

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

APLICACIÓN DE ÁCIDOS HÚMICOS POR EL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO, EN
SEMILLEROS DE CAÑA DE AZUCAR, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

DANY ABINADI SAMAYOA VILLAGRES
CARNET 24491-07

COATEPEQUE, JUNIO DE 2017
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

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

APLICACIÓN DE ÁCIDOS HÚMICOS POR EL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO, EN
SEMILLEROS DE CAÑA DE AZUCAR, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

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

POR
DANY ABINADI SAMAYOA VILLAGRES

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

COATEPEQUE, JUNIO DE 2017
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

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

SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
ING. HARRY FLORENCIO DE MATA MENDIZABAL

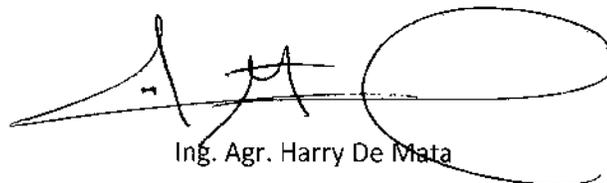
TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. ALMA LETICIA CIFUENTES ALONZO
MGTR. JORGE LUIS SANDOVAL SANDOVAL
LIC. GUITI MANUEL GAMBOA SANTOS

Guatemala, 2 de Junio del 2017

Honorable Miembros del Consejo
Facultad Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el informe final de Práctica Profesional del estudiante **Dany Samayoa Villagres**, que se identifica con carne 24491-07, titulado "Aplicación de Ácidos Húmicos por el sistema de riego por goteo, en semilleros de caña de azúcar, Santo Domingo, Suchitepéquez", el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por Facultad para que sea aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Agr. Harry De Mata
Asesor



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06741-2017

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Sistematización de Práctica Profesional del estudiante DANY ABINADI SAMAYOA VILLAGRES, Carnet 24491-07 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Coatepeque, que consta en el Acta No. 0690-2017 de fecha 9 de julio de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

APLICACIÓN DE ÁCIDOS HÚMICOS POR EL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO, EN SEMILLEROS DE CAÑA DE AZUCAR, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ

Previo a conferirsele 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, a los 21 días del mes de junio del año 2017.



**MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar**

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor Ing. Agr. Harry de Mata por su valiosa asesoría, revisión y corrección de la presente, sistematización de práctica profesional.

A la finca Las Rosas, Ingenio Magdalena S.A., Santo Domingo, Suchitepéquez, por permitirme realizar mi Práctica Profesional.

DEDICATORIA

A

Dios: por sobre todas las cosas por brindarme la vida y permitirme sentir su amor, su fidelidad, su protección, sus bendiciones y misericordia inconfundible en mi vida.

Mis Padres: MARCO TULLIO SAMAYOA CORDOVA
MIRNA VILLAGRES LUCAS
por todos los sacrificios que hicieron y siguen haciendo por mí, su amor y su ejemplo.

Mi hermana: por su apoyo, cariño y consejos que siempre me brinda.

Mis amigos: por el apoyo moral que me brindaron.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN.....	i
SUMMARY.....	ii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES	2
2.1 REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1.1 Evolución del riego.....	2
2.1.2 Riego por goteo	2
2.1.3 Riego mecanizado	6
2.1.4 Ácidos húmicos.....	6
2.1.5 Aplicación de ácidos húmicos en caña de azúcar.....	8
2.1.6 Generalidades del cultivo de caña de azúcar	10
2.2 CONTEXTO	13
2.2.1 Necesidad empresarial	13
2.2.2 Localización	13
2.2.3 Descripción de la actividad de la empresa/organización.....	14
.....	16
2.2.4 Justificación	16
III. OBJETIVOS.....	17
3.1 GENERAL.....	17
3.2 ESPECÍFICOS	17
IV. ALCANCE.....	18
4.1 METODOLOGÍA.....	18
4.1.1 Seguimiento de las actividades de fertilizaciones y la aplicación de ácidos húmicos.....	18
4.1.2 Determinación del crecimiento de la caña de azúcar.....	18
4.1.3 Apoyo en la determinación de la influencia de los ácidos húmicos en la manguera y goteros	19
4.1.4 Cronograma de actividades	20
4.2 PRODUCTOS ESPERADOS.....	20
4.2.1 Registro de las aplicaciones de ácidos húmicos	20
4.2.2 Registros de la dinámica del crecimiento de la caña.....	20
4.2.3 Determinación del impacto del producto en la tubería.....	20

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
5.1 Seguimiento de las actividades de fertilizaciones y la aplicación de ácidos húmicos	21
5.2 Determinación del crecimiento de la caña de azúcar	22
VI. CONCLUSIONES	27
VII. RECOMENDACIONES	28
VIII. BIBLIOGRAFÍA	29
IX. ANEXOS	32

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Estratos altitudinales de la zona cañera	12
Figura 2	Organigrama de región occidente del Ingenio Magdalena S.A	16
Figura 3	Cantidades aplicadas de cada elemento por turno de riego por goteo	22
Figura 4	Comportamiento del crecimiento en altura en cuatro muestreos	23
Figura 5	Medición de ácidos húmicos antes de su aplicación	32
Figura 6	Presentación de los ácidos húmicos evaluados en caña de azúcar	33
Figura 7	Muestreo de manguera y goteros en áreas de aplicación de ácidos húmicos	34
Figura 8	Muestreo en el área donde se aplicó ácidos húmicos	35
Figura 9	Efecto de los ácidos húmicos en la manguera de riego por goteo	36
Figura 10	Efecto de los ácidos húmicos en goteros	36
Figura 11	Muestreo de manguera en áreas sin aplicación de ácidos húmicos	37
Figura 12	Efecto de goteros sin ninguna aplicación de ácidos húmicos	38
Figura 13	Sistema de inyección de fertilizante en caña de azúcar	38
Figura 14	Corte de semilla en caña de azúcar	39

ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1	Resultados obtenidos en la evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos aplicando la dosis de 100% de fertilizante en caña de azúcar	9
Cuadro 2	Resultados obtenidos en la evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos aplicando la dosis de 70% de fertilizante en caña de azúcar	10
Cuadro 3	Características climáticas de cada estrato de la zona cañera	12
Cuadro 4	Cantidades de elemento (kg) y ácidos húmicos (L) por hectárea, en los cuatro turnos de riego por goteo	21
Cuadro 5	Altura de la caña (metros) desde el suelo hasta el último entrenudo verdadero tomado en cuatro diferentes muestreos	22
Cuadro 6	Desarrollo de entrenudos durante el ciclo de semillero	24
Cuadro 7	Diámetro de entrenudos (centímetros) durante el ciclo de semillero	24
Cuadro 8	Numero de paquetes de semilla por hectárea y su peso promedio	24
Cuadro 9	Rendimiento de caña (t/ha) en los lotes con y sin aplicación de ácidos húmicos	25
Cuadro 10	Resultados obtenidos en porcentajes sobre el efecto de los ácidos húmicos en el sistema de riego por goteo	26

APLICACIÓN DE ÁCIDOS HÚMICOS POR EL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO, EN SEMILLEROS DE CAÑA DE AZÚCAR, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ

RESUMEN

El siguiente informe de práctica profesional realizada en la finca Las Rosas, del Ingenio Magdalena, se enfocó en dos principales problemas a nivel mundial, la escases de agua y ser amigables con el ambiente; para optar a una certificación, la cual toma en cuenta estos factores. El riego por goteo tiene como objetivo hacer un uso racional del agua, la eficiencia del riego por goteo puede llegar hasta un 95%. Se evaluó la aplicación de ácidos húmicos bajo este sistema de riego, como una alternativa para la reducción del uso de sustancias químicas. Los objetivos fueron conocer las cantidades de elementos aplicados en el ciclo de semillero, diferencias de crecimiento en altura y determinar el efecto de los ácidos húmicos en la manguera del sistema de riego por goteo. Se aplicó 113 kg de N/ha, 105 kg de P_2O_5 /ha, 53 kg de K_2O /ha, 40 kg de SO_4 /ha, 2 kg de Zn/ha, 2 kg de B/ha y en el área de prueba se aplicaron 12 lt/ha de ácidos húmicos en 18 aplicaciones. Para cuantificar la altura se realizaron cuatro muestreos con referencia a 4, 5, 6 y 7 meses de edad y se logró obtener con lo aplicado una diferencia de altura de 0.26 m que desde los primeros muestreos de crecimiento marcó la diferencia de altura, tomando en cuenta que toda variación se debe a la aplicación de ácidos húmicos. Se concluye que los ácidos húmicos no tuvieron ningún efecto negativo en las mangueras y emisores del sistema de riego por goteros, según muestreos visuales realizados en campo, por lo tanto se recomienda su aplicación bajo este sistema.

