

ZAMORANO  
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA

**Evaluación de biodisponibilidad de nutrientes  
bajo tres sistemas de riego y dos niveles de ácido  
húmico para caña de azúcar en el Valle de  
Cantarranas, Honduras.**

Trabajo de graduación presentado como requisito parcial  
para optar al título de Ingeniera Agrónoma en  
el Grado Académico de Licenciatura.

Presentado por:

**Thelma Brenes Muñoz**

HONDURAS  
Diciembre, 2004

La autora concede a Zamorano permiso  
para reproducir y distribuir copias de este  
trabajo para fines educativos. Para otras personas  
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

---

Thelma Brenes Muñoz

Honduras  
Diciembre, 2004

**Evaluación de biodisponibilidad de nutrientes bajo tres sistemas de riego y dos niveles de ácido húmico para Caña de Azúcar en el Valle de Cantarranas, Honduras.**

Presentado por:

Thelma Brenes Muñoz

Aprobada

---

Gloria de Gauggel M.Sc.  
Asesor principal

---

Abelino Pitty Ph.D.  
Coordinador de área  
Fitotecnia

---

Carlos Gauggel Ph. D.  
Asesor

---

Jorge Iván Restrepo M.B.A.  
Coordinador de Carrera Ciencia  
y Producción Agropecuaria

---

David Moreira MBA.  
Asesor

---

Aurelio Revilla, M. S. A.  
Decano Académico Interino

---

Kenneth L. Hoadley, D. B. A.  
Rector

## **DEDICATORIA**

A Dios por todo lo que me ha dado y lo que ha hecho de mi persona.

A toda mi familia por apoyarme siempre, en especial a mis padres Thelma Muñoz y Carlos Brenes y a mis hermanos Nadia y Carlos.

A todos mis seres queridos por el hecho de haber compartido conmigo momentos especiales.

A todas las personas que en algún momento de mi carrera fueron de gran apoyo y ayuda.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por su apoyo, comprensión, por haberme inculcado los valores que hoy me permiten realizar mis sueños y sobretodo por todo el amor que me han dado.

A mis abuelos, tíos y hermanos por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera.

A Allan Arévalo por todo su amor y paciencia.

A Carlos García por su colaboración, amistad y paciencia durante estos cuarto años y sobretodo durante la realización de este estudio.

A la familia Gauggel Arévalo por todo el conocimiento transmitido.

Al Dr. Alfredo Rueda y Dr. Pablo Paz.

A Diana Morán, Eduardo Gurdián y Reynerio Barahona por amistad y colaboración para la realización de ese estudio.

A Hilda, Jacqueline y Marta .

A mis amigos María, Miriam, Fanny, Ayna, José y Alvaro por su ayuda, comprensión en todo momento.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

A la Compañía Azucarera Tres Valles (CATV) por su apoyo en el financiamiento de este estudio.

## RESUMEN

Brenes, Thelma. 2004. Evaluación de la biodisponibilidad de nutrientes bajo tres sistemas de riego y dos niveles de ácido húmico para caña de azúcar en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras. Programa de Ingeniería Agrónoma, Zamorano, Honduras. 50 p.

El tipo de riego es un factor muy importante que influye en la disponibilidad de agua para la planta, debido a que éstas absorben los nutrientes a través de la solución de suelo. Los ácidos húmicos incrementan la capacidad de intercambio catiónico, por ende la biodisponibilidad de nutrientes y aumentan la retención de humedad. El objetivo principal fue determinar la influencia de tres sistemas de riego y dos niveles de ácido húmico en la biodisponibilidad de nutrientes para la caña de azúcar bajo las condiciones de suelos de la Compañía Azucarera Tres Valles. Los sitios de estudio fueron la finca Azacualpa Lote 10B y 11B, y Finca La Estancia Lote 12 y 14. Se usó un Diseño de Parcelas Divididas y cuatro repeticiones, se realizó un ANDEVA y una separación de medias por LSD, con un nivel de significancia de  $P \leq 0.05$ . El sistema de riego por aspersión y aplicación de ácido húmico (20 kg/ha de Humiplex GMicro<sup>®</sup>) obtuvo una biodisponibilidad adecuada de P y Ca más que en los otros tratamientos, pero existieron deficiencias de N y alta biodisponibilidad de K en todos. La humedad en aspersión fue mayor que en gravedad y goteo, debido a una mejor eficiencia del sistema y características del suelo (textura, estructura y resistencia a la penetración del suelo). Los bajos resultados del riego por goteo también evidencian problemas de manejo del mismo. Se encontró diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en las variables agronómicas únicamente hasta después del sexto mes de cultivo, el riego influyó en el largo del entrenudo superior y medio, mientras que el ácido húmico sólo en la longitud del entrenudo medio. En el séptimo mes, las variables influenciadas por el ácido húmico fueron altura, número de canutos, largo del entrenudo medio y número de tallos; en cuanto a riego, largo del entrenudo medio y ancho del entrenudo inferior. Para las variables de calidad y producción medidas al séptimo mes, el factor riego fue significativo ( $P \leq 0.05$ ) para brix, POL, pureza, fibra, azúcares reductores y rendimiento, mientras que el ácido húmico influyó en la producción y en interacción con el riego influyó en grados brix y en humedad de la caña. La rentabilidad de los ingresos fue mayor en los tres tratamientos en que se aplicó ácido húmico, y tuvo un mayor retorno económico el riego por aspersión, seguido por gravedad y luego goteo. Esto debido a la mayor productividad y bajos costos de aspersión y gravedad en comparación con goteo.

**Palabras clave:** Aspersión, goteo, gravedad, Humiplex GMicro<sup>®</sup>, rendimiento, *Saccharum officinarum*.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimiento a patrocinadores.....	vi
Resumen.....	vii
Contenido.....	vii
Índice de cuadros.....	x
Índice de anexos.....	xi
<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>3</b>
2.1 Área de estudio.....	3
2.2 Criterios para la selección del área de estudio.....	3
2.3 Caracterización del sitio de estudio.....	3
2.4 Acido Húmico.....	4
2.5 Prácticas de cultivo.....	4
2.6 Tratamientos.....	4
2.7 Aplicación del Acido Húmico.....	5
2.8 Manejo del riego.....	5
2.9 Variables medidas.....	6
2.9.1 Físicas.....	6
2.9.2 Agronómicas.....	7
2.9.3 Variables de calidad y producción.....	7
2.10 Diseño estadístico.....	7
2.10.1 Análisis estadístico.....	7
2.11 Análisis económico.....	8
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>9</b>
3.1 Caracterización de los suelos.....	9
3.2 Biodisponibilidad de nutrientes.....	9
3.3 Humedad en el suelo.....	11
3.4 Análisis de agua.....	12
3.5 Variables agronómicas.....	12
3.5.1 Altura.....	14
3.5.2 Número de canutos.....	14
3.5.3 Número de tallos.....	15



3.5.4	Ancho y largo de los entrenudos.....	15
3.6	Variables de calidad y producción.....	16
3.6.1	Brix (%)......	17
3.6.2	POL (%)......	17
3.6.3	Pureza (%)......	17
3.6.4	Rendimiento.....	18
3.6.5	Producción.....	18
3.6.6	Relación entre nutrientes foliar y características de calidad.....	18
3.7	Análisis económico.....	19
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>20</b>
<b>5.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>21</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>22</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>23</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Pág.</b>
1. Cantidad total de agua aplicada en cada lote de estudio.....	5
2. Evaluación de la biodisponibilidad de nutrimentos en caña bajo tres sistemas de riego y dos niveles de ácido húmico en la Compañía Azucarera TresValles, Honduras.....	10
3. Correlaciones entre los nutrientes del suelo a tres y siete meses de cultivo con foliares a cinco y siete meses para CATV, Honduras.....	11
4. Efecto del tipo riego y suelo en el porcentaje de humedad, en suelos de la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.....	11
5. Niveles de significancia para variables agronómicas en el tercer, cuarto y quinto mes de cultivo de caña en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.....	13
6. Niveles de significancia para variables agronómicas en el sexto mes de cultivo de caña en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.....	13
7. Niveles de significancia para variables agronómicas en el séptimo mes de cultivo de caña en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.....	14
8. Variables agronómicas significativas para el ácido húmico en el séptimo mes de cultivo de caña en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.....	14
9. Variables agronómicas significativas para el tipo de riego en el séptimo mes de cultivo de caña en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.....	15
10. Promedios del largo del entrenudo medio para las fuentes de variación de ácido húmico y riego, en el sexto y séptimo mes de cultivo de caña en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.....	16
11. Nivel de significancia para las variables de calidad y producción de la caña al séptimo mes de cultivo en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.....	16
12. Influencia en brix (%) por el tipo de riego y la interacción riego por ácido húmico en caña al séptimo mes de cultivo, Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.....	17
13. Influencia del sistema de riego en POL, pureza y rendimiento al séptimo mes de cultivo de caña en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.....	18
14. Correlaciones entre nutrimentos al quinto y sexto mes con variables de calidad y producción de caña al séptimo mes en Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.....	19
15. Flujo de efectivo al séptimo mes de cultivo para cada tratamiento en \$US..	19

