70	0.54	148.55	0.94	-	-	-	-
1270108	-	-	-	-	155.11	1.11	117.08	1.02
1590108	-	-	-	-	125.36	1.33	142.02	1.92
3690101	-	-	-	-	59.88	0.79	110.00	1.01
3730106	-	-	-	-	93.26	0.84	85.00	1.20
3730206	-	-	-	-	105.00	0.40	103.04	0.85
3730408	-	-	-	-	105.65	1.16	121.41	1.10
3760102	-	-	-	-	55.00	1.09	89.33	1.48
4760204	-	-	-	-	89.11	1.35	157.57	1.90
PROMEDIO	124.44	0.98	136.79	1.42	98.55	1.01	115.68	1.31

La producción promedio de los lotes evaluados presenta una variación entre las áreas con riego y las que no lo tienen riego de más de 20 toneladas de caña por hectárea (TCH). Los niveles freáticos que estuvieron alrededor de 1.0 mts. en promedio para la temporada 10-11 y de 1.35 mts. en la temporada 11-12, se observa la relación entre el nivel freático y la producción para cada período.

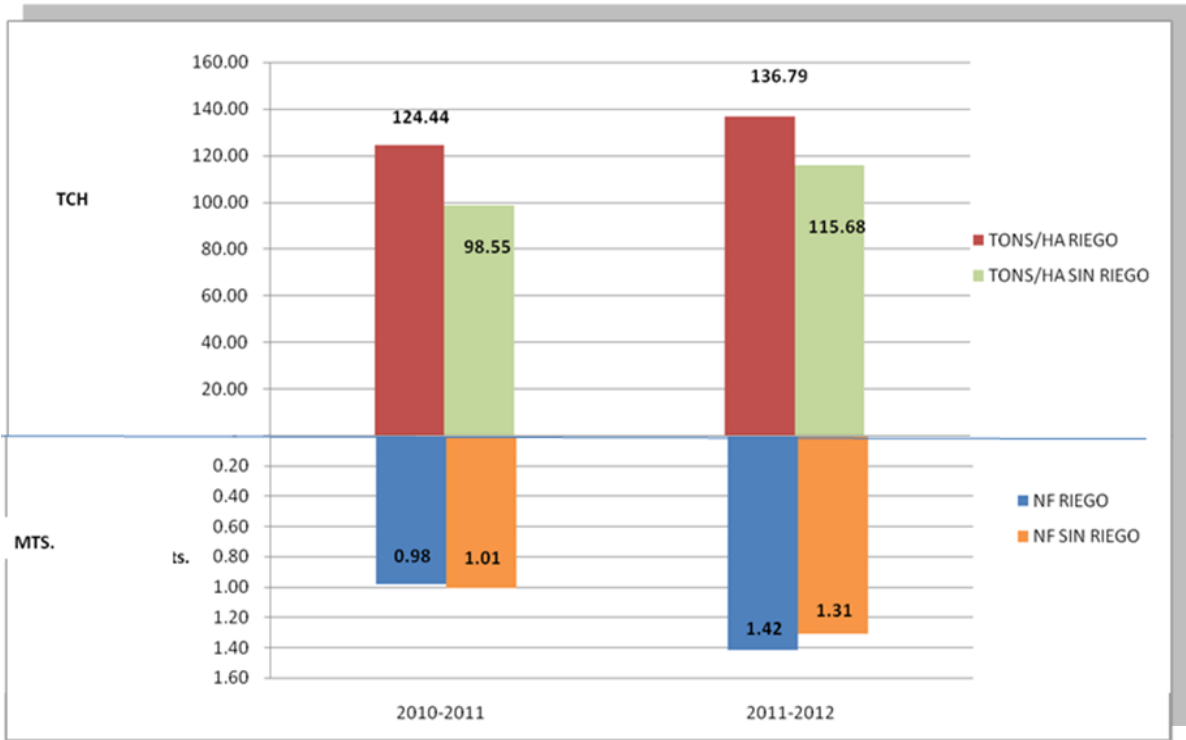


Figura 20. Producción promedio de los dos años evaluados (TCH) de los lotes con riego y sin riego y su nivel freático en la Admón. “La Felicidad”, en el estrato litoral de la zona cañera guatemalteca.

VII CONCLUSIONES

Se cuantificó la humedad existente en el suelo, considerando las etapas fenológicas del cultivo. Se encontró variabilidad según el contenido de limo, donde debajo de un 20% de limo el contenido de humedad no sobrepasa el 25% en el perfil evaluado, y arriba del 20% de limo en la textura, el porcentaje de humedad residual sobrepasa el 25% a los 45 cm de profundidad, lo que hace que la lámina de riego a reponer sea baja. Este efecto se rompe en suelos con vetas de arena.

Los porcentajes de humedad residual obtenidos para el año 2010 fueron de 30, 39 y 50 por ciento para las etapas de iniciación, macollamiento y elongación, respectivamente, y para el 2011 de 15, 23 y 29 por ciento respectivamente, para las mismas etapas, influidos por la recarga del agua de la época lluviosa. La media calculada para las dos temporadas en la etapa de iniciación y macollamiento fueron con frecuencias de 10 días con 8 horas de riego, y para la etapa de elongación de 14 días de frecuencia con 12 horas de riego, lo cual es perfectamente utilizable para fines de manejo y supervisión en el riego.

Al analizar la relación entre el nivel freático y el porcentaje de humedad gravimétrica y plantear los modelos estadísticos, se pudo determinar que el coeficiente de correlación (R^2) es muy bajo para cada textura sometida al análisis, así como en el conglomerado de texturas, debido a las variaciones físicas que tiene el perfil del suelo no hay relación directa entre la estimación de la humedad mediante el nivel freático, sin embargo, no se descarta una pequeña proporción que indica que a medida que el nivel freático sube (se acerca más a la superficie), la humedad se incrementa, y si este desciende, ésta baja, esto al no estar en ninguna veta arenosa.

Se estimó un ahorro en el volumen de agua utilizada de 208 metros cúbicos por cada riego por hectárea, y un ahorro en el gasto promedio de combustible de US\$8.40 a US\$10.00, dependiendo el costo del combustible (diesel).

La relación que se obtuvo en cuanto al nivel freático y a la producción obtenida puede notarse que es inversamente proporcional, sin embargo, influye la distribución de la lluvia, ya que aunque las precipitaciones fueron mayores en los años de mayor producción, estas pudieron haber sido distribuidas de una manera desuniforme a lo largo de la época lluviosa.

En las áreas donde no existió riego hubo un decremento de más de 20 TCH, aun cuando los niveles freáticos en la temporada 2010-2011 fueron similares, y no así para la temporada 2011-2012, donde aunque el nivel freático fue más superficial para las áreas de no riego, igual se presenta un decremento, pudiendo influir los factores climáticos en su mayoría, ya que aunque el nivel freático fue más superficial en la temporada 2010-2011, su producción fue menor a la 2011-2012.

VIII RECOMENDACIONES

Evaluar el aporte de agua capilar de otros tipos de suelo sobre con características específicas y el tiempo que ésta se mantiene, esto para considerar el manejo de vetas arenosas con frecuencias y láminas específicas.

Realizar la cuantificación del aporte capilar de forma perpendicular a las fuentes de agua que allí se encuentran (ríos), para poder analizar hasta que distancia de esta puede afectar el aporte capilar, debido a que en la zona se practican y se manejan los niveles freáticos con el embalse de los ríos en época seca.

Realizar un análisis económico con datos actualizados de nuevos estudios, de recomendaciones anteriores, para cuantificar el impacto económico del manejo del aporte capilar.