HUMIC ACIDS APPLICATION BY THE DRIP IRRIGATION SYSTEM IN SUGAR CANE SEEDS; SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ

SUMMARY

The following professional practice report carried out in Las Rosas Farm of Magdalena Mill, focused on two major global problems, water scarcity and being environmentally friendly; to qualify for a certification, which takes these factors into account. Drip irrigation aims to make rational water use, drip irrigation efficiency can reach up to 95%. The humic acids application under this irrigation system was evaluated as an alternative for the reduction of the chemical substances use. The objectives were to know the amounts of elements applied in the seed cycle, differences in growth in height and to determine the humic acids effect on the drip irrigation system hose. A total of 113 kg of N/ha, 105 kg of P₂O₅/ha, 53 kg of K₂O/ha, 40 kg of SO₄/ha, 2 kg of Zn/ha, 2 kg of B/ha were applied and in the test area was applied 12 lt/ha of humic acids in 18 applications. In order to quantify the height, four samplings were carried out with reference to 4, 5, 6 and 7 months of age and it was possible to obtain a height difference of 0.26 m, which from the growth first sampling marked the height difference, taking into account that all variation is due to humic acids application. It is concluded that humic acids did not have any negative effect on the hoses and emitters of the irrigation system by drippers, according to visual field sampling; therefore it is recommended to apply under this system.

I. INTRODUCCIÓN

La agroindustria azucarera guatemalteca representa el 31% del valor total de la exportación agrícola guatemalteca y 15.36 % de las exportaciones totales del país. Es el sector económico que más divisas genera. Durante el año 2013, el azúcar y la melaza produjeron un ingreso de US\$ 978.1 millones. La agroindustria azucarera guatemalteca, que representa alrededor del 3% del PIB nacional, genera 425,000 empleos directos e indirectos, 32,000 corresponden a cortadores de caña (ASAZGUA, 2015).

El riego por goteo es parte de la innovación del Ingenio Magdalena S.A. Actualmente en la administración Icán se cuenta con 226.51 hectáreas bajo este nuevo sistema de riego, representando un 7.24 % del área de la administración. Una de las necesidades de la empresa es que debido al crecimiento hacia las áreas del occidente del país, se encuentran suelos Vertisoles, conocidos como arcillosos, estos suelos tienen la particularidad que con mucha agua se complica trabajarlos y con poca agua se agrietan. Tienen una buena capacidad de intercambio catiónico. Los riegos que se utilizan en el cultivo de caña de azúcar son: aspersión, este fue uno de los primeros en utilizarse; el riego mecanizado; el riego mini aspersión, que fue reemplazando a los riegos antes mencionados.

En Guatemala actualmente se han iniciado los proyectos de riego por goteo, siendo una práctica relativamente nueva en el Ingenio Magdalena S.A. La aplicación de ácidos húmicos es mucho más eficiente cuando se realiza al suelo. El riego por goteo es conocido como riego localizado, dentro sus ventajas está que se pueden hacer aplicaciones en cualquier época del año, tanto de agua como de sustancias solubles en la misma.

Los semilleros de caña de azúcar son la base principal para obtener buenos resultados en las plantaciones, el enfoque de los ingenios es producir más en menos área de semillero.

II. ANTECEDENTES

2.1 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.1 Evolución del riego

Debido a que en Guatemala están definidas las épocas lluviosas y no lluviosas, la industria azucarera considera como época para regar entre el 15 de noviembre al 15 de mayo.

Según Castro (2012), desde el año 2000 el riego comenzó a tener un despliegue importante, porque de toda el área cultivada de caña se regaba un 61%, para el año 2009/2010 logró ocupar un 80%, con 146,347 hectáreas con riego de toda el área cultivada. En el año de 1990 los tipos de riego que predominaban era el riego por gravedad, inundación y tipo aspersión cañón. En 1998 aparece el riego por surcos, entre los años 2004/2005 aparece el riego mini aspersión, en 2000/2002 aparece el riego mecanizado (pivote) y tiene su aparición el riego por goteo para los años 2010/2011. Para poder regar, las fuentes más utilizadas siguen siendo los ríos, ocupando un 63%, las norias ocupan un 15% y los pozos mecánicos y artesanales ocupan solamente el 10%.

2.1.2 Riego por goteo

El riego por goteo es una tecnología relativamente nueva en el cultivo de caña de azúcar, este riego ayuda a mitigar los grandes problemas con los que actualmente se enfrenta el área agrícola, primero la escases de agua y segundo los altos costos de bombeo por la mano de obra que se utiliza. El riego por goteo se define como la aplicación precisa, lenta y frecuente de agua mediante un punto o una línea de emisores sobre o bajo la superficie del suelo, que funcionan con baja presión de trabajo y con bajo caudal produciendo un mojado parcial de la superficie del suelo, en diversas situaciones agro-ecológicas, el riego por goteo registró una producción mayor

(de 50 a 90 t/ha), la reducción del agua (de un 30 a un 45%) y de fertilizantes (de un 25 a un 30%) (NETAFIM, 2015).

a) Riego por goteo superficial

Se define así a la aplicación de agua sobre la superficie del suelo, en forma de gotas o como un fino chorro, a través de emisores localizados a una distancia predeterminada a lo largo del lateral de goteo. Puede ser de dos tipos, goteo superficial en franja o integral. Para la caña de azúcar se recomienda la línea de goteo integral (NETAFIM, 2015).

b) Riego por goteo subterráneo

Corresponde a la aplicación de agua bajo la superficie del suelo a través de emisores moldeados en la pared interna del lateral de goteo, con caudales (1.0 - 3.0 LPH) que, generalmente, están dentro del mismo rango que los caudales del riego por goteo superficial integral. Este método de aplicación del agua es diferente y no debe ser confundido con el método en el que la zona radicular es regada por el control de la capa freática, definido como riego subterráneo. El lateral de goteo integral (de pared fina o gruesa) es instalado en el suelo a una profundidad determinada, que depende del tipo de suelo y de los requerimientos del cultivo. La plantación fue establecida con un distanciamiento de 1.9 m, en el sistema de surqueo conocido como surco de piña. La manguera va enterrada a una profundidad de 20 cm por en medio de los dos surcos, con la salida de los goteros para arriba. Los goteros se encuentran a una distancia de 50 cm entre ellos (NETAFIM, 2015).

Subirós (2000) indica que el riego por goteo es otra alternativa para regar la caña de azúcar. El sistema se emplea en lugares donde la disponibilidad de agua es escasa, así como en suelos con baja retención de humedad (textura arenosa). La utilización del agua es eficiente, entre el 80% y el 95%. El método consiste en distribuir pequeña cantidades de agua subterráneamente, a baja presión, por medio de una serie de orificios que se localizan a lo largo de la manguera, con un espaciamiento relativamente corto (0.30 – 0.60 cm). Existen en el mercado varios tipos de mangueras, las cuales han sido mejoradas debido al uso que se le da en otros cultivos como melón,

ornamentales y hortalizas en general. El agua sale lentamente por los goteros (en forma de gotas) a un volumen entre 1 a 2 l/hora, dependiendo del diseño del equipo, lo que permite mantener una humedad adecuada permanentemente en la zona radical.

El riego por goteo fue desarrollado antes de 1920, y luego, en los años treinta, se desarrollaron los aspersores y tubos de acero liviano. Los primeros experimentos que condujeron al desarrollo del riego por goteo datan de fines del siglo XIX, pero el verdadero progreso no fue alcanzado sino hasta fines de los cincuenta y principios de los sesenta (Keller y Bliesner, 1990).

La rápida implementación del riego por goteo comenzó en los años setenta como resultado de la invención de tubos de plástico baratos. Los sistemas de goteo o de micro riego incluyen los de goteo propiamente dicho, los microjet y los emisores micro aspersores (Keller y Bliesner, 1990).