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>	<b>Pág.</b>
1. Mapa de la finca La Estancia.....	23
2. Mapa de la finca Azacualpa.....	24
3. Descripción de calicatas de los lotes.....	25
4. Análisis de suelo por tratamiento.....	27
5. Análisis foliares por parcela en el mes cinco.....	28
6. Análisis foliares por tratamiento para el mes siete.....	29
7. Promedio de los análisis foliares por tratamiento para los meses cinco y siete de cultivo.....	30
8. Matriz de biodisponibilidad de nutrientes para cada tratamiento.....	31
9. Análisis de calidad de agua de tres fuentes, usadas en diferentes sistemas de riego para caña de azúcar en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.....	33
10. Correlaciones entre variables agronómicas, de calidad y producción al séptimo mes en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.....	34
11. Costo detallado en US\$/ha de cada tratamiento.....	35
12. Cálculo de los ingresos para cada tratamiento.....	38

## 1. INTRODUCCION

La industria de la caña de azúcar en Honduras es de mucha relevancia, ya que se considera el tercer cultivo de importancia en la producción anual con 60,846 hectáreas cosechadas en el 2003, esto representa según la APAH (Asociación de Productores de Azúcar de Honduras) más de 7 millones de quintales de azúcar anualmente y el empleo directo de alrededor de 25,000 personas.

La Compañía Azucarera Tres Valles (CATV), ubicada en el departamento Francisco Morazán, Villa San Juan de Flores, posee un área de 4,900 ha, en las que desea ser más eficiente en sus labores, mejorando la productividad y/o bajando los costos de producción. Una manera de mejorar la productividad es aumentando la capacidad de producción; ésta es definida en primer lugar por la variedad (características genéticas) y el clima del lugar, en segundo por la disponibilidad de agua y las características físicas y químicas del suelo y en tercero por factores como plagas y enfermedades (Díaz y Portocarrero 2002). En esta investigación, se evaluaron el segundo grupo de características que más influencia tienen sobre la producción de caña.

Dentro de las características físicas y químicas de suelo en las que mejor se desempeña la caña de azúcar están los suelos de textura franco arcillosa, franco arenosa o limosa, con buena estructura y capacidad de retención de humedad, pero a la vez friable, con un horizonte profundo, sin problemas de drenaje y salinidad. Estas características deben permanecer al menos en los primeros 50 cm del suelo donde se localiza la mayor cantidad de raíces. El pH puede oscilar entre 5.5 y 8 (Subirós 1995).

El riego es un factor muy importante que influye en la disponibilidad de nutrientes, debido a que las plantas los absorben a través de la solución de suelo. Conocer qué sistema de riego le facilita a la planta la mejor absorción de nutrientes, permitirá implementar un programa de fertilización más eficiente, en el cual solo se le estaría aplicando lo realmente necesario al cultivo, aunado el método de riego. El sistema riego tiene un fuerte impacto positivo sobre la caña de azúcar, ya que el cultivo es altamente sensible al requerimiento de agua, que oscila entre 1,500 – 2,500 mm anuales en el período de crecimiento (Landon 1991).

Los sistemas de riego más utilizados en caña de azúcar son aspersión y el de gravedad por surcos y en las últimas décadas en algunos países se está adoptando el riego por goteo (Subirós 1995).

Otro de los factores de importancia para mejorar la productividad en los cultivos es la disponibilidad de agua, pero hay que tomar en cuenta la calidad de ésta, debido a que ciertas propiedades pueden afectar la absorción de nutrientes. La calidad de agua está determinada por su contenido de sales, conductividad eléctrica, pH, cationes y aniones, así como de las concentraciones de cada uno.

Para regar un cultivo con un determinado tipo de agua, debemos conocer previamente sus características, pues según sea la calidad del agua, es decir, según sean sus propiedades químicas, físicas y biológicas se puede recomendar si es apta o no para determinado cultivo. La calidad de agua de riego es de gran influencia para el cultivo, ya que el exceso de algún elemento puede inhibir la absorción de otros, causar toxicidad a la planta o también una cantidad muy alta de sales puede impedir la absorción de nutrientes.

Las plantaciones de caña pueden ser plantilla cuando se siembra y no se ha realizado ningún corte y rebrote o soca cuando una vez cosechada, la caña se deja brotar para la siguiente cosecha. La frecuencia de riego para caña de rebrote en suelos francos para riego con gravedad es de 23 a 25 días y para riego con aspersión es de 18 a 22 días, bajo condiciones del Ingenio Pantaleón, Guatemala (Díaz y Portocarrero 2002).

Los ácidos húmicos son derivados de la descomposición de los residuos orgánicos que contienen proteínas y carbohidratos, también se encuentran en la leonardita, mineral asociado con el carbón. Estos complejos incrementan la capacidad de intercambio catiónico y por ende la biodisponibilidad de nutrientes, además por características quelatantes mejoran la asimilación de los fertilizantes aplicados, aumenta la retención de humedad y ayudan a mejorar la estructura del suelo (Romera 2004).

Estas características son deseables de introducir al suelo como mejoradores de calidad. Existen en el mercado sustancias húmicas en presentación líquida y granular, que pueden suministrarse a través del sistema de riego o mezclado con los demás fertilizantes, éstos compuestos pueden constituir en el caso de la caña de azúcar una fuente de mejoramiento tanto del suelo como de la calidad de cosecha.

Este trabajo tuvo como objetivo principal determinar la influencia de tres sistemas de riego y dos niveles de ácido húmico en la biodisponibilidad de nutrientes para la caña de azúcar bajo las condiciones de suelos de la Compañía Azucarera Tres Valles en El Valle de Cantarranas, Honduras. Otros objetivos fueron: realizar una caracterización de suelos para identificar los factores edáficos que regulan la biodisponibilidad de nutrientes bajo las condiciones del área de estudio; evaluar el efecto del porcentaje de la humedad de los sistemas de riego en la biodisponibilidad de nutrientes del suelo en el cultivo de la caña de azúcar, en la zona de estudio; determinar el sistema de riego (gravedad, goteo o aspersión), más adecuado para la mejor biodisponibilidad de nutrientes en el cultivo de caña de azúcar; evaluar el efecto del ácido húmico en la disponibilidad de nutrientes y establecer diferencia de costos y rentabilidad de los diferentes sistemas mencionados.

## **2. MATERIALES Y METODOS**

### **2.1 Area de estudio**

Los sitios de estudio fueron la finca Azacualpa lote 10B y 11B, y Finca La Estancia lote 12 y 14 (Anexo 1 y 2), de la Compañía Azucarera Tres Valles (CATV), a 642 msnm con una precipitación media anual de 925 mm y una temperatura media anual de 29°C.

### **2.2 Criterios para la selección del área de estudio**

Para este estudio se buscaron sitios que cumplieran con los requerimientos de la investigación: tres sistemas de riego, la misma variedad de caña y uniformidad de suelo.

Se realizaron barrenaciones en diferentes lotes a un espaciamiento de 50 x 50 m y a una profundidad de 1 m, con el objetivo de identificar el tipo de suelo, así como también definir propiedades como color (tablas Munsell) y textura (método del tacto).

Una vez seleccionadas los lotes, se prosiguió a realizar calicatas de 2 de m largo x 1.5 m de ancho y 1 m de profundidad; con el fin de determinar horizontes maestros, profundidad efectiva, raíces (cantidad y distribución), límite y profundidad de cada horizonte, color mediante la tabla Munsell, textura (método del tacto), estructura, consistencia, resistencia a la penetración (penetrómetro de bolsillo) y porosidad, tomando como parámetros los procedimientos de campo de Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (FAO 1977).