Evaluar puntualmente lotes piloto de niveles freáticos, con y sin riego, para conocer a detalle el perfil evaluado y su relación con la producción y el aporte capilar del mismo, con respecto al porcentaje de limo de cada estrato.

IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaya, A. (1986). Morfología de la caña de azúcar. Cali, Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar.

BANCO DE GUATEMALA. (2013). Principales estadísticas de comercio exterior. Guatemala.

Baver, L. D., Gardner, W. H., & Gardner, W. R. (1973). Física de Suelos. México: Unión Tipografía Editorial Hispano-Americana.

Castany, G. (1975). Prospección y Explotación de las Aguas Subterráneas. España: Omega.

Castro, O. (2005). Presentación de resultados de investigación. Zafra 2004/2005. Guatemala.

Castro, O. Rosales, C. (2006). Presentación de resultados de investigación. Zafra 2005/2006. Guatemala.

Castro, O.; Rosales, C. (2008). Memoria Presentación de resultados de investigación. Zafra 2007-2008. Guatemala. pp 200-2005.

Castro, O. (2009). Consulta sobre los coeficientes de cultivo Kc, para caña de azúcar. Santa Lucia Cotz, Escuintla, Guatemala.

Duro, J., Monzón, R. y Vásquez, R. (2004). Atlas temático de las cuencas hidrográficas de la República de Guatemala. Guatemala.

Flores, S. (1994). Las plagas de la caña de azúcar en México. México.

García. A., Martínez. F., Ruiz. E., Rodríguez, I. y Varela, J. (1994). Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala.

Geodata Andina. (s.f.). Recuperado el 9 de Junio de 2014, de http://geodataandina.cl/Imagenes/Datassheets/SP_Piezometer.pdf

Herrera, I. (1995). Manual de Hidrología. Universidad de San Carlos de Guatemala, tercera edición, Guatemala.

Juárez. D. y Muñoz. E. (1998). Requerimientos de riego de la caña de azúcar en la Costa sur de Guatemala. Guatemala.

Manilla, A., Valdez, J., Garnica, P., & Martínez, G. (2002). La permeabilidad de los suelos en los problemas de transporte de contaminantes. Aplicación en la infraestructura de transporte. Recuperado el 09 de Junio de 2014, de <https://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&cad=rja&uact=8&ved=0CDUQFjAE&url=http%3A%2F%2Fimt.mx%2Farchivos%2FPublicaciones%2FPublicacionTecnica%2Fpt195.pdf&ei=z-6UU-eEZShsQSpHoHgDA&usq=AFQjCNEwDPGuJaSJ4O2QbtsOFoOeRRovbg>

Melgar, M. y Meneses, A. (1999). Series históricas de producción, exportación y Consumo de azúcar en Guatemala. Guatemala.

Organismo Internaciona de energía atómica. (Febrero de 2003). Sonda de Neutrones y Gamma: sus aplicaciones en Agronomía. Viena, Austria.

Orozco, H. y Soto, G. (1996). Morfología de las variedades de caña de azúcar *Saccharum spp.* importantes en Guatemala y de variedades en evaluación regional grupo CGVO. Guatemala.

Remenieras, G. (1974). Tratado de Hidrología Aplicada. España: Editores Técnicos Asociados S. A.

Subiros, F. (1995). El cultivo de la caña de azúcar (1a ed.). San José, Costa Rica

Tuinhof, A., Stephen, F., Karin, K., Garduño, H., & Nani, M. (2006). GW.MATE. Recuperado el 09 de Junio de 2014, de Requerimientos de Monitoreo del Agua Subterránea para manejar la respuesta de los acuíferos y las amenazas a la calidad del agua: http://siteresources.worldbank.org/INTWRD/Resources/GWMATE_Spanish_BN_09.pdf

X ANEXO

10.1 TEXTURAS

Las clases texturales encontradas en los puntos estudiados de la zona aluvial de la cuenca del Acomé son: Arenas, Arenas francas, Franco, Franco arcilloso, Franco arcillo-arenoso, Franco arenoso, Franco Limoso; estos últimos caracterizados por poseer un alto porcentaje de limo, tal como se observa en la figura no. 15, y característica que es normalmente encontrada en perfiles de 0-100 cms. De profundidad. También podemos observar que en los suelos arenosos el limo se encuentra en cantidades más bajas al 20% lo que consecuentemente rompe la capilaridad.

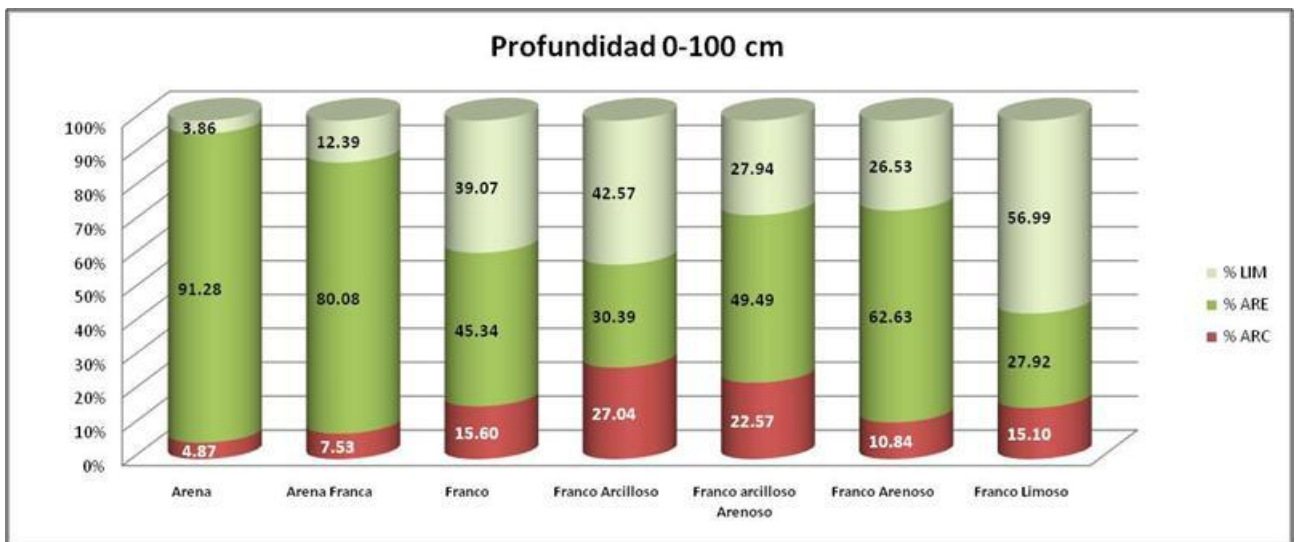


Figura 21. Clases texturales de los suelos de origen aluvial, de la administración “La Felicidad”, en el estrato litoral de la zona cañera Guatemalteca.

Para los suelos con vetas arenosas puede notarse en la figura 16 y 17 que el porcentaje de arena es mucho mayor a ciertas profundidades del perfil, y el limo cae más del 20% lo causa que las tensiones se rompan y el agua subterránea no pueda pasar esa capa, por lo que se enmarcan en la superficie secciones de suelo que bajan su potencial de retención de humedad grandemente.



Figura 22. Pozo 4730408 observado con características de veta.



Figura 23. Pozo observado 670305 con características de veta.

Si el porcentaje de limo en cualquiera de los estratos baja en más del 20%, limita la capilaridad, limitándose entonces a la retención que pueda tener el suelo en los estratos donde él % de limo sea conveniente, considerando por supuesto la capa en la cual se encuentra la veta para cuantificar la cantidad de agua retenida.