La adopción de métodos de riego por goteo con el mojado parcial del suelo llevó adelante la transición hacia sistemas radicales restringidos solamente a la zona de mojado. Estos sistemas radicales limitados modificaron considerablemente el manejo de la fertilización tradicional. Este cambio desde la aplicación de fertilizantes al voleo en toda la superficie a una fertilización en bandas y a fertilizantes agregados al agua de riego fue desarrollado para satisfacer las necesidades de nutrientes a cultivos regados por goteo. Cronológicamente, la fertirrigación fue el resultado del riego localizado (Kafkafi & Tarchitzky, 2012).

La fertirrigación es una moderna técnica agrícola que provee la excelente oportunidad de maximizar los rendimientos y a la vez reducir la polución ambiental (Hagin, Sneh, Lowengart, 2002), al incrementar la eficiencia de uso de los fertilizantes, minimizar la aplicación de éstos y aumentar los beneficios económicos de la inversión en fertilizantes. En la fertirrigación, el momento, las cantidades y la concentración de los fertilizantes aplicados son fácilmente controlados (Kafkafi & Tarchitzky, 2012).

Aplicaciones frecuentes y pequeñas de agua en el riego por goteo inducen sistemas radiculares someros y compactos, en comparación con sistemas radiculares más profundos y extendidos en cultivos regados por aspersión o por inundación. En contraste, a causa de una mejor aireación y nutrición en la zona de transición del volumen de suelo regado por goteo, la densidad de las raíces finas es significativamente más alta que en los sistemas radiculares que crecen bajo sistemas de riego por aspersión (Figura 3; Sne, 2006). Por lo tanto, los agricultores deben evitar la compactación del suelo en las zonas de plantación durante la preparación del suelo (Huck, 1970).

c) Historia del riego por goteo en Guatemala

En los años 1996-1998 un Ingenio en Guatemala inicio con un proyecto de riego por goteo, teniendo la iniciativa de la oportunidad de utilizar una nueva tecnología, lo que buscaban era la eficiencia del riego y el aumento en la productividad ofrecida. Este proyecto no fue exitoso debido a la falta de atención y a la asesoría para un buen uso del sistema. Se descuidó la calidad química del agua, ya que para un proyecto de éstos se debe de tener claro los contenidos de hierro y manganeso, los que al entrar en contacto con el oxígeno del aire, forman óxidos de hierro que taponan los goteros (NETAFIM, 2015).

Desapareció el proyecto por problemas de taponamiento y ya no se hizo ninguna inversión de ningún proyecto; hasta el año 2011 otro ingenio realizó un proyecto de 200 hectáreas, ya con los cuidados de la calidad del agua, para el año 2012 el Ingenio Magdalena S.A. inicio con dos proyectos nuevos con un aproximado de 600 hectáreas y a la fecha en Guatemala ya se cuenta con 4000 hectáreas con este sistema, teniendo el Ingenio Magdalena S.A. un 80% del área con goteo a nivel nacional. Las características de la manguera utilizada en los proyectos son Dripnet 16125 de 16 mm de diámetro, 0.31 mm de espesor de pared, con un distanciamiento de 0.5 m entre goteros y una resistencia máxima en operación de 31 psi (Samayoa, 2015).

2.1.3 Riego mecanizado

El pivote central tiene la característica de utilizar menos mano de obra por ser un riego mecanizado y la demanda de energía es menor, comparada con la que requiere otros sistemas, cuyos aspersores funcionan eficientemente a una presión no menor de 40-60 libras por pulgada cuadrada (psi). Los aspersores del pivote operan a presiones que están en un rango de 10 a 20 libras por pulgada cuadrada (psi), esto hace que la demanda de energía y por ende el consumo de combustible para operar el sistema sea mucho menor (Esquit, 2004).

2.1.4 Ácidos húmicos

Los ácidos húmicos son moléculas complejas orgánicas, formadas por la descomposición de materia orgánica, e influyen en la fertilidad del suelo por su efecto en el aumento de su capacidad de retener agua, además contribuyen significativamente a la estabilidad y fertilidad del suelo con resultados que favorecen el crecimiento de los cultivos y en el incremento en la absorción de nutrimentos (INIFAP, 1996).

Los ácidos húmicos son derivados del mineral leonardita, una forma oxidada de lignito, y son los constituyentes principales de la materia orgánica vegetal en un estado avanzado de descomposición. La humificación es, por lo tanto, un proceso evolutivo por el cual la materia orgánica se transforma, primero en humus joven, pasa a humus estable hasta llegar a la mineralización que forma el ácido húmico. Los ácidos húmicos derivados de leonardita son muy estables, su grado de oxidación y los componentes son más uniformes (CANALAGRO, 2007).

Constituyen grupos heterogéneos que no están definidos por una composición determinada (como sería lo ideal), sino que se establecen en base a su comportamiento a determinados reactivos (según sean solubles o precipiten). El humus al tratarlo con una serie de reactivos extractantes se separa en una serie de fracciones. A cada fracción extraída se le da un nombre. Mediante los reactivos alcalinos, como el NaOH, se separan las huminas (que son insolubles) de los ácidos fúlvicos y húmicos. Estos

últimos se separan mediante tratamiento ácido, generalmente HCl; los ácidos fúlvicos son solubles en HCl mientras que los húmicos son insolubles. El comportamiento frente al calcio diferencia dos fracciones de ácidos húmicos: ácidos húmicos pardos, solubles en calcio y ácidos húmicos grises, insolubles en calcio (CANALAGRO, 2007).

Las sustancias húmicas de alto peso molecular, los ácidos húmicos y humatos, alteran las características físicas del suelo; mientras las de bajo peso molecular, los ácidos fúlvicos y los fulvatos están involucrados en reacciones químicas en el suelo que influyen en procesos metabólicos de las plantas. Los ácidos fúlvicos pueden formar oxidaciones enzimáticas o químicas. Tanto los ácidos húmicos como los fúlvicos en el suelo son el resultado de degradaciones químicas y biológicas de organismos muertos. La formación de estas sustancias puede aparecer con cambios exudativos de fragmentos orgánicos, síntesis microbiana, condensación química, después rompimiento biológico o de una auto digestión de la biomasa húmica (CANALAGRO, 2007).

Los ácidos húmicos se presentan como sólidos amorfos de color marrón oscuro, insolubles en agua y en casi todos los disolventes no polares, pero fácilmente dispersables en las soluciones acuosas de los hidróxidos y sales básicas de los metales alcalinos, constituyen un hidrosol que puede experimentar floculación mediante el tratamiento de los ácidos o los demás cationes (CANALAGRO, 2007).

Reportes sobre ácidos húmicos han indicado un incremento en la permeabilidad de las membranas celulares, estimulan la absorción de nutrientes. Muchos investigadores han observado un efecto positivo en el crecimiento de varios grupos de microorganismos. Hay evidencia también que parte de las materias húmicas contienen poblaciones grandes de actinomicetos (microorganismos que tienen en común propiedades de hongos y también de bacterias) que pueden degradar una amplia gama de sustancias inclusive de celulosas, hemicelulosa, proteínas y ligninas (Bioflora, 2008).

Se han utilizado los ácidos húmicos por su efecto en el mejoramiento de las condiciones del suelo, es decir, optimizar la estructura, permeabilidad y el nivel de materia orgánica. Demostrando así una mejor respuesta en el sistema radicular de la planta (Quevedo, 2012)

a) Funciones de los ácidos húmicos (Ramos, 2000):

- Aportan nutrientes a las raíces.
- Mejoran la estructura del suelo, incidiendo en la relación agua-aire.
- Incremento de la actividad microbiana en el suelo.
- Aumento en la capacidad de intercambio catiónico (CIC).
- Aumento de la disponibilidad de micronutrientes para las plantas.
- Aporte de sustancias húmicas que actúan como transportadoras de nutrientes.
- Estimula el crecimiento radicular (mayor cantidad de raíces).

Palma (2003), en el trabajo de tesis, Evaluación de ácidos húmicos en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum*), concluye que actúan como coadyuvantes a la fertilización química, debido a las características físicas y químicas de los mismos, con lo que se incrementa moderadamente la producción en el cultivo de tomate.

2.1.5 Aplicación de ácidos húmicos en caña de azúcar

No hay información documentada sobre la aplicación de ácidos húmicos en caña de azúcar en la Finca Las Rosas.