### **2.3 Caracterización del sitio de estudio**

La variedad de caña utilizada en los cuatro lotes fue la Cp 72-2086, que se desarrolla mejor en suelos arenosos u orgánicos, esta puede tener valores medianos a altos en el contenido de azúcar y el tonelaje, dependiendo de las condiciones en las que se desarrolle. En cuanto a enfermedades, es susceptible al mosaico y al moho en sitios de suelos muy orgánicos (Schueneman, *et al.* 2004).

En la finca La Estancia, están ubicados el lote 12 y 14 con un área de 2.9 y 4.4 hectáreas respectivamente, caña con seis cortes (último corte: 2/01/04) y riego por goteo, el agua de riego proviene de la laguna de oxidación de la del ingenio. En la finca Azacualpa, el lote 10B corresponde al riego por gravedad con un área total de 10.6 hectáreas y caña de dos cortes (último corte: 7/enero/04). En el lote 11B con un área de 4.3, estaba establecido el riego por aspersión y caña de seis cortes (último corte: 7/01/04).

## 2.4 Acido Húmico

Se utilizó el producto Humiplex GMicro<sup>®</sup> que son sustancias húmicas provenientes de la leonardita, con las siguientes características físicas: estado físico sólido, color negro, y según la ficha técnica soluble. Propiedades químicas: moléculas orgánicas de alto peso molecular (10,000 a 300,000 g/mol), pH 7, con los componentes orgánicos elementales C, O, H, N, S y P y algunos micronutrientes.

## 2.5 Prácticas de cultivo

Las prácticas de manejo que se hicieron son las que la empresa hace normalmente en cada finca, según el presupuesto; incluyendo la fertilización que se realiza en dos aplicaciones, a continuación se detalla la cantidad de cada nutriente en kg/ha:

- a) 1<sup>era</sup> aplicación: 53 N, 40 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 8.6 K<sub>2</sub>O, 7 S y 7 Cl
- b) 2<sup>da</sup> aplicación: 69 N, 34 K<sub>2</sub>O, 1.6 MgO, 3 Zn, 11 S y 27 Cl.

## 2.6 Tratamientos

Se evaluaron tres sistemas de riego y dos niveles de Acido Húmico. Los tres sistemas de riego fueron gravedad, goteo y aspersión. Los dos niveles de Acido Húmico fueron sin Acido Húmico y 20 kg/ha del producto Humiplex GMicro<sup>®</sup>, para un total de seis tratamientos. Se realizaron cuatro repeticiones por tratamiento, lo que produjo 24 unidades experimentales de 10 x 10 m, para un área 2,400 m<sup>2</sup>.

Es importante mencionar que el sistema de riego por goteo que se evaluó, era un sistema deficitario, debido a que las bombas y todo el sistema eran viejos, también hubo una tardía reparación por falta de repuestos y disponibilidad de personal.

- T1= Riego por goteo deficitario sin Acido Húmico
- T2= Riego por goteo deficitario con 20 kg/ha de Acido Húmico
- T3= Riego por gravedad sin Ácido Húmico
- T4= Riego por gravedad con 20 kg/ha de Acido Húmico
- T5= Riego por aspersión sin Ácido Húmico
- T6= Riego por aspersión con 20 kg/ha de Acido Húmico

## 2.7 Aplicación del Acido Húmico

En los lotes de riego por aspersión y gravedad se aplicó por medio de una cultivadora. En el lote de goteo deficitario, se aplicó a través del sistema de riego, haciendo una suspensión del producto con agua para después ingresarlo al sistema mediante un sistema Ventury. Es importante anotar que el producto no es soluble por lo que hubo que mantener en agitación permanente antes de ingresar al sistema de riego.

## 2.8 Manejo del riego

El sistema de riego por goteo deficitario consistió en cintas Typhoon super 125, enterradas a 20 cm que tiene los goteros ubicados cada 45 cm, cada uno con una descarga de 1.6 L/h, una presión de 68,947.5 Pa, un distanciamiento entre líneas de 0.9 x 1.50 m y una eficiencia estimada del 90%. El sistema de riego por aspersión fue realizado mediante aspersores Nelson tipo F-100, con una descarga de 37.5 L/min a una presión de 50 PSI y una eficiencia estimada del 70%. Mientras que el sistema por gravedad consistió riego por surcos proveniente de un canal con un caudal de 4,542 litros por minuto y una eficiencia estimada del 60%.

La frecuencia del riego dependió de la disponibilidad de agua para la aplicación y del manejo normal que hace la Empresa de éstos sistemas. En los lotes de goteo (12 y 14), el agua utilizada proviene de la laguna de oxidación de la finca La Estancia. En los lotes con riego por aspersión y gravedad el agua que se uso procede del río Choluteca. Por lo que estas condiciones dan calidades de agua diferente. La cantidad total de agua aplicada por lote varió según el manejo establecido por CATV, a continuación se detalla la cantidad específica para cada uno:

El cálculo de la lámina para cada riego se expone en el Anexo 8, se tomaron 184 días como referencia para el cálculo de la lámina diaria.

**Cuadro 1.** Cantidad total de agua aplicada en cada lote de estudio.

Tipo de Riego	mm/turno	No. de turnos	Total agua aplicada (mm)/ciclo	mm/día
Gravedad	93.6	4	375	20.0
Aspersión	27.0	6	162	1.7
Goteo Deficitario (Lote 12)	47.5	10	474	2.6
Goteo Deficitario (Lote 14)	47.5	10	474	2.6



## 2.9 Variables medidas

### 2.9.1 Físicas

#### a) Análisis de suelos

Características químicas del suelo antes y después de la aplicación de Humiplex GMicro®. Las muestras de suelos eran compuestas de 10 submuestras tomadas dentro de las hileras del cultivo en los primeros 20 cm de profundidad de suelo para cada uno de los tratamientos. Los elementos que se determinaron en el Laboratorio de Suelos de Zamorano fueron:

- ❖ Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc extraídos mediante la solución extractora Mehlich 3 y determinados por absorción atómica (Varian Spectras 5)
- ❖ Reacción del suelo (pH, método 1:1 en agua)
- ❖ Materia orgánica (%) por el método Walkley and Black
- ❖ Nitrógeno (% N total), 5% de Materia Orgánica

#### b) Análisis foliares

Concentraciones de nutrientes (al quinto y séptimo mes) tomando como muestra la tercera hoja a partir del punto de crecimiento de diez plantas en cada parcela. Los nutrientes que sacadas de las muestras en el Laboratorio de Suelos de Zamorano fueron:

- ❖ Calcio, Potasio, Magnesio, Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc; método de digestión húmeda con ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno, determinado por absorción atómica.
- ❖ Fósforo determinado por colorimetría
- ❖ Nitrógeno determinado por Kjeldahl

#### c) Biodisponibilidad de nutrimentos

Los datos de los análisis de suelos y foliares se interpretaron usando la matriz de diagnóstico que integra estos análisis realizada por Gauggel (2003). Se compararon los niveles de cada nutriente presente en el suelo y en la hoja, con las cantidades óptimas que establece la literatura, y se realizó la matriz de diagnóstico calificando la biodisponibilidad de cada nutrimento.

#### d) Calidad de agua de riego

Las muestras de agua se tomaron en verano (Mayo), en el caso de gravedad y aspersión del canal de agua del río, y en goteo de la laguna de oxidación de la finca. Por medio de estas muestras en el Laboratorio de Suelos de Zamorano se determinó:

- ❖ Los cationes solubles (K, Ca, Mg, Na) por absorción atómica
- ❖ El boro y los nitratos método de colorimetría
- ❖ Los aniones solubles: carbonatos, bicarbonato, cloruros por método titrimétricos, Sulfatos método turbidimetría.

### **e) Porcentaje de humedad en el suelo**

Distribución de la humedad en los sistemas de riego (%): se tomaron cinco muestras de suelo en diferentes puntos en cada unidad experimental, luego por medio de un barreno se perforó el suelo a una profundidad de 20 cm. De cada muestra se tomaron 100 gr para ingresarlas al horno a una temperatura de 110°C por 24 horas. Por diferencia de peso se determinó el porcentaje de humedad en el suelo para cada parcela. La diferencia de días entre la toma de muestras y la fecha del último riego varió en cada sistema, debido al manejo de la empresa, fue de 31 días para gravedad, seis en aspersión y un día en goteo.