10.2 MUESTREO DE SUELOS

Cuadro 6. Muestreo de suelos realizado para perfiles evaluados.

Fecha	Identificación	Finca	Lote	Estrato	No. Lab	lote2	% ARC	% LIM	% ARE	TEXTURA	1/3 ATM.	15 ATM % H	D.A.P.	Hum.Gravimetrica (%)
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	480106	10	S-250-02-10	480106.10	9.19	33.82	56.99	Franco Arenoso	21.17	12.76	1.08	22.67
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	480106	20	S-269-02-10	480106.20	16.84	40.00	43.16	Franco	24.95	14.03	1.04	24.27
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	480106	30	S-275-02-10	480106.30	14.21	27.89	57.89	Franco Arenoso	22.64	15.28	1.05	24.99
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	480106	40	S-271-02-10	480106.40	6.76	42.16	51.08	Franco Arenoso	25.82	13.96	1.13	25.48
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	480106	50	S-264-02-10	480106.50	12.80	27.85	59.35	Franco Arenoso	22.68	12.21	1.17	23.93
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	480106	60	S-256-02-10	480106.60	6.69	13.63	79.68	Arena Franca	15.95	9.23	1.20	18.69
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	480106	70	S-273-02-10	480106.70	8.71	9.44	81.85	Arena Franca	7.96	5.25	1.31	9.79
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	480106	80	S-270-02-10	480106.80	6.65	7.54	85.81	Arena Franca	6.84	4.42	1.43	9.21
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	480106	90	S-255-02-10	480106.90	8.74	9.47	81.78	Arena Franca	5.58	3.52	1.47	7.78
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	480106	100	S-267-02-10	480106.100	4.65	3.43	91.92	Arena	4.32	2.95	1.44	7.81
12/05/2011	09-1-1.2-16	Manglares	480208	10	S-2960-05-11	480208.10	21.34	37.11	41.55	Franco	34.88	18.10	0.98	26.85
12/05/2011	09-1-1.2-16	Manglares	480208	20	S-2952-05-11	480208.20	24.96	37.52	37.52	Franco	37.56	24.62	0.90	33.40
12/05/2011	09-1-1.2-16	Manglares	480208	30	S-2950-05-11	480208.30	16.59	33.26	50.15	Franco	35.80	19.36	0.93	32.47
12/05/2011	09-1-1.2-16	Manglares	480208	40	S-2941-05-11	480208.40	14.33	31.26	54.41	Franco Arenoso	35.85	18.99	0.88	31.73
12/05/2011	09-1-1.2-16	Manglares	480208	50	S-2962-05-11	480208.50	13.14	26.36	60.50	Franco Arenoso	32.39	16.34	1.02	32.84
12/05/2011	09-1-1.2-16	Manglares	480208	60	S-2956-05-11	480208.60	5.76	9.79	84.44	Arena Franca	21.32	10.69	1.15	34.08
12/05/2011	09-1-1.2-16	Manglares	480208	70	S-2957-05-11	480208.70	6.79	7.77	85.44	Arena Franca	17.15	8.56	1.28	36.15
12/05/2011	09-1-1.2-16	Manglares	480208	80	S-2978-05-11	480208.80	8.76	18.10	73.14	Franco Arenoso	22.75	11.49	1.13	35.72
12/05/2011	09-1-1.2-16	Manglares	480208	90	S-2966-05-11	480208.90	10.94	22.56	66.50	Franco Arenoso	37.95	15.56	0.98	42.63
12/05/2011	09-1-1.2-16	Manglares	480208	100	S-2958-05-11	480208.100	17.63	35.25	47.12	Franco	52.37	23.22	0.85	60.08
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Las Delicias	1270108	10	S-1152-06-10	1270108.10	23.13	42.31	34.56	Franco	34.02	20.19	1.10	32.59
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Las Delicias	1270108	20	S-1147-06-10	1270108.20	23.66	46.63	29.71	Franco	35.53	20.96	1.08	34.34
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Las Delicias	1270108	30	S-1141-06-10	1270108.30	24.19	50.95	24.86	Franco Limoso	37.04	21.72	1.05	36.08
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Las Delicias	1270108	40	S-1140-06-10	1270108.40	19.70	44.16	36.14	Franco Limoso	33.21	18.17	1.10	35.73
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Las Delicias	1270108	50	S-1140-06-10	1270108.50	15.22	37.36	47.42	Franco	29.38	14.62	1.15	35.39
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Las Delicias	1270108	60	S-1140-06-10	1270108.60	14.20	33.13	52.67	Franco	26.28	12.98	1.20	36.98
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Las Delicias	1270108	70	S-1140-06-10	1270108.70	13.18	28.90	57.92	Franco Arenoso	23.19	11.35	1.25	38.57
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Las Delicias	1270108	80	S-1140-06-10	1270108.80	13.18	28.90	57.92	Franco Arenoso	23.19	11.35	1.25	38.57
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Las Delicias	1270108	90	S-1140-06-10	1270108.90	13.18	28.90	57.92	Franco Arenoso	23.19	11.35	1.25	38.57
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Las Delicias	1270108	100	S-1140-06-10	1270108.100	13.18	28.90	57.92	Franco Arenoso	23.19	11.35	1.25	38.57
12/05/2011	09-1-1.2-16	Ojo de agua Guadalupe	1590106	10	S-2923-05-11	1590106.10	14.19	27.08	58.73	Franco Arenoso	26.76	12.40	1.15	12.52
12/05/2011	09-1-1.2-16	Ojo de agua Guadalupe	1590106	20	S-2929-05-11	1590106.20	18.40	27.35	54.25	Franco Arenoso	26.86	12.95	1.09	16.54
12/05/2011	09-1-1.2-16	Ojo de agua Guadalupe	1590106	30	S-2930-05-11	1590106.30	16.37	25.36	58.27	Franco Arenoso	26.64	13.74	1.02	17.16
12/05/2011	09-1-1.2-16	Ojo de agua Guadalupe	1590106	40	S-2927-05-11	1590106.40	10.00	12.57	77.43	Franco Arenoso	17.15	8.75	1.16	14.66
12/05/2011	09-1-1.2-16	Ojo de agua Guadalupe	1590106	50	S-2924-05-11	1590106.50	9.98	12.49	77.53	Franco Arenoso	15.00	7.58	1.19	15.45
12/05/2011	09-1-1.2-16	Ojo de agua Guadalupe	1590106	60	S-2933-05-11	1590106.60	5.95	12.59	81.46	Arena Franca	14.02	6.08	1.26	14.58