En la finca Canadá se realizaron pruebas sobre diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos en caña de azúcar, obteniendo los siguientes resultados.

a) Evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos (líquidos) aplicando el 100% de fertilizante

Se realizó en la Finca Canadá de la administración Chiquimulilla, fueron evaluadas 12 fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, utilizando el 100% de fertilizante para todos los

tratamientos, las dosis en kg de elemento por ha para todos fue de N 140, P₂O₅ 60, K₂O 100, obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 1. Resultados obtenidos en la evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos aplicando la dosis de 100% de fertilizante en caña de azúcar.

Producto	TCH
Testigo	204
HCA-25	204
Humi Basic	200
Humitron	225
K-Tionic	227
Mezcla de Humiplex 40 kg/ha, y K-lionic 1 lts/ha	197
Natur Vital	212
Natural - Complet G	199
Nutrivert Húmicos WP	213
Organic Field Suelo, Organic Field Planta	220
Solum F30, Solum H80	208
Sumagrow	217

(IMSA, 2016)

Se hizo una sola aplicación de los ácidos húmicos y fúlvicos de forma líquida y con la técnica de aplicación llamada drench, que consiste en aplicarlo al suelo en la base de la planta, donde se determinó que existen fuentes que estuvieron por debajo del testigo y el mayor resultado obtenido en la evaluación fue un incremento de 23 toneladas de caña por hectárea por la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos.

b) Evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos (líquidos) aplicando el 70% de fertilizante

Se realizó en la Finca Canadá de la administración Chiquimulilla, fueron evaluadas 12 fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, utilizando el 70% de fertilizante para todos los tratamientos, con la finalidad de reducir la cantidad de fertilizante considerando la parte económica y ambiental. Las dosis en kg de elemento por ha para todos fue de N 100, P₂O₅ 60, K₂O 100, obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 2. Resultados obtenidos en la evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos aplicando la dosis de 70% de fertilizante en caña de azúcar.

Producto	TCH
Testigo	213
HCA-25	205
Humi Basic	214
Humitron	232
K-Tionic	218
Mezcla de Humiplex 40 Kg/ha, y K-lionic 1 lts/ha	224
Natur Vital	206
Natural - Complet G	218
Nutrivert Húmicos WP	197
Organic Field Suelo, Organic Field Planta	211
Solum F30, Solum H80	220
Sumagrow	212

(IMSA, 2016)

Se hizo una sola aplicación de los ácidos húmicos y fúlvicos de forma líquida y con la técnica de aplicación llamada drench, que consiste en aplicarlo al suelo en la base de la planta, donde se determinó que existen fuentes que estuvieron por debajo del testigo y el mayor resultado obtenido en la evaluación fue un incremento de 19 TCH por la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos, utilizando únicamente el 70% de la dosis de fertilizante.

2.1.6 Generalidades del cultivo de caña de azúcar

a) Requerimientos hídricos de la caña de azúcar

El consumo de agua por parte de la caña de azúcar varía de acuerdo con la etapa de desarrollo, la humedad del suelo y las condiciones climáticas. Los requerimientos que exige el cultivo van de 1200 y 1500 milímetros por hectárea por año, bajo un rango de condiciones climáticas y longitudes variables de temporada de cultivo de 12 a 14 meses, con un promedio de evapotranspiración de 4.5 a 5.5 mm por hectárea al día (CENGICAÑA, 2015).

La frecuencia y la profundidad del riego deben variar entre las distintas fases de crecimiento de la caña, durante la brotación inicial, la emergencia y el establecimiento de las plántulas jóvenes, el cultivo requiere menos agua, y por eso son preferibles riegos cortos y frecuentes. El suministro de agua debe ser en cantidad suficiente para mantener el suelo húmedo y con una adecuada aireación. Si se deja secar el suelo debido a la aplicación de riegos cortos y menos frecuentes, las yemas germinativas se secarán, reduciéndose y teniendo un atraso en la germinación (CENGICAÑA, 1994).

b) Requerimientos edafo-climáticos

La zona cañera de Guatemala se ha dividido en cuatro estratos (Figura 1), con base en su posición altitudinal expresada en metros sobre el nivel del mar (msnm). El estrato alto está localizado en la zona superior a los 300 msnm; el estrato medio entre 100 y 300 msnm; el estrato bajo entre 40 y 100 msnm y el estrato litoral se localiza entre 0 y 40 msnm (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, y Espinosa, 2012).

La caña de azúcar es una poacea, caracterizada porque durante su desarrollo forma un sistema vegetativo subterráneo, del cual nace un gran número de tallos y a los cuales en conjunto se le llama “cepa” (Flores, 1976).

Buenaventura (1986), determina que la caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz, en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis.

CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar), describe la morfología de la caña de azúcar de la siguiente forma: el sistema radicular se presenta de dos formas, los primordios radiculares que tienen un período de vida de 30 a 40 días, y las raíces permanentes, que brotan de los tallos o macollos, que se forman a partir de los esquejes (CENGICAÑA, 1994).

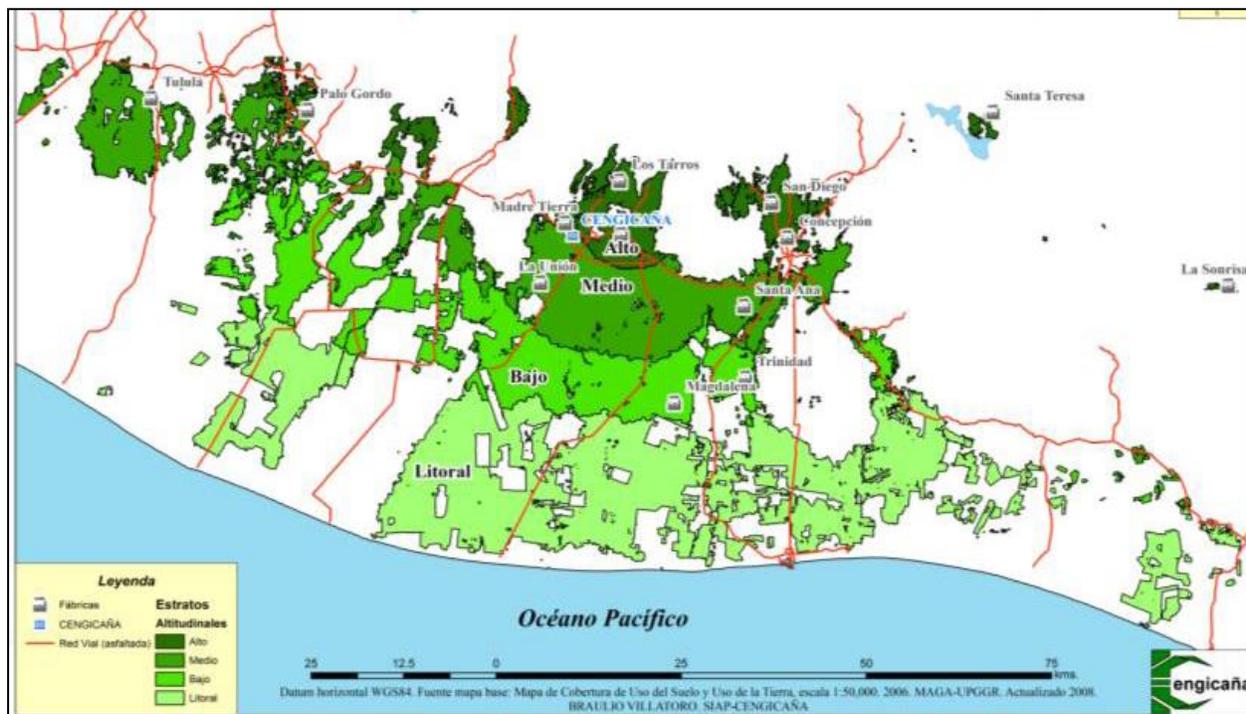


Figura 1. Estratos altitudinales de la zona cañera. (CENGICAÑA, 2012).

En el cuadro 3 se presentan las características climáticas de cada uno de los estratos altitudinales de la zona cañera en Guatemala.

Cuadro 3. Características climáticas de cada estrato de la zona cañera.