### **2.9.2 Agronómicas**

Las variables agronómicas que se tomaron se basaron en el registro mensual de crecimiento de CATV, del tercer mes del cultivo hasta el séptimo, se midió mensualmente un metro lineal al azar dentro de cada unidad experimental:

- Numero de hojas: se midió desde el tercer mes de edad hasta el final del estudio.
- Número de canutos: se midió el sexto y séptimo mes.
- Longitud y ancho de canuto superior, medio e inferior: sexto y séptimo mes.
- Altura de canutos visibles: sexto y séptimo mes.

### **2.9.3 Variables de calidad y producción**

Grados brix, pureza del jugo, contenidos de fibra, sacarosa, POL, humedad de la caña se sacó en muestras tomadas a los siete meses del crecimiento de rebrote, siguiendo los lineamientos del manual del laboratorio de control de calidad del CATV. Con estos datos se determinó la producción (t/ha) y rendimiento (kg de azúcar/t) al séptimo mes.

## **2.10 Diseño estadístico**

El diseño utilizado en esta investigación es Parcelas Divididas, tomando como parcela principal el tipo de riego y como subparcela el nivel de Acido Húmico. La distribución de los tratamientos se asignó según el tipo de riego que estaba establecido en cada lote y la distribución de las parcelas de Acido Húmico fue en bloques al azar, por efecto de la forma de aplicación con la cultivadora.

### **2.10.1 Análisis estadístico**

Se realizó un análisis de varianza para determinar la significancia de los tratamientos y correlaciones entre los nutrientes presentes en el suelo al tercer mes de cultivo, planta y calidad de la caña al séptimo mes de cultivo, a una probabilidad menor de 0.05 con el

programa estadístico MINITAB. Las separaciones de media se realizaron utilizando el método LSD con el programa “Statistical Analysis System” (SAS<sup>®</sup>).

### **2.11 Análisis económico**

Se realizó un análisis económico por la diferencia de costos al séptimo mes entre tratamientos, de esta manera se determinó la mejor rentabilidad económica entre los tratamientos.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **3.1 Caracterización de los suelos**

Se trató que los suelos fueran lo más uniformes posibles, pero las texturas entre los lotes variaron (Anexo 3). En los lotes de aspersión y gravedad se encontraron texturas similares. En riego por gravedad, se texturas franco arenosas en los primeros 28 cm seguido de franco arcillo arenosas hasta los 47 cm, debajo de este se encuentran texturas pesadas (arcillosas). En cuanto a la resistencia a la penetración, las lecturas del penetrómetro fueron  $1 \text{ kg/cm}^2$ , solamente el primer horizonte, a partir de los 28 cm es mayor a  $4.5 \text{ kg/cm}^2$ , lo que significa una barrera física para el desarrollo favorable de las raíces. En el lote de aspersión las texturas se asemejan mucho con el suelo anterior, siendo este menos compactado. En los primeros 23 cm se determinaron texturas franco arenosas, seguido de arcillo arenosas hasta los 100 cm. La resistencia a la penetración fue menor a  $2.4 \text{ kg/cm}^2$  en todos los horizontes.

Los lotes de goteo deficitario las texturas, resistencia a la penetración y por ende cantidad de raíces y poros variaron en comparación con los de gravedad y aspersión. El lote de goteo con ácido húmico se encontró texturas arcillosas de los 0 hasta los 100 cm con una resistencia a la penetración mayor a los  $4.5 \text{ kg/cm}^2$  en todos los horizontes. En goteo sin ácido húmico, las texturas en los primeros 25 cm son franco-arcillosas, con una resistencia a la penetración de  $3.5 \text{ kg/cm}^2$  y de los 25 a los 100 cm se encontraron texturas arcillo-limosas con estructura masiva y resistencia a la penetración mayor a las  $4.5 \text{ kg/cm}^2$ .

La conductividad eléctrica del suelo medida a los siete meses, el tratamiento de goteo deficitario sin Acido Húmico tuvo el valor máximo con  $1.45 \text{ mmhos/cm}$ , que se acerca al umbral crítico de salinidad para caña de azúcar propuesto por Mass y Hoffman (1977). Este valor afirma que a partir de  $1.7 \text{ mmhos/cm}$  el rendimiento de caña disminuye  $5.9\%$  por cada unidad de aumento de salinidad; probablemente esto es causado por la salinidad del agua de riego que se ocupa. Para los demás tratamientos los valores son menores a  $0.8 \text{ mmhos/cm}$ , que no tienen efecto en el cultivo (Anexo 4).

#### **3.2 Biosdisponibilidad de nutrientes**

Los análisis de suelos y foliares por tratamiento están detallados en los anexos 4, 5 y 6 su promedio en el Anexo 7 y la interpretación está detallada en el Anexo 8.

En este análisis cabe destacar que el tratamiento que posee más nutrientes con una biodisponibilidad adecuada es aspersión con ácido húmico (Cuadro 2). A pesar de esto, existen deficiencias de nitrógeno y alta biodisponibilidad de K en todos los tratamientos. Es importante mencionar que si los niveles de K son altos y la humedad y el contenido de N son bajos, los azúcares reductores disminuyen, y la pureza y los niveles de sacarosa aumentan (Subirós 1995).

En los dos tratamientos de gravedad los nutrientes con baja biodisponibilidad son P y Cu y con adecuada el Mg y Fe. El Zn está adecuado en gravedad con Acido Húmico, pero no es así en gravedad sin Acido Húmico; Ca y Mn solo están adecuados en gravedad sin ácido húmico.

En los dos tratamientos de aspersión el Mg, Fe y Mn están adecuados, el Zn esta bajo y el Cu esta deficiente. El P y Ca están adecuados en el lote con Acido Húmico y deficientes en los que no se aplicó.

En los dos tratamientos de goteo deficitario el Ca, Mg, Cu y Zn tienen una baja biodisponibilidad, y adecuada solamente el Fe. En riego con goteo y Acido Húmico el P y Mn están adecuados y deficientes en los que no se aplicó.

Los niveles de Fe son adecuados en todos los tratamientos y Mn tiene una adecuada biodisponibilidad en todos menos gravedad con Acido Húmico, probablemente debido a las altas cantidades de K en el suelo.

**Cuadro 2.** Evaluación de la biodisponibilidad de nutrientes en caña bajo tres sistemas de riego y dos niveles de Acido Húmico en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.

Tratamientos	Def. <sup>◊</sup>	Biodisponibilidad		
		Baja	Adecuada	Alta
Gravedad con A. H. <sup>◊</sup>	N	P, Cu, Mn, Ca	Mg, Fe, Zn	K
Gravedad sin A. H.	N	P, Cu, Zn	Mg, Fe, K, Ca, Mn	K
Aspersión con A. H.	N, Cu	Zn	Mg, Mn, Fe, P, Ca	K
Aspersión sin A. H.	N, Cu	Zn, P, Ca	Mg, Mn, Fe	K
Goteo deficitario con A. H.	N	Ca, Mg, Cu, Zn	Mn, Fe, P	K
Goteo deficitario sin A. H.	N	Ca, Mg, Cu, Zn, P	Mn, Fe	K

<sup>◊</sup> A.H. = Acido Húmico. Def<sup>◊</sup> = deficiencias

También se puede observar como la presencia en el suelo de ciertos elementos como K, Ca, Mg, Mn, Zn, y Cu generan una menor absorción de otros (Cuadro 3) expresado en el mes cinco y siete de cultivo, mediante correlaciones.

**Cuadro 3.** Correlaciones entre los nutrientes del suelo a tres y siete meses de cultivo con foliares a cinco y siete meses para CATV, Honduras.