		Guadalupe												
12/05/2011	09-1-1.2-16	Ojo de agua Guadalupe	1590106	70	S-2928-05-11	1590106.70	5.86	4.40	89.74	Arena	8.32	4.25	1.50	9.92
12/05/2011	09-1-1.2-16	Ojo de agua Guadalupe	1590106	80	S-2934-05-11	1590106.80	4.02	3.94	92.03	Arena	7.02	3.60	1.52	8.15
12/05/2011	09-1-1.2-16	Ojo de agua Guadalupe	1590106	90	S-2925-05-11	1590106.90	3.62	2.62	93.76	Arena	6.83	4.02	1.45	10.34
12/05/2011	09-1-1.2-16	Ojo de agua Guadalupe	1590106	100	S-2919-05-11	1590106.100	3.54	2.54	93.92	Arena	5.96	3.51	1.41	8.98
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Santa Cecilia	2300102	10	S-1148-06-10	2300102.10	6.94	10.33	82.73	Arena Franca	10.13	4.01	1.46	20.06
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Santa Cecilia	2300102	20	S-1150-06-10	2300102.20	9.07	18.66	72.27	Arena Franca	13.57	4.76	1.41	21.53
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Santa Cecilia	2300102	30	S-1142-06-10	2300102.30	11.19	27.00	61.81	Franco Arenoso	17.01	5.51	1.35	23.01
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Santa Cecilia	2300102	40	S-1135-06-10	2300102.40	9.01	19.64	71.35	Franco Arenoso	14.40	4.87	1.41	21.37
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Santa Cecilia	2300102	50	S-1149-06-10	2300102.50	6.83	12.28	80.89	Arena Franca	11.79	4.22	1.46	19.74
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Santa Cecilia	2300102	60	S-1149-06-10	2300102.60	10.02	23.68	66.30	Arena Franca	19.36	7.08	1.32	23.53
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Santa Cecilia	2300102	70	S-1149-06-10	2300102.70	13.21	35.09	51.70	Franco	26.94	9.94	1.17	27.32
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Santa Cecilia	2300102	80	S-1149-06-10	2300102.80	13.18	36.99	49.83	Franco	23.34	8.87	1.24	28.44
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Santa Cecilia	2300102	90	S-1149-06-10	2300102.90	13.14	38.90	47.96	Franco	19.75	7.79	1.30	29.56
17/06/2010	09-1-1.3-16-La Felicidad	Santa Cecilia	2300102	100	S-1149-06-10	2300102.100	13.14	38.90	47.96	Franco	19.75	7.79	1.30	29.56
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640101	10	S-1175-06-10	3640101.10	14.59	37.17	48.24	Franco	20.89	8.56	1.30	30.96
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640101	20	S-1177-06-10	3640101.20	10.56	32.14	57.30	Franco	23.93	10.41	1.24	33.55
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640101	30	S-1168-06-10	3640101.30	6.53	27.10	66.37	Franco Arenoso	26.97	12.25	1.18	36.13
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640101	40	S-1168-06-10	3640101.40	8.66	31.30	60.03	Franco Arenoso	32.96	13.21	1.09	43.26
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640101	50	S-1168-06-10	3640101.50	10.80	35.50	53.70	Franco Arenoso	38.96	14.16	0.99	50.38
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640101	60	S-1168-06-10	3640101.60	10.80	35.50	53.70	Franco Arenoso	38.96	14.16	0.99	50.38
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640101	70	S-1168-06-10	3640101.70	10.80	35.50	53.70	Franco Arenoso	38.96	14.16	0.99	50.38
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640101	80	S-1168-06-10	3640101.80	10.80	35.50	53.70	Franco Arenoso	38.96	14.16	0.99	50.38
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640101	90	S-1168-06-10	3640101.90	10.80	35.50	53.70	Franco Arenoso	38.96	14.16	0.99	50.38
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640101	100	S-1168-06-10	3640101.100	10.80	35.50	53.70	Franco Arenoso	38.96	14.16	0.99	50.38
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640202	10	S-2999-05-11	3640202.10	10.38	12.77	76.85	Franco Arenoso	14.37	7.23	1.28	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640202	20	S-2994-05-11	3640202.20	9.33	13.56	77.11	Franco Arenoso	14.41	7.64	1.26	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640202	30	S-2998-05-11	3640202.30	8.28	14.36	77.36	Franco Arenoso	14.46	8.06	1.24	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640202	40	S-2992-05-11	3640202.40	20.10	24.21	55.69	Franco Arenoso	29.23	17.31	1.08	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640202	50	S-3000-05-11	3640202.50	31.92	34.06	34.02	Franco Arcilloso	44.00	26.56	0.92	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640202	60	S-3000-05-11	3640202.60	22.32	40.13	37.55	Franco Arcilloso	40.94	23.48	0.92	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640202	70	S-3000-05-11	3640202.70	12.72	46.19	41.09	Franco	37.89	20.39	0.92	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640202	80	S-3000-05-11	3640202.80	15.94	40.23	43.83	Franco	39.09	20.75	0.94	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640202	90	S-3000-05-11	3640202.90	19.16	34.27	46.57	Franco	40.30	21.12	0.96	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640202	100	S-3000-05-11	3640202.100	19.16	34.27	46.57	Franco	40.30	21.12	0.96	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640203	10	S-2981-05-11	3640203.10	14.96	32.91	52.13	Franco Arenoso	26.23	12.79	1.08	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640203	20	S-2973-05-11	3640203.20	13.94	33.62	52.44	Franco Arenoso	27.53	12.96	1.07	28.38
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640203	30	S-2969-05-11	3640203.30	12.92	34.32	52.76	Franco Arenoso	28.82	13.13	1.05	28.38
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640203	40	S-2982-05-11	3640203.40	8.79	17.97	73.24	Franco Arenoso	18.16	9.12	1.19	20.35
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640203	50	S-3004-05-11	3640203.50	4.67	1.61	93.72	Arena	7.49	5.11	1.32	12.32
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640203	60	S-3004-05-11	3640203.60	8.84	10.11	81.05	Arena	15.48	9.51	1.17	12.32
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640203	70	S-3004-05-11	3640203.70	13.02	18.60	68.38	Franco Arenoso	23.47	13.90	1.03	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640203	80	S-3004-05-11	3640203.80	18.32	29.11	52.56	Franco Arenoso	31.49	17.57	1.00	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640203	90	S-3004-05-11	3640203.90	23.63	39.62	36.75	Franco	39.51	21.23	0.97	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Granada	3640203	100	S-3004-05-11	3640203.100	23.63	39.62	36.75	Franco	39.51	21.23	0.97	