Estrato	Altitud (msnm)	pp (mm/año)	Temperatura (°C)			Radiación Solar (MJ/m ² /día)	Velocidad media del viento (km/h)
			Mínima	Media	Máxima		
Alto	> 300	4100	20.2	26.2	32.2	17.7	5.2
Medio	100-300	3700	20.5	26.7	32.2	17.3	6.8
Bajo	40-100	1900	21.2	27.3	33.8	18.4	6.2
Litoral	< 40	1500	21.0	27.5	33.4	18	8.7

El material sobre el cual se han desarrollado los suelos de la región cañera está principalmente constituido por cenizas, lapilli, pómez y otros materiales piroclásticos, derivados de las erupciones volcánicas ocurridas en diferentes épocas, principalmente durante la Cuaternaria (CENGICAÑA, 1996). Los suelos que mayor porcentaje del área total ocupan son los molisoles, con 40% del área total, éstos son más conocidos por su

textura como suelos francos, se encuentra en las zonas del litoral. Los suelos andisoles son poco evolucionados, derivados de ceniza volcánica, oscuros, con altos contenidos de materia orgánica y de baja densidad aparente y consistencia friable a suelta, ocupan el 26% del área total (Villatoro y Pérez, 2014).

2.2 CONTEXTO

2.2.1 Necesidad empresarial

El Ingenio Magdalena S.A. busca el proceso de certificación de campo Bonsucro que tiene como objetivo fomentar la sostenibilidad social, ambiental y económica del sector de la caña de azúcar, para ello es necesario reducir el uso de pesticidas y fertilizantes químicos, actualmente esto ayuda a evitar las pérdidas en la producción; viendo esta situación, es necesario utilizar productos que sean amigables con el ambiente, ayudando no solamente al hombre, también se evita el deterioro de la flora y fauna. Los ácidos húmicos son una de las alternativas para disminuir el impacto al ambiente.

En la empresa se establecieron sistemas de riego por goteo y aplicaciones de ácidos húmicos bajo este sistema, para ello era necesario llevar los registros de las aplicaciones, los efectos del producto en el sistema de riego y la toma de datos del comportamiento del cultivo observando la respuesta con la aplicación de ácidos húmicos. Para ello fue necesaria la participación del practicante para poder cumplir con estas actividades.

2.2.2 Localización

La práctica se realizó en el Ingenio Magdalena S.A., en la finca Las Rosas, que se encuentra ubicada en el municipio de Santo Domingo, departamento de Suchitepéquez, en las coordenadas 14° 9' 30.10" latitud norte y 91° 31' 18.11" longitud oeste, a una altitud de 32 msnm (Samayoa, 2015).

2.2.3 Descripción de la actividad de la empresa/organización

El Ingenio Magdalena S.A. se caracteriza por hacer valer principios y valores para que todo colaborador pueda tenerlos y vivirlos. Dentro de los principios están: Dios, Familia, Trabajo y Patria. Los valores son: Honestidad, Humildad, Pasión por los logros.

El proceso agrícola incluye todo el manejo agronómico que se le da al cultivo de caña de azúcar, realizando todas las labores con eficiencia y eficacia. Se enfoca en manejar una agricultura de precisión, con tecnología para obtener buenos resultados.

En la industria se encarga de producir azúcar fina y refina para exportación, activamente participan en la generación de energía eléctrica, aprovecha todos los subproductos de la caña como la vinaza, cachaza y producción de alcohol.

Para obtener mayor productividad, la empresa se organiza de la manera siguiente:

Superintendente de campo

Gerente de producción

Administrador

Jefe de zona

Mayordomo de campo

Supervisor

Caporal

Colaboradores

Superintendente de campo: encargado directamente de la coordinación de todo el manejo agronómico del cultivo, control de finanzas, inversiones, compras y negociaciones.

Gerente de producción: encargado de cuatro administraciones, una administración cuenta con 2800 a 3200 hectáreas en producción. Es el encargado de ver la operación de las administraciones, maneja toda la información para presentársela al superintendente de campo.

Administrador: encargado directamente de la operación del proceso de producción de caña de azúcar, coordina con el Gerente de producción todo tipo de cambio en beneficio de la empresa y del personal. Maneja ejecuciones presupuestarias, planes de nutrición, estimados de cosecha, fechas de corte. Las administraciones se encuentran divididas entre dos a cinco zonas.

Jefe de zona: encargado de su área de cultivo, se encarga de coordinar las labores con el personal, verificar que se realice todo como se programó, busca ser eficiente y eficaz. Manejo y ejecución de presupuesto, planeación y control de las labores de campo.

Mayordomo de campo: mira la misma área que el jefe de zona, se encarga de ejecutar todo lo planificado, responde por las fincas asignadas, encargado de todo el manejo agronómico junto con los supervisores.

Supervisor: dentro de los supervisores existe una división de áreas para tener un mayor control y mejores resultados. Están los supervisores de labores varias que se encargan de la labores de cultivo como siembra, resiembra, aplicaciones de herbicida, fertilizaciones, arranques de maleza.

Supervisor de riego: encargado directamente del riego en el cultivo, los riegos que se realizan son pre cosecha y post cosecha, aparte de esta labor se encarga también de los drenajes en las fincas, velar por el estado de la tubería, inventarios de tubería, control de eficiencias (áreas, consumo de combustible), costos.

Supervisor de biometría: encargado de ejecutar muestreos, recolección de datos y tabulación de datos referentes a alturas, densidad, diámetros, entrenudos etc. en diferentes etapas de crecimiento del cultivo. También es el responsable de todo lo referente a plagas y enfermedades del cultivo, como monitoreos y controles.

Caporales: se clasifican de labores varias y de riego. Tienen grupos de personal asignados para un mejor control del personal.

En la figura 2 se muestra un organigrama simplificado de la empresa Ingenio Magdalena S.A.

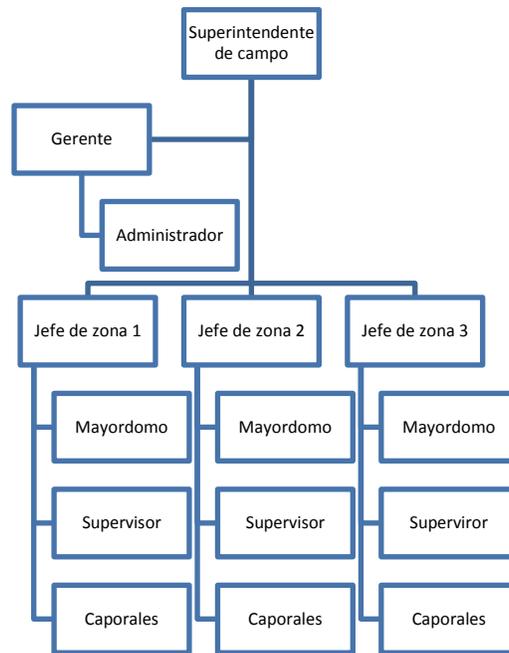


Figura 2, Organigrama de región occidente del Ingenio Magdalena S.A.

2.2.4 Justificación

El riego por goteo es parte de la innovación de la empresa, actualmente en la administración Icán se cuenta con 226.51 hectáreas bajo este nuevo sistema de riego, representando un 7.24 % del área de la administración. Por ello el tema es relativamente nuevo y es necesario determinar las prácticas que se pueden realizar con este sistema. Para el caso de la práctica profesional, se realizó la aplicación de ácidos húmicos en el sistema de riego por goteo. Se determinaron ventajas y desventajas de la aplicación y esta información será la base para investigaciones futuras.

La empresa busca la certificación Bonsucro para el área de campo, por eso se hace necesario evaluar productos que sean amigables con el ambiente, más conocidos como productos orgánicos, y es necesario utilizar métodos para incrementar la eficiencia del uso del agua para contrarrestar la crisis que se vive actualmente con la escases del agua.

III. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Participar en la aplicación de ácidos húmicos a través del sistema de riego por goteo, en semilleros de caña de azúcar, en la finca Las Rosas, Santo Domingo, Suchitepéquez.

3.2 ESPECÍFICOS

- Dar seguimiento a las actividades de fertilizaciones y la aplicación de ácidos húmicos bajo el sistema de riego por goteo.
- Determinar el crecimiento de la caña de azúcar, en lotes con y sin aplicación de ácidos húmicos.
- Apoyar en la determinación de la influencia de los ácidos húmicos en la manguera y goteros del sistema de riego por goteo.