Nutrientes suelo-planta	Suelo – Foliar		Suelo - Foliar
	3	5	7
K <sub>suelo</sub> – Mg <sub>planta</sub>	-0.79		SC <sup>ξ</sup>
K <sub>suelo</sub> – Mn <sub>planta</sub>	-0.81		-0.81
Ca <sub>suelo</sub> - Mg <sub>planta</sub>	-0.78		-0.7
Ca <sub>suelo</sub> – K <sub>planta</sub>	-0.9		SC
Ca <sub>suelo</sub> - Mn <sub>planta</sub>	-0.92		-0.86
Mg <sub>suelo</sub> - Mn <sub>planta</sub>	-0.79		-0.71
Mg <sub>suelo</sub> - Mg <sub>planta</sub>	-0.73		-0.72
Mn <sub>suelo</sub> – K <sub>planta</sub>	-0.94		-0.92
Mn <sub>suelo</sub> - Mg <sub>planta</sub>	-0.77		-0.71
Zn <sub>suelo</sub> – K <sub>planta</sub>	-0.82		-0.74
Cu <sub>suelo</sub> - Mg <sub>planta</sub>	-0.83		-0.78

SC<sup>ξ</sup> = sin correlación

### 3.3 Humedad en el suelo

**Cuadro 4.** Efecto del tipo riego y suelo en el porcentaje de humedad en suelos de la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras

Tipo de Riego	Suelo	Raíces		Riego		Humedad en el suelo (%)	Días después de riego
		Prof <sup>§</sup> cm	Tamaño y frecuencia	mm/ ciclo	mm/ turno		
Gravedad	FA/FArA	0-47	TM*	468	93	11.97	31
Aspersión	FA/FArA	10-46	TM	162	27	16.97	6
Goteo deficitario	FAr/ArL	0-38	Mf P <sup>°</sup>				
Goteo deficitario	FAr/ArL	0-25	TM	474	47	12.47	1
	Ar/L	25-50	Mf P				

§= Profundidad \*TM=Todos los tamaños, muchas. °MfP=Muy finas, pocas.

FA = Franco Arenoso; FArA= Franco Arcillo Arenoso; ArL: Arcillo Limoso.

La lámina de riego aplicada en los tres sistemas de riego fue diferente (Cuadro 1) y en el Cuadro 4 se relaciona con el tipo de suelo y algunas características del mismo. La humedad en aspersión fue mayor que en los otros suelos, debido a una mejor eficiencia, también la estructura permite una mejor distribución y absorción del agua por las raíces. En cuanto al goteo deficitario, en teoría se aplica una lámina mayor, pero el porcentaje de humedad del suelo indica que la lámina entregada no corresponde a la que se está

aplicando. En gravedad a pesar de que se aplicó más agua, el porcentaje de humedad fue bajo debido a la poca eficiencia de riego en combinación con el tipo de textura del suelo.

### **3.4 Análisis de agua**

La calidad del agua para riego influye en variables como brix y POL, que se ven disminuidas al emplear agua salina (Subirós 1995). El agua del riego por gravedad y aspersión se clasifica como C2S1 según las normas de Riverside (INFOAGRO 2004), esto significa que tiene una salinidad media y que es apta para el riego dependiendo de la susceptibilidad del cultivo; mientras que el agua de goteo deficitario se clasificó como C3 que es agua de salinidad alta que puede aplicarse en suelos con un buen drenaje y en cultivos tolerantes a la salinidad (Anexo 9). Esta calidad de agua probablemente puede estar afectando el rendimiento, ya que la caña es un cultivo con una tolerancia baja a la salinidad, lo que disminuye aún más la capacidad de absorción de agua en esas condiciones. Cabe anotar que ésta agua presenta un desbalance entre aniones y cationes, siendo mayor este último; esto indica una carga alta de sólidos, probablemente materia orgánica. Esta condición en riego por goteo debe ser atendida verificando la correcta descarga de los goteros. Los tres tipos de agua presentan baja cantidad de sodio al ser clasificadas dentro de las (S1). Debe tenerse en cuenta que todo el riego por goteo para este experimento se realizó con agua de salinidad media y los resultados del sistema pueden estar enmascarados por la calidad del agua, así como también por deterioro del sistema.

### **3.5 Variables agronómicas**

Los primeros meses del cultivo, no se encontró una diferencia significativa, probablemente a que las plantas estaban pequeñas y no habían desarrollado completamente sus características (Cuadro 5). En el sexto mes (Cuadro 6), se encontraron diferencias en el largo del entrenudo superior para el factor riego y en el largo del entrenudo medio para el Acido Húmico y el riego (Cuadro 10). En el séptimo mes, las variables influenciadas por el Acido Húmico fueron altura, número de canutos, largo del entrenudo medio y número de tallos y en cuanto a riego, largo del entrenudo medio y ancho del entrenudo inferior (Cuadro 7). Antes de la cosecha la altura, número de canutos, número de tallos y largo y ancho del entrenudo medio son las variables que dan una mejor proyección de la producción (Castillo 2004)<sup>1</sup>.

El Acido Húmico influye principalmente en variables agronómicas, aumentan la cantidad de caña cortada, pero no así en el rendimiento que es la cantidad de azúcar en la caña. Debido a que como establece la literatura citada las concentraciones de sacarosa

---

<sup>1</sup> Castillo, A. 2004. Variables de Calidad y Producción de caña. CATV. Comunicación Personal.

empiezan a aumentar cuando se detiene el crecimiento vegetativo. El Ácido Húmico al ocasionar mayor crecimiento puede provocar un atraso en la concentración de azúcares.

**Cuadro 5.** Niveles de significancia para variables agronómicas en el tercer, cuarto y quinto mes de cultivo de caña en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.

Fuentes de variación	Mes 3		Mes 4		Mes 5				
	No. Hojas	No. Tallos	No. Hojas	No. Tallos	No. Hojas	AES <sup>α</sup>	AEM <sup>§</sup>	AEI <sup>□</sup>	No. Tallos
Riego	0.55 <sup>ó</sup>	0.25	0.47	0.18	0.39	0.41	0.44	0.10	0.25
A.H. °	0.34	0.13	0.60	0.30	0.50	0.25	0.93	0.17	0.61
Riego x A.H.	0.36	0.39	0.14	0.66	0.61	0.45	0.96	0.19	0.70

<sup>ó</sup> Valores mayores a 0.05 no son significativos.

A.H. ° = Ácido Húmico; AES<sup>α</sup> = Ancho del entrenudo superior; AEM<sup>§</sup> = ancho del entrenudo inferior; AEI<sup>□</sup> = ancho del entrenudo inferior.

**Cuadro 6.** Niveles de significancia para variables agronómicas en el sexto mes de cultivo de caña en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.

Fuentes de Variación	No. Hojas	Altura	No. Canutos	LES <sup>⊖</sup>	AES <sup>α</sup>	LEM <sup>Ω</sup>	AEM <sup>§</sup>	LEI <sup>β</sup>	AEI <sup>□</sup>	No. Tallos
Riego	0.71 <sup>ó</sup>	0.26	0.29	<b>0.01</b>	0.42	<b>0.00</b>	0.06	0.37	0.11	0.12
A.H. °	0.89	0.09	0.31	0.39	0.88	<b>0.01</b>	0.54	0.37	0.67	0.54
Riego x A.H.	0.15	0.13	0.63	0.11	0.56	0.06	0.33	0.64	0.29	0.91

<sup>ó</sup> Valores en menores a 0.05 no son significativos.

A.H. ° = Ácido Húmico; LES<sup>⊖</sup> = Largo del entrenudo superior; AES<sup>α</sup> = ancho del entrenudo superior; LEM<sup>Ω</sup> = Largo del entrenudo medio; AEM<sup>§</sup> = Ancho del entrenudo medio; LEI<sup>β</sup> = Largo del entrenudo inferior; AEI<sup>□</sup> = ancho del entrenudo inferior.



**Cuadro 7.** Niveles de significancia para variables agronómicas en el séptimo mes de cultivo de caña en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.

Fuente de Variación	No. Hojas	Altura	No. Canutos	LES <sup>o</sup>	AES <sup>a</sup>	LEM <sup>o</sup>	AEM <sup>s</sup>	LEI <sup>b</sup>	AEI <sup>c</sup>	No. Tallos
Riego	0.12 <sup>o</sup>	0.20	0.22	0.21	0.37	<b>0.01</b>	0.47	0.67	<b>0.00</b>	0.11
A.H. °	0.49	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	0.97	0.06	<b>0.03</b>	0.59	0.73	0.69	<b>0.01</b>
Riego x A.H.	1.00	0.35	0.15	0.09	0.81	0.68	0.48	0.27	0.23	0.74

<sup>o</sup> Valores mayores a 0.05 no son significativos.

A.H. ° = Ácido Húmico; LES<sup>o</sup> = Largo del entrenudo superior; AES<sup>a</sup> = ancho del entrenudo superior; LEM<sup>o</sup> = Largo del entrenudo medio; AEM<sup>s</sup> = Ancho del entrenudo medio; LEI<sup>b</sup> = Largo del entrenudo inferior; AEI<sup>c</sup> = ancho del entrenudo inferior.