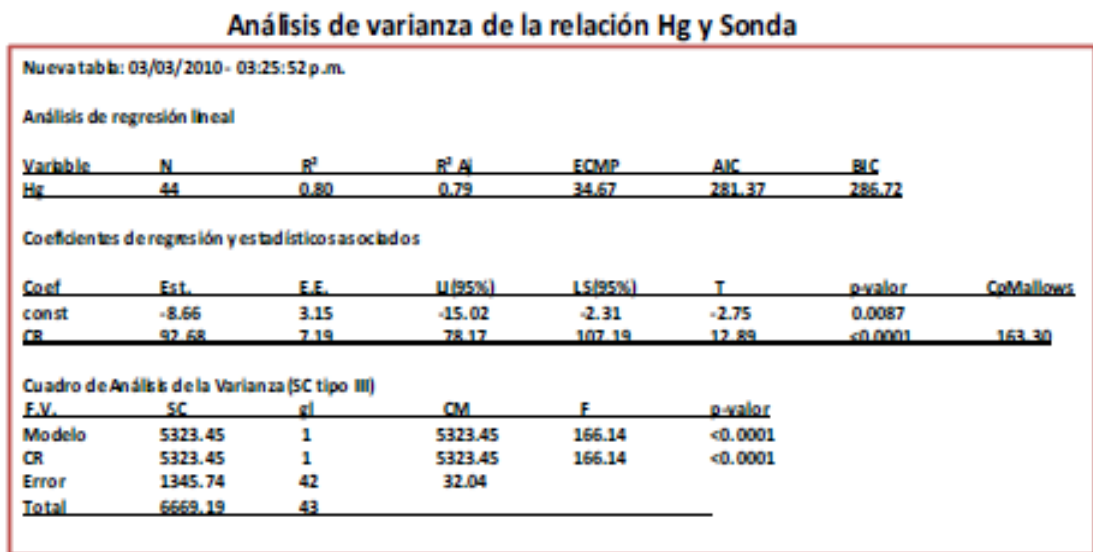
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640205	10	S-1183-06-10	3640205.10	9.43	16.26	74.31	Franco Arenoso	21.92	10.22	1.21	27.36
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640205	20	S-1187-06-10	3640205.20	10.42	23.26	66.32	Franco Arenoso	24.43	11.34	1.21	28.96
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640205	30	S-1176-06-10	3640205.30	11.41	30.26	58.33	Franco Arenoso	26.93	12.45	1.21	30.55
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640205	40	S-1179-06-10	3640205.40	11.08	28.74	60.18	Franco Arenoso	31.70	15.52	1.14	39.90
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640205	50	S-1184-06-10	3640205.50	10.76	27.22	62.02	Franco Arenoso	36.47	18.58	1.08	49.26
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640205	60	S-1184-06-10	3640205.60	9.66	25.24	65.10	Franco Arenoso	30.87	14.67	1.13	
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640205	70	S-1184-06-10	3640205.70	8.55	23.26	68.19	Franco Arenoso	25.27	10.75	1.18	42.31
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640205	80	S-1184-06-10	3640205.80	10.01	21.85	68.13	Franco Arenoso	29.06	11.94	1.13	42.29
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640205	90	S-1184-06-10	3640205.90	11.48	20.45	68.07	Franco Arenoso	32.85	13.12	1.08	42.27
25/06/2010	09-1-1.3-16	Granada	3640205	100	S-1184-06-10	3640205.100	17.02	24.20	58.78	Franco Arenoso	35.91	14.35	1.09	39.83
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690101	10	S-282-02-10	3690101.10	22.57	27.94	49.49	Franco arcilloso Arenoso	38.96	15.57	1.09	37.39
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690101	20	S-281-02-10	3690101.20	16.27	51.65	32.09	Franco Limoso	38.11	11.27	1.18	38.59
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690101	30	S-279-02-10	3690101.30	8.07	53.78	38.15	Franco Limoso	30.53	6.32	1.21	36.39
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690101	40	S-280-02-10	3690101.40	14.16	43.78	42.05	Franco	43.89	8.36	0.99	43.87
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690101	50	S-284-02-10	3690101.50	18.45	21.91	59.63	Franco Arenoso	50.97	17.49	0.94	58.47
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690101	60	S-283-02-10	3690101.60	16.28	31.98	51.74	Franco	42.20	18.92	1.00	46.17
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690101	70	S-285-02-10	3690101.70	14.20	54.36	31.44	Franco Limoso	37.10	14.23	1.10	46.81
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690101	80	S-278-02-10	3690101.80	10.18	30.02	59.80	Franco Arenoso	33.50	13.20	1.08	52.44
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690101	90	S-278-02-10	3690101.90	10.18	30.02	59.80	Franco Arenoso	33.50	13.20	1.08	52.44
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690101	100	S-278-02-10	3690101.100	10.18	30.02	59.80	Franco Arenoso	33.50	13.20	1.08	52.44
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690207	10	S-286-02-10	3690207.10	8.15	60.08	31.77	Franco Limoso	27.33	14.53	1.08	25.56
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690207	20	S-293-02-10	3690207.20	8.87	19.80	71.33	Franco Arenoso	25.35	13.58	1.08	24.02
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690207	30	S-292-02-10	3690207.30	8.25	31.67	60.08	Franco Arenoso	15.92	8.14	1.27	15.04
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690207	40	S-291-02-10	3690207.40	8.03	63.86	28.11	Franco Limoso	14.44	5.57	1.35	19.33
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690207	50	S-295-02-10	3690207.50	10.95	21.82	67.23	Franco Arenoso	29.30	8.86	1.16	34.90
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690207	60	S-288-02-10	3690207.60	18.30	60.16	21.54	Franco Limoso	46.93	13.80	1.04	51.24
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690207	70	S-294-02-10	3690207.70	10.97	17.81	71.21	Franco Arenoso	46.87	12.08	1.04	45.28
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690207	80	S-289-02-10	3690207.80	18.18	33.98	47.84	Franco	44.63	11.92	1.09	44.01
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690207	90	S-290-02-10	3690207.90	18.26	50.16	31.58	Franco Limoso	48.30	11.89	1.00	46.49
19/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690207	100	S-287-02-10	3690207.100	14.11	60.16	25.73	Franco Limoso	44.51	11.29	1.07	44.12
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690301	10	S-2971-05-11	3690301.10	12.92	20.00	67.08	Franco Arenoso	27.03	12.35	1.02	24.28
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690301	20	S-2976-05-11	3690301.20	12.87	15.64	71.49	Franco Arenoso	22.38	11.21	1.13	28.70
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690301	30	S-2972-05-11	3690301.30	10.79	17.64	71.57	Franco Arenoso	20.89	9.33	1.14	28.50
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690301	40	S-2951-05-11	3690301.40	12.04	24.41	63.55	Franco Arenoso	33.93	17.40	0.94	29.74
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690301	50	S-2970-05-11	3690301.50	13.07	26.31	60.62	Franco Arenoso	29.50	14.03	0.99	34.64
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690301	60	S-2974-05-11	3690301.60	10.70	19.75	69.55	Franco Arenoso	27.02	11.23	1.15	34.63
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690301	70	S-2977-05-11	3690301.70	10.95	22.02	67.04	Franco Arenoso	25.91	10.33	1.17	38.98
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690301	80	S-2967-05-11	3690301.80	8.83	19.79	71.38	Franco Arenoso	24.10	10.11	1.17	38.85
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690301	90	S-2975-05-11	3690301.90	8.79	22.18	69.03	Franco Arenoso	22.70	9.94	1.15	40.67
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690301	100	S-2968-05-11	3690301.100	10.93	48.74	40.33	Franco	35.58	13.22	1.00	42.04
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690308	10	S-263-02-10	3690308.10	10.71	27.72	61.58	Franco Arenoso	24.71	12.00	1.19	27.15
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690308	20	S-261-02-10	3690308.20	8.66	23.77	67.57	Franco Arenoso	21.36	10.33	1.22	26.30
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690308	30	S-252-02-10	3690308.30	9.03	19.52	71.45	Franco Arenoso	14.92	5.66	1.42	23.42
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690308	40	S-274-02-10	3690308.40	18.26	30.02	51.72	Franco	40.28	15.42	1.01	43.61
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690308	50	S-257-02-10	3690308.50	12.74	29.68	57.58	Franco Arenoso	37.60	17.83	1.06	47.01
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690308	60	S-249-02-10	3690308.60	9.07	33.77	57.17	Franco Arenoso	31.27	13.18	1.11	47.42