IV. ALCANCE

4.1 METODOLOGÍA

4.1.1 Seguimiento de las actividades de fertilizaciones y la aplicación de ácidos húmicos

Para el seguimiento fue necesario participar en las aplicaciones, se registró el historial de las aplicaciones y dentro de ello está la fecha de aplicación y cantidad aplicada. Los datos fueron recopilados semanalmente. El módulo de riego por goteo cuenta con cuatro turnos de riego, el turno cuatro es el que se trabajó con ácidos húmicos. La dosis de ácidos húmicos fue de 12 L/ha de la casa comercial Bioflora.

Las inyecciones se trabajaron de esta manera, cuando hay un cambio de turno es importante que a ese turno se le pueda dar una hora de presurizado (tiempo que se lleva para llenar toda la tubería). El tiempo directamente de inyección es de 1.5 horas, por los volúmenes de agua que se manejan, las fertilizaciones oscilan entre 3,000 a 3,500 L de mezcla. Terminada la inyección se realiza el lavado de la tubería, que consiste en pasarle agua limpia al sistema de riego por el trascurso de una hora. Esto debe de ser supervisado y ver que todo se realice como se ha establecido previamente. Se trabajó con un testigo comparativo de 20.24 ha y lo aplicado de 20.11 ha, la única diferencia fue la aplicación de ácidos húmicos.

4.1.2 Determinación del crecimiento de la caña de azúcar

Se apoyó en las mediciones que se realizaron para evaluar el crecimiento del cultivo. Las mediciones se hicieron de cuatro hasta los siete meses de edad de cultivo, se midió la altura de la planta, diámetro del tallo y el número de entrenudos, esto se realizó con una frecuencia de 30 días y se comparó con otro turno donde no existía ninguna aplicación de ácidos húmicos.

La manera de hacer las mediciones fue la siguiente: cada turno de riego tiene tres válvulas, se tomaron cinco muestras por válvula, obteniendo 15 muestras por cada lote para lo aplicado y 15 muestras para lo no aplicado. Cada punto de muestreo fue de tres surcos, las medidas se tomaron en 10 m, donde se contó cada tallo para determinar el total de ellos por metro lineal, luego tomando al azar 10 tallos y se les tomó la altura en centímetros, desde la base del tallo hasta el último entrenudo visible.

La medición del diámetro se realizó con un vernier, en el entrenudo número ocho y se tomaron los mismos 10 tallos a los que se les midió la altura. Se contabilizó el total de entrenudos en cada muestreo.

Para conocer la producción del semillero se participó en el corte de la semilla, para contabilizar el total de paquetes producidos por hectárea.

Se tabularon los datos para comparar el desarrollo del cultivo con la aplicación de ácidos húmicos y sin la aplicación de éstos, con gráficas que ayudaron a ver el comportamiento del cultivo.

4.1.3 Apoyo en la determinación de la influencia de los ácidos húmicos en la manguera y goteros

Con el personal de campo se realizaron los muestreos de manguera y de los goteros, haciéndolo con una frecuencia de 15 días. Se tomaron cuatro muestras al azar por válvula, teniendo 12 muestras por cada tratamiento. Se buscaron los puntos altos y bajos de cada válvula para lograr la igualdad de los datos. En cada punto se extrajo 0.5 m de manguera, con su respectivo gotero, para ver el impacto del producto en ambos.

4.1.4 Cronograma de actividades

	Septiembre				Octubre					Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero					
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Aplicaciones y su seguimiento	x	x	x	x	x	x	x	x																			
Impacto del producto en la tubería		x		x		x		x																			
Mediciones de altura y diámetro en la planta				x				x					x								x						
Tabulación de Datos																								x	x	x	x

4.2 PRODUCTOS ESPERADOS

4.2.1 Registro de las aplicaciones de ácidos húmicos

Se entregó a la administración un documento detallado de las fechas de aplicación y las dosis utilizadas en cada una, para registro interno.

4.2.2 Registros de la dinámica del crecimiento de la caña

Se realizó un archivo en Excel, donde se tabularon los datos obtenidos en campo y de la misma forma se hizo una base de datos para obtener las gráficas del comportamiento del cultivo para analizar los resultados obtenidos.

4.2.3 Determinación del impacto del producto en la tubería

La información obtenida sobre el impacto de los ácidos húmicos en la tubería, sirvió para determinar la influencia que tienen los ácidos húmicos en la tubería y en los goteros. Esta ayudará a realizar investigaciones más específicas como dosificación, tiempo de aplicación, etapa de aplicación.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Seguimiento de las actividades de fertilizaciones y la aplicación de ácidos húmicos

Para hacer la base de datos de las aplicaciones fue necesario obtener el plan inicial de las fertilizaciones, que constaba de 18 aplicaciones y se realizaron cada semana, luego participar en las fertilizaciones para asegurar que las dosis establecidas fueran aplicadas correctamente. Se determinó las cantidades de kg de elemento por ha que se aplicaron durante el ciclo de semilla de la caña de azúcar. La nutrición fue la misma para los lotes con y sin aplicación de ácidos húmicos.

En cada fertilización fue necesario pesar los fertilizantes con una balanza de reloj y hacer la medición exacta con probetas de 5 L en cada aplicación de ácidos húmicos. La dosis de ácidos húmicos por cada fertilización fue de 0.67 L/ha.

Cuadro 4. Cantidades de elemento (kg) y ácidos húmicos (L) por hectárea, en los cuatro turnos del riego por goteo.

Turno	P₂O₅	N	K₂O	So₄	Zn	B	Ácidos Húmicos
1	105	113	54	40	2	2	0
2	105	113	54	40	2	2	0
3	105	113	54	40	2	2	0
4	105	113	54	40	2	2	12.00

Durante la práctica se dio seguimiento al plan de fertilización que se había establecido, se obtuvo información de la nutrición necesaria para la producción de semilla. Se aplicaron las mismas cantidades de cada elemento para todos los turnos, teniendo los siguientes resultados de elementos mayores: nitrógeno, con un promedio 113 kg/ha, fósforo (P₂O₅) 105 kg/ha, potasio (K₂O) 54 kg/ha y de elementos menores: azufre (SO₄) 40 kg/ha, zinc 2 kg/ha y boro 2 kg/ha.

Para la aplicación de ácidos húmicos el turno 4 tuvo los 12 L por ha de ácidos húmicos, como diferencia en la nutrición.

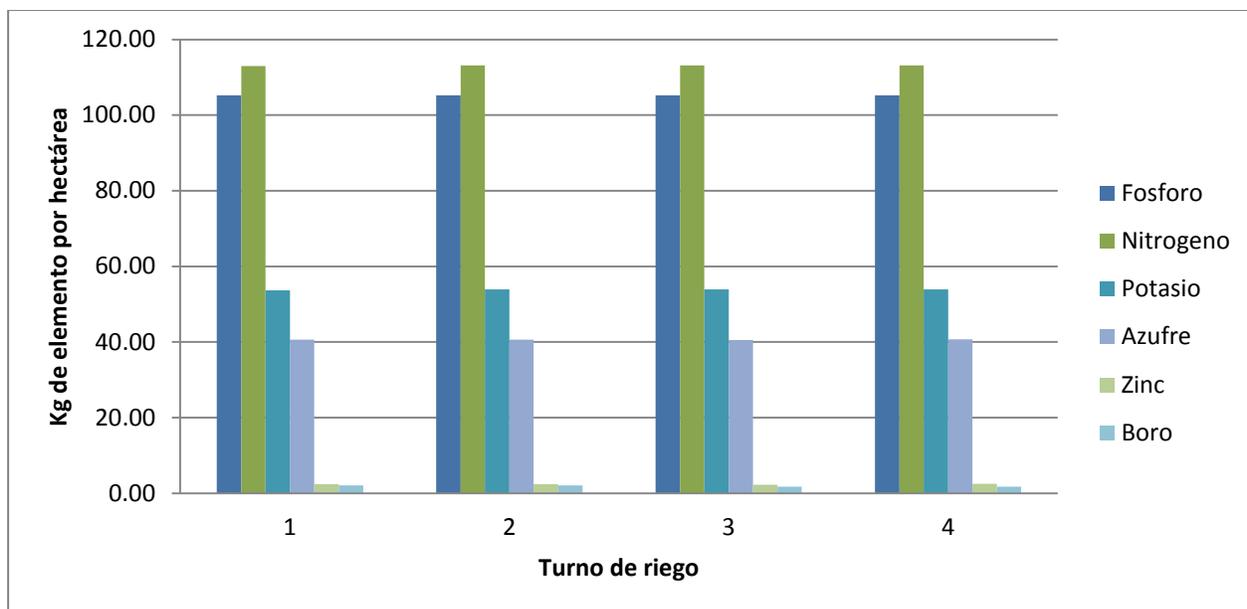


Figura 3. Cantidades aplicadas de cada elemento (kg/ha) por turno de riego por goteo.