### 3.5.1 Altura

En cuanto a la altura de las plantas no hubo diferencia hasta el séptimo mes de cultivo, en el cual el mayor promedio fue con Acido Húmico, en comparación a sin Acido Húmico (Cuadro 8). Este aumento en la altura se debió a que en los tratamientos que se aplicó Acido Húmico un mayor número de nutrientes tuvieron una biodisponibilidad adecuada, en comparación con los tratamientos que no tenían Acido Húmico. (Anexo 8 y Cuadro 2).

**Cuadro 8.** Variables agronómicas significativas para el Acido Húmico en el séptimo mes de cultivo de caña en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.

Fuente de Variación		Altura (cm)	No. Canutos	No. Tallos
Con	Acido Húmico	134.0 a <sup>1</sup>	9.3 a	16.9 a
Sin	Acido Húmico	101.3 b	7.6 b	12.2 b
CV		0.6	0.58	0.51
R <sup>2</sup>		14	12	23

<sup>1</sup> Promedios con igual letra no son diferentes significativamente (P<0.05).

### 3.5.2 Número de canutos

En el séptimo mes de cultivo se encontró diferencia entre las aplicaciones de Acido Húmico. Los tratamientos en los que se aplicó Acido Húmico tuvieron dos canutos más en comparación con los que no (Cuadro 8), esto está directamente relacionado con la variable anterior y el balance y adecuada biodisponibilidad de nutrientes (Anexo 8 y Cuadro 2).

### 3.5.3 Número de tallos

Se encontró diferencia en la aplicación de Acido Húmico, siendo mayor la cantidad en las parcelas aplicadas con Acido Húmico que en las que no se aplicó. El número de tallos disminuyó a medida que el cultivo fue creciendo (Cuadro 8), esto se atribuye a la competencia por agua y nutrimentos que hay entre ellos<sup>2</sup>. Al haber un mayor número de nutrimentos con biodisponibilidad adecuada (Anexo 8 y Cuadro 2), hay un aumento del porcentaje de sobrevivencia de tallos.

### 3.5.4 Ancho y largo de los entrenudos

Se encontró diferencia estadística en el largo del entrenudo superior y ancho del entrenudo inferior para el factor riego (Cuadro 9), teniendo mayores promedios las parcelas ubicadas en aspersión, seguido por gravedad y goteo. Esto se atribuye al tipo de suelo donde estaban situados los sistemas.

En el ancho del entrenudo medio (Cuadro 10), no se encontró diferencia significativa, mientras que en su longitud sí, por los tipos de riego. La diferencia que hubo entre los tipos de riego se atribuye principalmente a la diferencia de suelos donde estaban situadas las parcelas, tanto por la textura pero principalmente a la estructura, que es este caso es una barrera física para un buen crecimiento radicular y por ende de la absorción de nutrimentos. Se puede observar que al ser el goteo deficitario el suelo con más arcilla obtiene el menor largo del entrenudo medio y que la diferencia entre aspersión y gravedad es mínima. Con respecto a la diferencia por Acido Húmico, en los dos meses hay una diferencia de 2 cm, favoreciendo a los lotes con Acido Húmico en comparación con los que no tenían. Esto se debe a las propiedades del Acido Húmico de aumentar la adecuada disponibilidad para más nutrimentos (Anexo 8 y Cuadro 2).

**Cuadro 9.** Variables agronómicas significativas para el tipo de riego en el séptimo mes de cultivo de caña en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.

Tipo de riego	Largo del entrenudo superior	Ancho del entrenudo inferior
Aspersión	16.8 a <sup>1</sup>	2.9 a
Gravedad	15.0 a	2.8 a
Goteo Deficitario	11.8 b	2.5 b
CV	12	6
R <sup>2</sup>	0.38	0.63

<sup>1</sup>Promedios con igual letra no son diferentes significativamente (P<0.05).

<sup>2</sup> Rivera, P. 2004. Competencia de tallos en caña de azúcar. CATV, Honduras (Comunicación Personal).

**Cuadro 10.** Promedios del largo (cm) del entrenado medio para las fuentes de variación de ácido húmico y riego, en el sexto y séptimo mes de cultivo de caña en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.

Fuente de Variación	Mes 6		Mes 7	
Con Acido Húmico	15.2	a <sup>1</sup>	17.1	a
Sin Acido Húmico	13.9	b	15.2	b
Gravedad	16.9	a	16.8	a
Aspersión	16.5	a	16.9	a
Goteo Deficitario	10.2	b	14.6	b
CV	10		8	
R <sup>2</sup>	0.87		0.58	

<sup>1</sup> Promedios con igual letra no son diferentes significativamente (P<0.05).

### 3.6 Variables de calidad y producción

Las variables de calidad de caña que dan una mejor estimación de la producción y rendimiento son brix (cantidad de sólidos solubles), POL (cantidad de sacarosa) y pureza (cantidad de POL en el jugo de caña extraído) (Cuadro 11). Cabe destacar que las muestras se tomaron si haber concluido el crecimiento vegetativo del cultivo, y que la maduración de la caña comienza cuando esta fase concluye (Subirós 1995), por lo que los datos reflejados serán bajos en comparación con caña de un año. El factor riego fue significativo para las variables brix, POL, pureza, fibra, azúcares reductores y rendimiento (kg/t), mientras que el Acido Húmico influyó en humedad de la caña y producción (t de caña/ha) y en interacción con el riego influyó en grados brix.

**Cuadro 11.** Nivel de significancia para las variables de calidad y producción de la caña al séptimo mes de cultivo en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.

Fuentes de Variación	Humedad	Brix	POL	Pureza	Fibra	Azúcares Reductores	kg/t	t/ha
Riego	0.93 <sup>1</sup>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	0.42
A. H.°	0.72	0.06	0.17	0.82	0.25	0.07	0.17	<b>0.00</b>
Riego x A.H.	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	0.14	0.97	0.26	0.16	0.14	0.53

<sup>1</sup>Valores mayores a 0.05 no son significativos.

A.H. ° = Ácido Húmico.

### 3.6.1 Brix (%)

Grados brix es el contenido de sólidos disueltos (azúcares y no azúcares) en la caña. Hubo diferencias con el factor riego y la interacción de riego y Acido Húmico. Dentro del factor riego, aspersión y gravedad no hubo diferencias significativas entre ellos y obtuvieron promedios mayores en comparación con al goteo deficitario (Cuadro 12). Esto debido a que en aspersión y gravedad se encontraban los suelos de texturas un poco más arenosas y la caña madura más rápido en suelos arenosos que suelos arcillosos (Subirós 1995), además la humedad del suelo fue mayor en estos dos tratamientos. En la interacción riego por Acido Húmico, el tratamiento de aspersión con Acido Húmico fue el mejor significativamente en comparación los demás, debido a la adecuada biodisponibilidad de P y Ca, a la textura y humedad del suelo (Cuadro 2).

**Cuadro 12.** Influencia en brix (%) por el tipo de riego y la interacción riego por Acido Húmico en caña al séptimo mes de cultivo, Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.

Riego		Riego X Acido Húmico		
Aspersión	13.9 a <sup>1</sup>	Aspersión con Acido Húmico	15.0	A
Gravedad	11.9 a	Aspersión sin Acido Húmico	12.8	b
Goteo Deficitario	11.2 b	Gravedad sin Acido Húmico	12.2	b c
		Gravedad con Acido Húmico	11.7	b c d
		Goteo Deficitario con Acido Húmico	11.4	c d
		Goteo Deficitario sin Acido Húmico	10.9	d
CV	7			
R <sup>2</sup>	0.77			

<sup>1</sup> Promedios con igual letra no son diferentes significativamente (P<0.05).

### 3.6.2 POL (%)

POL es la cantidad de azúcar total que se obtiene en el proceso de extracción. Los tres riegos tuvieron promedio de POL diferentes estadísticamente. El de mayor promedio fue el riego por aspersión, seguido por gravedad y goteo deficitario (Cuadro 13). Esta variable está altamente relacionada con lo grados brix y al haber un aumento en ellos también lo hay en el POL, teniendo una relación directa de 194% (Anexo 10).

### 3.6.3 Pureza (%)

Es la cantidad de sacarosa en el jugo de caña, o sea el % de POL extraído del jugo. En este caso el POL obtenido en riego por aspersión, es superior a gravedad y a goteo deficitario, que son iguales entre sí (Cuadro 13). Como se puede observar riego por aspersión es el mejor promedio debido a las razones antes expuestas, que también influyen en una relación directa del 64% a grados brix y del 86% a POL (Anexo 10).