17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690308	70	S-266-02-10	3690308.70	8.72	27.79	63.49	Franco Arenoso	25.38	10.89	1.18	45.89
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690308	80	S-272-02-10	3690308.80	6.75	31.68	61.58	Franco Arenoso	22.42	9.74	1.21	41.58
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690308	90	S-260-02-10	3690308.90	8.71	19.52	71.77	Franco Arenoso	19.91	8.67	1.28	39.79
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	La Felicidad	3690308	100	S-277-02-10	3690308.100	8.05	35.81	56.14	Franco Arenoso	23.78	8.03	1.20	42.22
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690313	10	S-3001-05-11	3690313.10	12.40	25.00	62.60	Franco Arenoso	20.80	9.82	1.20	
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690313	20	S-2997-05-11	3690313.20	14.49	33.07	52.43	Franco Arenoso	26.87	11.52	1.11	
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690313	30	S-2990-05-11	3690313.30	16.59	41.15	42.26	Franco	32.94	13.22	1.03	
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690313	40	S-2991-05-11	3690313.40	16.73	43.50	39.77	Franco	37.71	17.43	0.94	
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690313	50	S-2996-05-11	3690313.50	16.87	45.85	37.29	Franco	42.48	21.64	0.85	
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690313	60	S-2996-05-11	3690313.60	14.77	41.47	43.76	Franco	41.23	20.97	0.91	
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690313	70	S-2996-05-11	3690313.70	12.67	37.10	50.23	Franco	39.98	20.30	0.97	
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690313	80	S-2996-05-11	3690313.80	10.45	28.90	60.65	Franco	32.86	15.22	1.10	
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690313	90	S-2996-05-11	3690313.90	8.24	20.70	71.07	Franco Arenoso	25.74	10.14	1.23	
12/05/2011	09-1-1.2-16	La Felicidad	3690313	100	S-2996-05-11	3690313.100	8.24	20.70	71.07	Franco Arenoso	25.74	10.14	1.23	
25/06/2010	09-1-1.3-16	Morenas	3730106	10	S-1190-06-10	3730106.10	9.42	32.92	57.65	Franco Arenoso	34.30	14.39	1.16	40.26
25/06/2010	09-1-1.3-16	Morenas	3730106	20	S-1186-06-10	3730106.20	11.47	33.88	54.65	Franco Arenoso	32.62	13.76	1.18	40.28
25/06/2010	09-1-1.3-16	Morenas	3730106	30	S-1191-06-10	3730106.30	13.52	34.84	51.64	Franco	30.94	13.13	1.19	40.31
25/06/2010	09-1-1.3-16	Morenas	3730106	40	S-1178-06-10	3730106.40	11.43	34.94	53.63	Franco	29.90	12.77	1.18	39.33
25/06/2010	09-1-1.3-16	Morenas	3730106	50	S-1170-06-10	3730106.50	9.34	35.04	55.61	Franco Arenoso	28.86	12.42	1.18	38.35
25/06/2010	09-1-1.3-16	Morenas	3730106	60	S-1170-06-10	3730106.60	11.97	31.03	57.00	Franco Arenoso	26.11	11.37	1.23	38.20
25/06/2010	09-1-1.3-16	Morenas	3730106	70	S-1170-06-10	3730106.70	14.60	27.02	58.38	Franco Arenoso	23.36	10.32	1.29	38.06
25/06/2010	09-1-1.3-16	Morenas	3730106	80	S-1170-06-10	3730106.80	14.70	36.42	48.88	Franco Arenoso	18.11	7.75	1.39	33.73
25/06/2010	09-1-1.3-16	Morenas	3730106	90	S-1170-06-10	3730106.90	14.79	45.82	39.39	Franco	12.85	5.17	1.49	29.41
25/06/2010	09-1-1.3-16	Morenas	3730106	100	S-1170-06-10	3730106.100	14.79	45.82	39.39	Franco	12.85	5.17	1.49	29.41
12/05/2011	09-1-1.2-16	Morenas	3730206	10	S-2986-05-11	3730206.10	30.83	39.61	29.57	Franco Arcilloso	53.67	31.81	0.87	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Morenas	3730206	20	S-2985-05-11	3730206.20	21.16	52.51	26.33	Franco Arcilloso	55.98	32.48	0.82	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Morenas	3730206	30	S-3002-05-11	3730206.30	11.50	65.40	23.09	Franco Limoso	58.29	33.14	0.78	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Morenas	3730206	40	S-2979-05-11	3730206.40	17.67	55.63	26.71	Franco Limoso	62.16	30.96	0.77	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Morenas	3730206	50	S-3005-05-11	3730206.50	23.83	45.85	30.32	Franco	66.02	28.77	0.77	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Morenas	3730206	60	S-3005-05-11	3730206.60	18.52	57.54	23.93	Franco	52.76	24.72	0.79	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Morenas	3730206	70	S-3005-05-11	3730206.70	13.22	69.24	17.54	Franco Limoso	39.49	20.66	0.81	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Morenas	3730206	80	S-3005-05-11	3730206.80	20.76	56.87	22.37	Franco Limoso	52.20	24.54	0.79	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Morenas	3730206	90	S-3005-05-11	3730206.90	28.31	44.50	27.19	Franco Arcilloso	64.91	28.41	0.76	
12/05/2011	09-1-1.2-16	Morenas	3730206	100	S-3005-05-11	3730206.100	28.31	44.50	27.19	Franco Arcilloso	64.91	28.41	0.76	
25/06/2010	09-1-1.3-16	California	3760102	10	S-1167-06-10	3760102.10	8.87	23.67	67.46	Franco Arenoso	39.55	16.04	1.00	40.97
25/06/2010	09-1-1.3-16	California	3760102	20	S-1169-06-10	3760102.20	14.94	35.58	49.48	Franco Arenoso	34.28	13.17	1.04	41.56
25/06/2010	09-1-1.3-16	California	3760102	30	S-1171-06-10	3760102.30	21.02	47.49	31.49	Franco	29.01	10.30	1.08	42.16
25/06/2010	09-1-1.3-16	California	3760102	40	S-1172-06-10	3760102.40	13.75	31.41	54.83	Franco	28.83	9.66	1.08	42.50
25/06/2010	09-1-1.3-16	California	3760102	50	S-1174-06-10	3760102.50	6.49	15.33	78.17	Franco Arenoso	28.65	9.01	1.09	42.85
25/06/2010	09-1-1.3-16	California	3760102	60	S-1174-06-10	3760102.60	9.62	29.51	60.87	Franco Arenoso	34.70	13.14	1.06	47.75
25/06/2010	09-1-1.3-16	California	3760102	70	S-1174-06-10	3760102.70	12.75	43.69	43.57	Franco	40.76	17.26	1.03	52.66
25/06/2010	09-1-1.3-16	California	3760102	80	S-1174-06-10	3760102.80	10.75	40.83	48.42	Franco	38.57	17.75	1.09	49.81
25/06/2010	09-1-1.3-16	California	3760102	90	S-1174-06-10	3760102.90	8.76	37.97	53.28	Franco Arenoso	36.39	18.25	1.14	46.96
25/06/2010	09-1-1.3-16	California	3760102	100	S-1174-06-10	3760102.100	8.76	37.97	53.28	Franco Arenoso	36.39	18.25	1.14	46.96
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	Ojo de agua Cushin	4760204	10	S-251-02-10	4760204.10	13.39	40.29	46.32	Franco	28.16	15.34	1.21	13.82
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	Ojo de agua	4760204	20	S-258-02-10	4760204.20	14.88	31.91	53.21	Franco Arenoso	28.59	14.97	1.21	14.40