5.2 Determinación del crecimiento de la caña de azúcar

Durante la práctica se realizaron cuatro mediciones de crecimiento, con intervalos de 30 días, para determinar las diferencias, el primer muestreo se realizó a los 117, días después de siembra equivalente a 3.83 meses; con los muestreos se determinó una diferencia de 26 cm de altura entre la parte aplicada con ácidos húmicos y la que no tuvo ninguna aplicación.

En el cuadro 5 se presenta el promedio de altura determinada en cada uno de los muestreos.

Cuadro 5. Altura de la caña de azúcar (metros) desde el suelo hasta el último entrenudo verdadero tomada en cuatro diferentes muestreos, con intervalos de 30 días.

Muestreo	1	2	3	4
No aplicado	1.78 m	2.54 m	3.03 m	3.08 m
Aplicado	1.84 m	2.71 m	3.30 m	3.34 m

Al finalizar los muestreos se observó una diferencia de 0.26 m de ventaja en el lote con la aplicación de ácidos húmicos.

En la figura 4 se muestra la dinámica de crecimiento en altura, durante el periodo de muestreo.

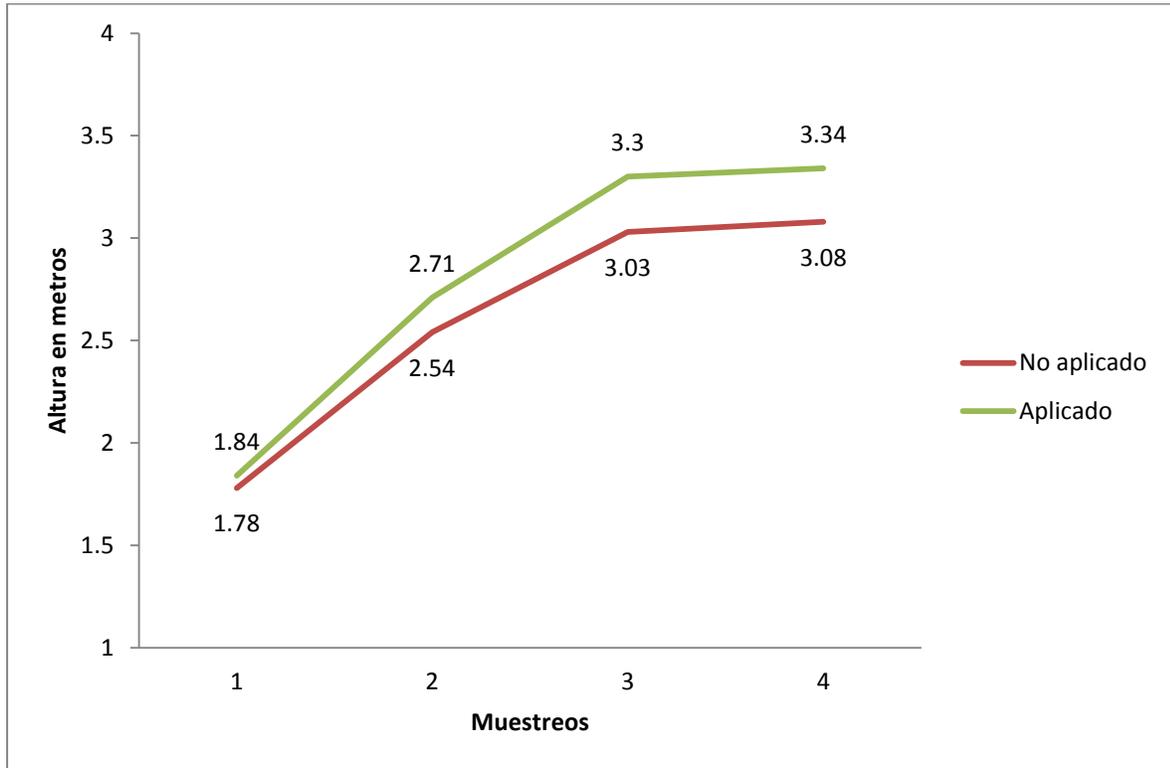


Figura 4. Comportamiento del crecimiento en altura en los cuatro muestreos.

Se observa que el lote con aplicación de ácidos húmicos siempre mantuvo ventaja sobre el no aplicado, por lo que se infiere que los ácidos húmicos indujeron un efecto positivo sobre el incremento en la altura de las plantas.

En el cuadro 6 se muestra el número de entrenudos cuantificados en los lotes con y sin aplicación de ácidos húmicos.

Cuadro 6. Desarrollo de entrenudos durante el ciclo de semillero (4 muestreos con intervalos de 30 días)

Muestreo	Aplicado	No aplicado
1	8	7
2	13	12
3	16	16
4	20	21

De acuerdo a los resultados, el número de entrenudos fue similar en ambos lotes por lo que se infiere que la diferencia de altura no fue por cantidad de entrenudos, si no por el largo de los mismos.

En el cuadro 7 se presentan los resultados para la variable diámetro de los entrenudos

Cuadro 7. Diámetro de entrenudos (centímetros) durante el ciclo de semillero (muestreos con intervalos de 30 días).

Muestreo	Aplicado	No aplicado
1	2.40 cm	2.35 cm
2	2.53 cm	2.51 cm
3	2.55 cm	2.50 cm
4	2.55 cm	2.50 cm

Se determina que el diámetro de los tallos, fue superior desde el primer muestreo, en el lote con aplicación de ácidos húmicos, teniendo así tallos con mayor grosor. Por lo que se deduce que los ácidos húmicos tuvieron un efecto positivo, induciendo un mayor crecimiento del diámetro de los tallos.

En el cuadro 8 se presentan los resultados correspondientes al número de paquetes obtenidos en cada uno de los lotes.

Cuadro 8. Número de paquetes de semilla por hectárea y su peso promedio.

Descripción	Paquetes/ha	Peso (kg)
No Aplicado	11717	9.53
Aplicado	12669	10.02

Como se observa en los resultados, el número de paquetes y el peso de cada uno fue mayor cuando se aplicaron ácidos húmicos.

En el cuadro 9 se presentan los resultados correspondientes al rendimiento de (kg/ha).

Cuadro 9. Rendimiento de caña (t/ha) en los lotes con y sin aplicación de ácidos húmicos.

Descripción	t/ha
No Aplicado	123.03
Aplicado	139.66
Diferencia	16.63

En los semilleros se busca mayor producción de semilla por área, para luego determinar siempre el peso en toneladas por ha, en la práctica se logra determinar la diferencia de 16.63 ton que se relaciona con la aplicación de ácidos húmicos.

De acuerdo a los resultados, el lote con aplicación de ácidos húmicos fue superior en 16.63 t/ha, lo que se traduce en una mayor cantidad y calidad de los paquetes de semilla obtenidos al aplicar ácidos húmicos.

5.3 Apoyo en la determinación de la influencia de los ácidos húmicos en la manguera y goteros

Este fue uno de los enfoques principales de la práctica, era necesario determinar el efecto que tendrían los ácidos húmicos en la manguera del riego por goteo. Se conoce que los ácidos húmicos son insolubles en agua, por ningún motivo se debe permitir que exista taponamiento de los emisores (goteros) porque sería el fracaso del proyecto,

con esta incertidumbre era necesario ver ese efecto del producto sobre el sistema de riego. Se observó que donde existía aplicación de ácidos húmicos se encontraba más limpia la manguera, no se tuvo problemas de taponamiento por sedimento de productos como ácidos húmicos, fertilizantes y ninguna presencia de metales como hierro y manganeso.

Donde no hubo ninguna aplicación de ácidos húmicos se observó la manguera y los emisores con sedimentos causados por hierro y manganeso (ver figuras 9 a la 12 en el anexo).