### 3.6.4 Rendimiento

Rendimiento es la cantidad de kg/t de caña que se obtienen, está directamente relacionado con grados brix (94%), pureza (86%) y POL (100%) (Anexo 10), porque a medida que hay más sacarosa presente se obtendrán más kilos de ésta por tonelada de caña cortada. La diferencia que se obtuvo fue por el factor riego (Cuadro 13), en el que al igual que las variables anteriores aspersión (108 kg/t) fue diferente a gravedad (85.5 kg/t), que también difirió con goteo que fue el menor promedio 73 kg/t.

**Cuadro 13.** Influencia del sistema de riego en POL, pureza y rendimiento al séptimo mes de cultivo de caña en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.

Tipo de Riego	POL	Pureza	Rendimiento
	%		kg/t
Aspersión	11.9 a <sup>1</sup>	85.3 a	238 a
Gravedad	9.3 b	77.7 b	186 b
Goteo Def	8 c	71.9 b	161 c
CV	10	7	10
R <sup>2</sup>	0.78	0.52	0.78

<sup>1</sup> Promedios con igual letra no son diferentes significativamente (P<0.05).

### 3.6.5 Producción

Producción es la cantidad de caña producida por hectárea, obtuvo un ajuste al modelo lineal de 60% y un coeficiente de variación de los datos con respecto al promedio de 29%. El factor que fue significativo para esta variable fue la aplicación del Ácido Húmico que obtuvo un mayor promedio (86.4 t/ha), en comparación con los lotes sin ácido húmico, que tuvieron un promedio mucho menor 47.7 t/ha. Esto debido a una mayor biodisponibilidad de los nutrientes y una relación directa con altura del 85% y número de tallos (75%) (Anexo 10), que también fueron beneficiados con la aplicación del ácido húmico.

### 3.6.6 Relación entre nutrientes foliar y características de calidad

En el Cuadro 14 aparece la correlación entre de los nutrientes con las variables de calidad; se observa que en la primera columna hay un mayor número de correlaciones que en la segunda, esto posiblemente se deba al momento de la toma de las muestras foliares, ya que la literatura recomienda realizarlas en el mes cinco. También se puede ver que al cumplir el K con funciones de transporte y almacenamiento de azúcares (Subirós 1995), tiene una relación directa con variables como pureza, POL y rendimiento (kg/t) (Cuadro 14). También Mg al intervenir en la conversión de azúcares reductores (glucosa y fructosa) a sacarosa, está cumpliendo sus funciones. El Mn y Ca, también tienen una relación directa alta con la concentración de sacarosa.

**Cuadro 14.** Correlaciones entre nutrientes al quinto y sexto mes con variables de calidad y producción de caña al séptimo mes en Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.

Características de Calidad	Mes		
	5	7	7
Mg – Brix		0.72	0.70
Mg – POL		0.83	0.73
Mg – kg/t		0.83	0.73
Mn – Brix		0.78	0.75
Mn – POL		0.79	0.74
Mn – kg/t		0.79	0.74
Mn – Pureza		SC <sup>ξ</sup>	0.89
K – POL		0.81	SC
K – Brix		0.76	SC
K – kg/t		0.81	SC
Ca – POL		0.72	SC
Ca – kg/t		0.72	SC

SC<sup>ξ</sup>= sin correlación

### 3.7 Análisis económico

El costo detallado de cada tratamiento por lote y por hectárea está detallado en el Anexo 11 y el cálculo de los ingresos en el Anexo 12. El costo de riego por gravedad es el menor en comparación con los demás porque no requiere instalaciones, ni equipo con el riego por aspersión y goteo. El aumento de los costos por ha de la aplicación de Acido Húmico es de \$ 28.8 en los tres sistemas. Los costos son iguales debido a que para la aplicación del Acido Húmico no se requirió manejo adicional al ya establecido por la Compañía, porque en todos los casos se aplica durante la fertilización del cultivo o riego (en el caso de goteo), el único costo adicional es el producto.

**Cuadro 15.** Flujo de efectivo al séptimo mes de cultivo para cada tratamiento en \$US/ha.

	Gravedad		Aspersión		Goteo Deficitario	
	Con <sup>x</sup>	Sin <sup>§</sup>	Con	Sin	Con	Sin
Ingresos	2,231.00	1,472.90	4,129.70	1,691.20	2,654.90	1,412.20
Costo	1,065.50	1,036.60	1,009.50	980.6	709.1	680.2
Utilidad	1,165.50	436.30	3,120.20	710.60	1,945.80	732.00
Rentabilidad	0.52	0.30	0.76	0.42	0.73	0.52

Con<sup>x</sup>: con ácido húmico. Sin<sup>§</sup>: sin ácido húmico

#### 4. CONCLUSIONES

Existe una diferencia en producción en caña aplicada con Acido Húmico (Humiplex GMicro<sup>®</sup>), ya que este permite mejor absorción de ciertos nutrientes para cada tipo de riego. El tipo de riego, la humedad del suelo y tipo de suelo donde está cada sistema influyen de gran manera en el rendimiento de la caña. Texturas medias a gruesas y mayor humedad en el suelo con riego por aspersión dan un mayor rendimiento que goteo con lámina deficitaria en suelos finos. Los elementos que tienen una mayor influencia en las variables de calidad son K, Ca, Mg y Mn.

1. La caracterización detallada de cada lote indica que los suelos de riego por gravedad y aspersión de texturas media a gruesas y sin compactación, le proporcionan a la planta una mejor absorción de los nutrimentos en comparación con los suelos arcillosos y compactados del riego con goteo.
2. La humedad del suelo influye directamente en la disponibilidad de nutrientes, en los tratamientos donde la humedad en el suelo fue mayor obtuvieron mejores promedios en todas las variables medidas.
3. La lámina en teoría aplicada no se relaciona con la humedad del suelo. Se conoce que el riego por aspersión es menos eficiente que goteo, pero para las condiciones de este estudio los resultados mostraron lo contrario. No se puede afirmar que ha sido consecuencia del sistema de riego, ya que también puede estar influyendo el manejo de cada uno.
4. La rentabilidad fue mayor en los tres tratamientos que se aplicó Acido Húmico. Teniendo un mayor retorno el riego por aspersión, seguido por gravedad y luego goteo. Esto debido a la mayor productividad y bajos costos de aspersión y gravedad en comparación con goteo.