		Cushin												
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	Ojo de agua Cushin	4760204	30	S-268-02-10	4760204.30	6.74	46.69	46.57	Franco Arenoso	28.94	16.44	1.19	19.47
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	Ojo de agua Cushin	4760204	40	S-248-02-10	4760204.40	15.56	44.94	39.50	Franco	30.44	18.76	1.10	26.03
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	Ojo de agua Cushin	4760204	50	S-254-02-10	4760204.50	9.28	44.70	46.02	Franco	30.66	17.51	1.18	27.98
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	Ojo de agua Cushin	4760204	60	S-253-02-10	4760204.60	15.21	33.75	51.04	Franco	23.17	12.24	1.30	23.81
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	Ojo de agua Cushin	4760204	70	S-265-02-10	4760204.70	12.82	21.70	65.48	Franco Arenoso	17.58	9.40	1.26	18.84
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	Ojo de agua Cushin	4760204	80	S-276-02-10	4760204.80	16.18	17.67	66.16	Franco Arenoso	17.48	10.39	1.14	15.44
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	Ojo de agua Cushin	4760204	90	S-262-02-10	4760204.90	8.69	25.66	65.66	Franco Arenoso	17.90	10.76	1.22	16.93
17/02/2010	09-1-1.3-16 Est. Sonda Neutrones	Ojo de agua Cushin	4760204	100	S-259-02-10	4760204.100	10.77	25.75	63.48	Franco Arenoso	18.00	10.83	1.18	16.06
25/06/2010	09-1-1.3-16 Con veta	Morenas	3730408 con veta	10	S-1182-06-10	3730408 con veta.10	7.19	32.08	60.73	Franco Arenoso	19.18	8.04	1.33	30.74
25/06/2010	09-1-1.3-16 Con veta	Morenas	3730408 con veta	20	S-1180-06-10	3730408 con veta.20	7.28	18.26	74.46	Franco Arenoso	13.46	5.84	1.42	26.45
25/06/2010	09-1-1.3-16 con veta	Morenas	3730408 con veta	30	S-1193-06-10	3730408 con veta.30	7.36	4.45	88.19	Arena Franca	7.75	3.64	1.51	22.15
25/06/2010	09-1-1.3-16 Con veta	Morenas	3730408 con veta	40	S-1192-06-10	3730408 con veta.40	7.39	5.00	87.61	Arena Franca	7.23	3.41	1.51	24.53
25/06/2010	09-1-1.3-16 Con veta	Morenas	3730408 con veta	50	S-1188-06-10	3730408 con veta.50	7.43	5.54	87.03	Arena Franca	6.72	3.18	1.50	26.91
25/06/2010	09-1-1.3-16 Con veta	Morenas	3730408 con veta	60	S-1188-06-10	3730408 con veta.60	10.82	20.88	68.30	Arena Franca	8.08	3.71	1.46	28.69
25/06/2010	09-1-1.3-16 Con veta	Morenas	3730408 con veta	70	S-1188-06-10	3730408 con veta.70	14.21	36.21	49.57	Franco	9.44	4.25	1.41	30.47
25/06/2010	09-1-1.3-16 Con veta	Morenas	3730408 con veta	80	S-1188-06-10	3730408 con veta.80	10.75	30.33	58.92	Franco	15.82	7.61	1.30	37.03
25/06/2010	09-1-1.3-16 Con veta	Morenas	3730408 con veta	90	S-1188-06-10	3730408 con veta.90	7.29	24.44	68.27	Franco Arenoso	22.21	10.97	1.20	43.60
25/06/2010	09-1-1.3-16 Con veta	Morenas	3730408 con veta	100	S-1188-06-10	3730408 con veta.100	8.02	31.20	60.77	Franco Arenoso	29.30	14.61	1.17	45.28
25/06/2010	09-1-1.3-16 sin veta	Morenas	3730408 sin veta	10	S-1189-06-10	3730408 sin veta.10	11.45	20.37	68.19	Franco Arenoso	33.40	14.56	1.11	35.92
25/06/2010	09-1-1.3-16 sin veta	Morenas	3730408 sin veta	20	S-1185-06-10	3730408 sin veta.20	9.33	23.38	67.29	Franco Arenoso	32.51	13.62	1.10	37.45
25/06/2010	09-1-1.3-16 sin veta	Morenas	3730408 sin veta	30	S-1173-06-10	3730408 sin veta.30	7.21	26.40	66.40	Franco Arenoso	31.61	12.69	1.09	38.99
25/06/2010	09-1-1.3-16 sin veta	Morenas	3730408 sin veta	40	S-1181-06-10	3730408 sin veta.40	13.11	35.06	51.83	Franco Arenoso	33.93	13.96	1.07	45.15
25/06/2010	09-1-1.3-16 sin veta	Morenas	3730408 sin veta	50	S-1181-06-10	3730408 sin veta.50	19.02	43.73	37.25	Franco	36.25	15.24	1.05	51.32
25/06/2010	09-1-1.3-16 sin veta	Morenas	3730408 sin veta	60	S-1181-06-10	3730408 sin veta.60	16.24	36.51	47.25	Franco	34.67	15.22	1.06	51.23
25/06/2010	09-1-1.3-16 sin veta	Morenas	3730408 sin veta	70	S-1181-06-10	3730408 sin veta.70	13.47	29.28	57.25	Franco Arenoso	33.09	15.20	1.08	51.14
25/06/2010	09-1-1.3-16 sin veta	Morenas	3730408 sin veta	80	S-1181-06-10	3730408 sin veta.80	13.47	29.28	57.25	Franco Arenoso	33.09	15.20	1.08	51.14
25/06/2010	09-1-1.3-16 sin veta	Morenas	3730408 sin veta	90	S-1181-06-10	3730408 sin veta.90	13.47	29.28	57.25	Franco Arenoso	33.09	15.20	1.08	51.14
25/06/2010	09-1-1.3-16 sin veta	Morenas	3730408 sin veta	100	S-1181-06-10	3730408 sin veta.100	13.47	29.28	57.25	Franco Arenoso	33.09	15.20	1.08	51.14
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 con veta	10	S-2945-05-11	670305 con veta.10	9.98	30.27	59.75	Franco Arenoso	33.75	10.20	1.13	8.57
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 con veta	20	S-2948-05-11	670305 con veta.20	9.98	22.12	67.90	Franco Arenoso	29.79	10.20	1.21	9.66
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 con veta	30	S-2943-05-11	670305 con veta.30	9.92	32.24	57.84	Franco Arenoso	34.64	11.10	1.13	11.04
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 con veta	40	S-2946-05-11	670305 con veta.40	7.93	24.39	67.68	Franco Arenoso	33.07	10.39	1.19	10.48
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 con veta	50	S-2940-05-11	670305 con veta.50	7.94	15.97	76.09	Franco Arenoso	25.76	9.06	1.25	9.21
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 con veta	60	S-2942-05-11	670305 con veta.60	5.76	9.94	84.30	Arena Franca	22.95	7.40	1.31	6.40
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 con veta	70	S-2944-05-11	670305 con veta.70	5.73	9.67	84.59	Arena Franca	20.65	6.89	1.39	7.37
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 con veta	80	S-2954-05-11	670305 con veta.80	5.70	5.70	88.61	Arena	12.42	4.80	1.44	4.83
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 con veta	90	S-2947-05-11	670305 con veta.90	3.67	1.81	94.52	Arena	8.03	3.56	1.46	3.61
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 con veta	100	S-2937-05-11	670305 con veta.100	3.84	1.86	94.30	Arena	6.75	3.59	1.51	3.80
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 sin veta	10	S-2931-05-11	670305 sin veta.10	12.09	39.51	48.40	Franco	32.33	11.72	1.14	18.76
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 sin veta	20	S-2921-05-11	670305 sin veta.20	12.05	39.22	48.73	Franco	29.49	13.31	1.07	23.62
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 sin veta	30	S-2935-05-11	670305 sin veta.30	10.31	32.94	56.76	Franco Arenoso	27.65	15.06	1.06	25.75
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 sin veta	40	S-2926-05-11	670305 sin veta.40	8.00	26.94	65.06	Franco Arenoso	26.56	12.59	1.06	24.97