Cada turno de riego posee tres válvulas, se hicieron muestreos visuales, con una frecuencia de 15 días y se tomaron cuatro muestras por válvula, para determinar si existían sedimentos en la manguera y en el emisor (gotero). Después del muestreo se realizó una reparación de donde era extraída la manguera para realizar el muestreo visual. Se determinó que para las condiciones en que trabajó, se pueden utilizar ácidos húmicos en riego por goteo, sin riesgos de tener taponamiento de goteros y obstrucción de manguera.

En el cuadro 10 se describen los resultados en porcentajes de los muestreos realizados en el sistema de riego por goteo.

Cuadro 10. Resultados obtenidos en porcentajes sobre el efecto de los ácidos húmicos en el sistema de riego por goteo.

Descripción	Sucio (%)	Tapado (%)	Limpio (%)
Aplicado	13.54	1.04	85.42
Sin aplicar	80.21	4.17	15.62

Como se logra observar en los resultados, donde se aplicaron ácidos húmicos la tubería y emisores están más limpios logrando un 85.42% de limpieza, a diferencia de donde no hubo ninguna aplicación de ácidos húmicos tiene 80.21% de tubería y emisores sucios, haciendo más confiable la aplicación de ácidos húmicos bajo este sistema.

VI. CONCLUSIONES

- Se dio seguimiento a las actividades de fertilización y aplicación de ácidos húmicos asegurando que la variación de nutrientes fuera mínima entre un turno y otro.
- La aplicación de ácidos húmicos tuvo un efecto positivo en el crecimiento de la caña. En relación al lote donde no se aplicaron ácidos húmicos se obtuvo un incremento de 0.26 m de altura y de 0.05 cm de diámetro.
- El número de entrenudos fue similar en los lotes con y sin aplicación de ácidos húmicos, por lo cual no fue determinante en los resultados.
- El número de paquetes de semilla fue superior en el lote donde se aplicaron ácidos húmicos (12669 contra 11717 por hectárea), esto se atribuye al mayor crecimiento en altura de los tallos. El rendimiento fue superior en el lote donde se aplicaron ácidos húmicos (139.66 contra 123.03 t/ha); esto se explica por la mayor altura y diámetro de los tallos.
- La aplicación de ácidos húmicos no tuvo ningún efecto negativo visible en las mangueras y emisores (goteros) del riego por goteo, por lo tanto, es confiable su aplicación en este sistema.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar la aplicación de ácidos húmicos en semilleros de caña de azúcar y realizar una investigación en caña comercial, para obtener una mayor certeza de la respuesta de los ácidos húmicos bajo el sistema de riego por goteo y llevar a producción comercial la investigación.
- Buscar otras opciones comerciales de ácidos húmicos para que compitan por precios y calidad.
- Realizar una investigación más específica con diferentes variedades, épocas de aplicación y dosis de ácidos húmicos.
- Evaluar la rentabilidad económica para las aplicaciones de ácidos húmicos en semilleros de caña de azúcar.
- Evaluar la aplicación de ácidos húmicos en diferentes variedades en caña de azúcar.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Asociación de Azucareros de Guatemala. (2015). Economía Nacional. AZASGUA, Guatemala, consultado el 20 de agosto 2015 disponible en línea <http://www.azucar.com.gt/economia3.html>.

Bioflora. (2008). Ficha técnica Megasoils. Guatemala. Productos.

Buenaventura, C. (1986). El cultivo de la Caña de Azúcar. TECNICAÑA Cali Colombia. Editorial Xyz.

CANALAGRO. (2007). Análisis de los ácidos húmicos en la producción ecológica. (en línea). España. Programa de agricultura ecológica. Consultado 13 sept. Disponible en: http://canales.ideal.es/canalagro/datos/agricultura_ecologica/agricultura_ecologica14.html

Castro, O. (2012). El riego en el cultivo de caña de azúcar en Guatemala. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de azúcar. Guatemala. 526 p.

CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar GT). (1994). Morfología de la caña de azúcar. Guatemala. 10 p. Folleto no. 2.

CENGICAÑA. (1996). Anexo I del libro: Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Ingeniería del Campo Ltda. Compañía Consultora. Guatemala. 137 p.

CENGICAÑA. (2012). Estratos altitudinales de la zona cañera. Recuperado de <http://www.cengicana.org/es/publicaciones/memorias/Mapas/Generales/ZonasdeProduccion/Estratos-Altitudinales-de-la-Zona-Cañera/>

CENGICAÑA. (2015). Informe anual 2014/15. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de azúcar. Guatemala. Recuperado de <http://www.cengicana.org/es/publicaciones/informe-anual/func-startdown/817/>

Esquit, V. (2004). “Análisis técnico-económico de un sistema de riego por pivote Central y un módulo de riego por aspersión móvil en el cultivo de Caña de azúcar (*saccharum officinarum* L) en Ingenio La Unión S.A., Escuintla. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala 107 p.

Flores, S. (1976). Manual de caña de azúcar. Guatemala, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. 172 p.

Hagin, J; Sneh, M; Lowengart, A. (2002). “Fertirrigación: Fertilización a través del riego”. IPI Investigación Tema N° 23. International Potash Institute, Basilea (Suiza).

Huck, M. G. (1970). “La variación en la tasa de elongación del grifo raíz como la influencia de la composición del aire del suelo”. Revista Agron, pág. 815-818.

IMSA (2016) Ingenio Magdalena S.A. Evaluación de 12 fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos. Departamento de Investigación Agrícola, Zona Oriente.

INIFAP. (1996). Manual de Producción de Limón Persa. Folleto Técnico N°14 México. 145p.

Kafkafi, U; Tarchitzky J. (2012) Fertirrigación: Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA) Instituto Internacional de la Potasa (IIP) París, Francia y Horgen, Suiza. 149 p

Keller, J. y Bliesner, R. (1990). “Asperjar y Riego por goteo”. Revista de ciencias agrícolas vol 4 1-133 p.

Melgar, M.; Meneses, A.; Orozco, H.; Pérez, O.; y Espinosa, R. (2012). El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de azúcar. Guatemala. 526p.

NETAFIM ACS Israel, Características de riego por goteo (Documento Técnico) consultado el 06 de sep. 2015 en red http://www.sugarcane.crops.com/s/drip_irrigation/.

Palma, G. (2003). “Evaluación de ácido húmico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum*)” Universidad Rafael Landívar. Quetzaltenango, Guatemala, 80p.

Quevedo, E. (2012). Evaluación del efecto de tres dosis de ácidos húmicos sobre el rendimiento y la calidad de Limón persa (*Citrus latifolia*. Tan: Rutaceae). La Gomera, Escuintla. Tesis Ing. Agrónomo. Escuintla, Guatemala. URL. 95 p.

Ramos, R. (2000). Aplicación de sustancias húmicas comerciales como producto de acción bioestimulante. Tesis de Doctorado, España. 325 p.

Samayoa, D. (2015). Recopilación de Diagnóstico en Centro de Práctica. Santo Domingo, Suchitepéquez.

Subirós Ruiz, F. (2000). El Cultivo de la Caña de Azúcar. San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia

Sne, M. (2006). “Micro riego en las regiones áridas y semiáridas. Directrices para la planificación y diseño” Comisión Internacional de Riegos y Drenaje, Nueva Delhi (India)

Villatoro, B.; Pérez, O. (2014). “Caracterización de la zona cañera” Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de azúcar. Guatemala. 526p

IX. ANEXOS



Figura 5. Medición de ácidos húmicos antes de su aplicación.



Figura 6. Presentación de los ácidos húmicos evaluados en caña de azúcar.



Figura 7. Muestreo de manguera y goteros en áreas de aplicación de ácidos húmicos.



Figura 8. Muestreo en el área donde se aplicó ácidos húmicos.



Figura 9. Efecto de los ácidos húmicos en la manguera de riego por goteo.



Figura 10. Efecto de los ácidos húmicos en los goteros.



Figura 11. Muestreo de manguera en áreas sin aplicación de ácidos húmicos.



Figura 12. Estado de goteros sin ninguna aplicación de ácidos húmicos.



Figura 13. Sistema de inyección de fertilizante en caña de azúcar.



Figura 14. Corte de semilla de caña de azúcar.