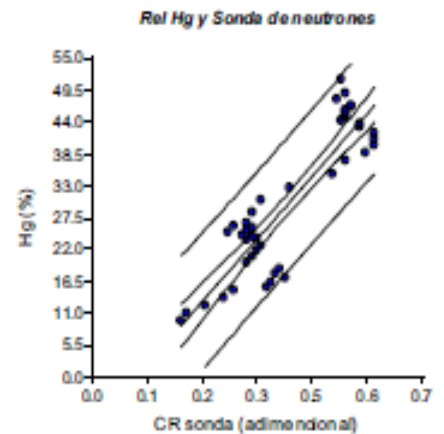
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 sin veta	50	S-2918-05-11	670305 sin veta.50	7.79	16.67	75.54	Franco Arenoso	21.98	11.00	1.06	20.58
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 sin veta	60	S-2920-05-11	670305 sin veta.60	7.87	12.37	79.76	Arena Franca	16.97	7.62	1.18	19.84
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 sin veta	70	S-2917-05-11	670305 sin veta.70	5.83	16.68	77.49	Arena Franca	17.31	7.86	1.27	18.52
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 sin veta	80	S-2932-05-11	670305 sin veta.80	5.95	18.66	75.38	Franco Arenoso	18.03	6.95	1.28	22.89
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 sin veta	90	S-2922-05-11	670305 sin veta.90	7.56	33.09	59.35	Franco Arenoso	25.15	8.50	1.24	31.85
12/05/2011	09-1-1.2-16	Nvo. San Carlos	670305 sin veta	100	S-2916-05-11	670305 sin veta.100	10.02	42.99	46.99	Franco	38.89	11.93	1.06	37.79

10.3 MODELO DE REGRESIÓN:



Modelo de calibración
Hg (%) = 92.68 (CR) - 8.66

CR (adimensional) = $\frac{\text{Lectura sonda en el campo}}{33^*}$



CR = *Conteo relativo de la sonda de neutrones*

*33 es una constante de lectura de la sonda en agua, determinado en el campo

Figura 24. Análisis curva de regresión, para calibración sonda de neutrones.

Cuadro 7. Área total de la administración “La Felicidad”, con su potencial en área con aporte capilar, donde el área sin vetas es considerada como esta área.

Finca	Has. sin Veta	Vetas	% Vetas	Total Area
048: Manglares	624.39	42.54	6.81	666.93
067: Nvo. Sn Carlos	309.25	35	11.32	344.25
099: Las Cuevas	167.04	18.82	11.27	185.86
127: Las Delicias	128.24	8.07	6.29	136.31
159: Ojo De Agua	387.64	23.77	6.13	411.41
230: Santa Cecilia	40.76	1.38	3.39	42.14
232: Salamanca	116.37	26.77	23.00	143.14
364: Granada	227.79	17.22	7.56	245.01
368: El Congo	68.63	6.6	9.62	75.23
369: La Felicidad	1,390.66	70.55	5.07	1,461.21
370: El Recuerdo	100.62	5.69	5.65	106.31
371: El Paraiso	33.47	1.38	4.12	34.85
373: Morenas F.	415.35	20.62	4.96	435.97
374: Agrop. El Congo	163.10	28.82	17.67	191.92
375: Monterrey	81.86	3.17	3.87	85.03
376: California	92.88	10.15	10.93	103.03
380: Holanda	202.41	4.93	2.44	207.34
476: Ojo De Agua Cushin	396.46	14.04	3.54	410.50
518: Agrop. El Congo II	75.82	2.03	2.68	75.82
Total general	5,022.74	341.55	6.80	5,362.26

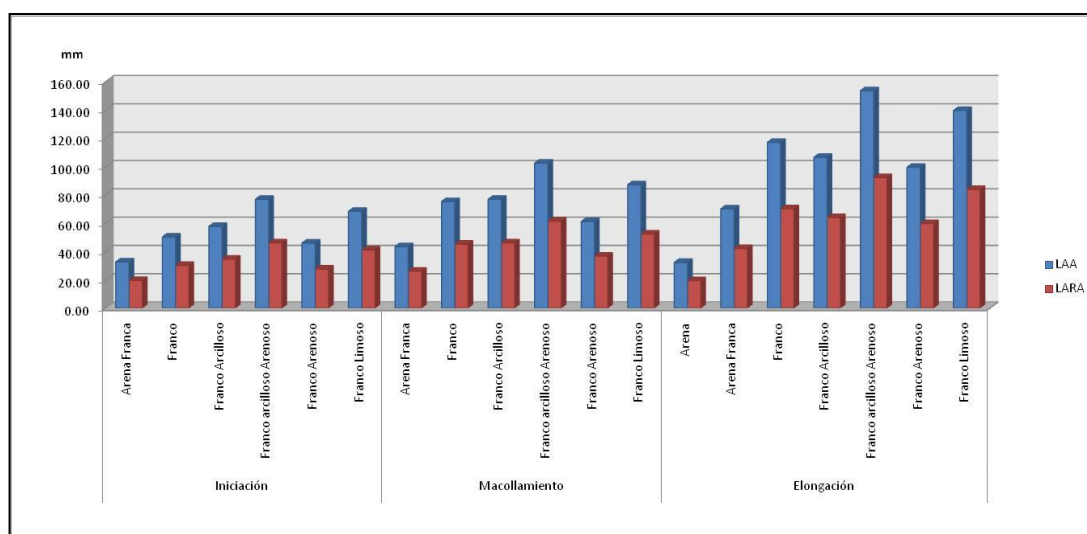


Figura 25. Láminas de agua aprovechable (LAA) y lámina de agua rápidamente aprovechable para las etapas fenológicas con las diferentes texturas encontradas en las fincas de la Admón. “La Felicidad”, en el estrato litoral de la zona cañera guatemalteca.

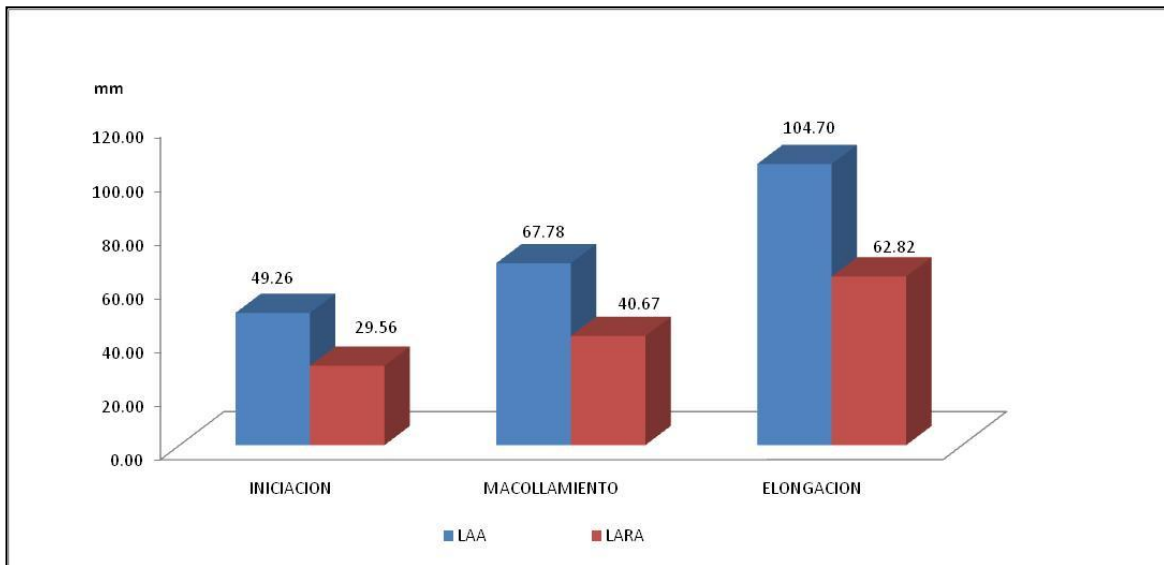


Figura 26. LAA y LARA estimados para las distintas etapas fenológicas (iniciación, macollamiento, elongación) de la caña de azúcar, para el caso de las fincas de la Admón. “La Felicidad”, en la zona cañera guatemalteca.