## 5. RECOMENDACIONES

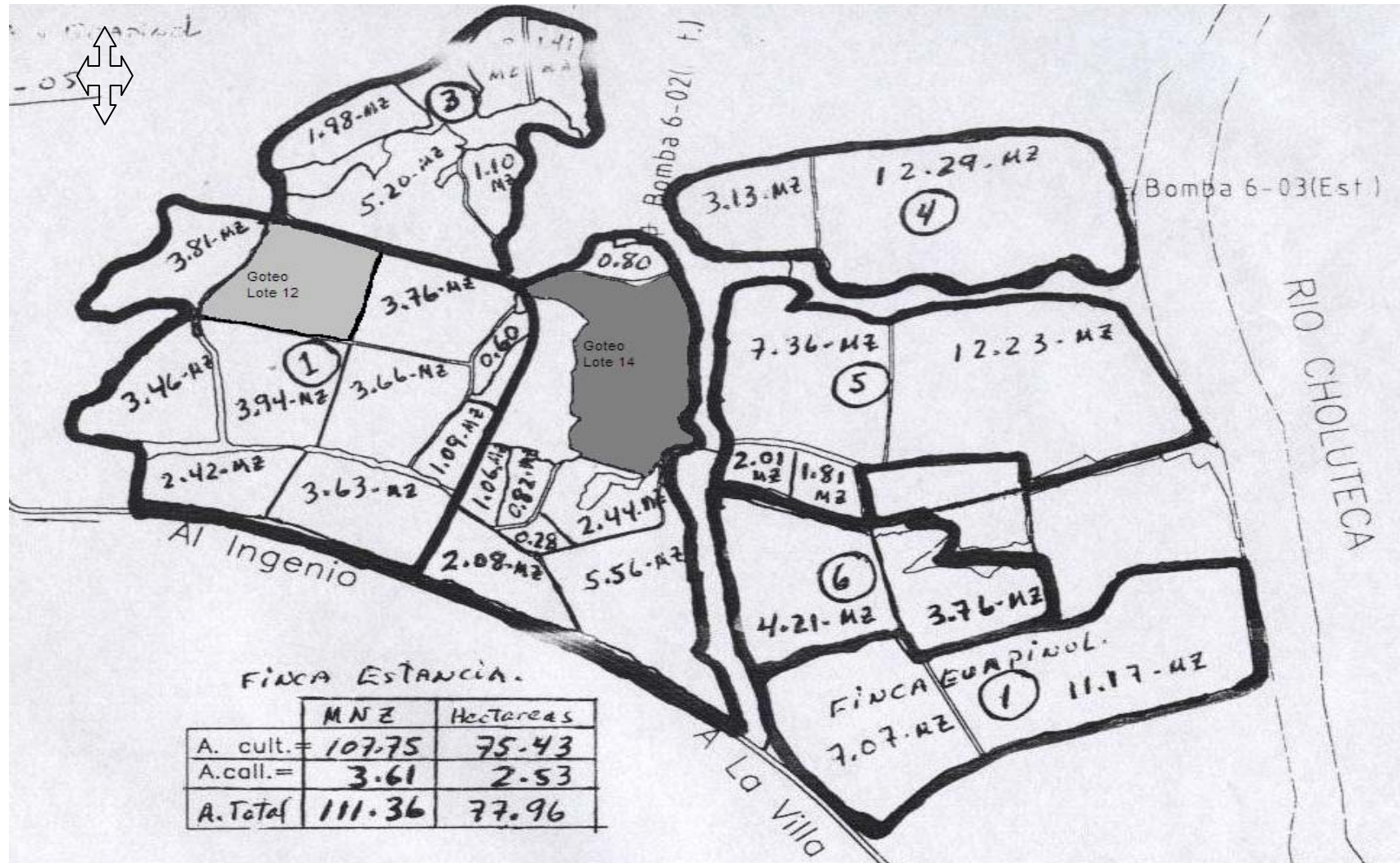
1. En suelos con texturas medias, buena estructura y riego por aspersión se recomienda la aplicación de Acido Húmico. En riego por gravedad también a pesar del posible arrastre del producto por las características del sistema.
2. Aplicar Acido Húmico (Humiplex GMicro<sup>®</sup>) al suelo para proporcionar a la planta una mayor biodisponibilidad de nutrientes y obtener un aumento en la producción.
3. Verificar la operación del riego por goteo con agua apta para riego y sin problemas de salinización, para determinar si realmente los resultados obedecen al sistema como tal o a su operación.
4. Establecer monitoreos del efecto de la calidad del agua de riego en los sistemas de riego por aspersión y goteo para cuantificar el efecto de la misma.
5. Usar el parámetro de humedad de suelo como práctica de control sobre la eficiencia del sistema de riego.
6. Monitorear los niveles de K, Ca, Mg y Mn en la planta en la etapa de crecimiento (tres a cinco meses), como indicadores de formación y concentración de sacarosa en la planta.
7. Realizar estudios en los que se monitoree la influencia del ácido húmico en la concentración de sacarosa hasta la cosecha.
8. Seguir investigando sobre la influencia de los tipos de suelos en combinación con los sistemas de riego, con el fin de determinar la inversión que se debe realizar según el tipo de suelo.
9. Hacer una rehabilitación de la estructura del suelo de los lotes 12 y 14, debido a la alta compactación que existe, con el objetivo de proporcionar al cultivo mejores condiciones de desarrollo radical y por ende mayor absorción de nutrientes.



## 6. BIBLIOGRAFIA

1. APAH (Asociación de Productores de Azúcar de Honduras). Aspectos generales, Inicio/Evolución (en línea). Consultado 14 de junio 2004. Disponible en <http://www.apah.hn/aspectos.html>
2. Díaz, L. y Portocarrero, E. 2002. Manual de producción de caña de azúcar. Tesis Ing. Agr. Honduras, Zamorano. 130 p.
3. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelo. 2 ed. 70 p.
4. GBM estudio realizado por: Samaniego, M. 1999. Resultados con Humiplex\* en caña (correo electrónico) (diapositivas). Colombia.
5. GBM estudio realizado por: Samaniego, M. 1999. Humiplex\* propiedades físicas (correo electrónico). Colombia.
6. INFOAGRO. 2004. Diagnostico de Aguas de Riego. Consultado 29 jul. 2004. Disponible en: [http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico\\_aguas.htm](http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico_aguas.htm)
7. Landon, J.R. 1991. Broker tropical soil manual. Paper back edition. Longman Scientific & Technical. Hong Honk. 488p.
8. Leitón, J.S. 1993. Riego y Drenaje. Editorial EUNED. San José, Costa Rica. 180 p.
9. Romera, M. 2004. Agricultura ecológica (en línea). INFOAGRO. Consultado 14 abril 2004. Disponible en: [http://www.infoagro.com/agricultura%5Fecologica/agricultura\\_ecologica.asp](http://www.infoagro.com/agricultura%5Fecologica/agricultura_ecologica.asp)
10. Schueneman, T.J., J.D. Miller, R.A. Gilbert and N.L. Harrison. 2001. Sugarcane cultivar CP 72-2086 descriptive fact sheet. University of Florida Cooperative Extension Service Fact Sheet SS-AGR-115. Consultado 12 mayo 2004. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/AG130> .
11. Subirós, F. 1995. El cultivo de la caña de Azúcar. Segunda Edición. Editorial EUNED. San José, Costa Rica. 441p.

Anexo 1. Mapa de la Finca La Estancia





## Anexo 3. Descripción de calicatas de los lotes.

	Prof.	Horiz.	Color	Text	Estructura			Cons	Resist Penet	Poros			Raíces		Limite	
					Tipo	Grad	Clase			Tam	Form	Cant	Tam	Cant	Top	Anch
Goteo Deficitario Lote 14	0 - 25	Ap	10 YR 3/1 Gris muy oscuro	F Ar	bsa	d	m f	f	3.5	t	t r	m	t	m	p	g
	25 - 50	Bd	10 YR 3/3 Pardo Oscuro	Ar L	m			d	4.5 +	m mf	t	p	m f	p	p	d
	50 - 77	Bw/C	7.5 YR 4/4 Pardo	Ar L	ba	f	m	d	4.5 +	mf	t	p	mf	p	p	b
	77-85+	C	10 YR 5/4 Pardo Amarillento	Ar L	ba	f	G m	d	4.5 +	f mf	v	p	mf	p		
Goteo Deficitario Lote 12	0 - 12	Ap	7.5 YR 2.5/1 Negro	Ar	ba	d	G mf	d	4.5 +	m f	t	p	m f	p	o	d
	12 - 25	Ap/Bw	60% 7.5 YR 2.5/1 Negro 40% 2.5 YR Pardo Oscuro	Ar L	p	m d	m f	d	4.5 +	g f	t v	f	m f	p	o	g
	25 - 38	Bw	60% 7.5 YR 2.5/1 Negro 40% 5YR 3/4 Pardo Oscuro	Ar	ba	d	g m	d	4.5 +	g m f	t v	p	m f	p	p	b
	38 - 63	2C	7.5 YR 4/6 Pardo Oscuro	50% Ar	m			d	4.5 +	f	v t	p	a		p	d
	63-85+	C	5 YR 4/6 Rojo amarillento	Fr Ar	ba	d	g m	d	4.5 +	mf m f	v t	f p	a			

**Encabezado:** Prof.= profundidad, Horiz.= horizontes, Text.= textura, Grad.= grado, Cons = consistencia, Resis Penen = Resistencia a la penetración, Tam = tamaño, Form = forma, Cant = cantidad, Top = topografía, Anch = ancho.

**Textura:** A = Arenoso; FA= Franco arenoso; F= Franco; FL= Franco Limoso; L= Limoso; FArA= Franco Arcillo Arenoso; FAr= Franco Arcilloso; FArL= Franco Arcillo Limoso; ArA= Arcillo Arenoso; ArL= Arcillo Limoso; Ar=Arcilloso; AF= Arenoso franco. **Estructura:** Tipo: g: granular; ba: bloques angulares; bsa: bloques subangulares; p: prisma; m: masivo; mi: migajosa; la: laminar; c: columnar. **Grado:** d: débil; m: moderado; f: fuerte; **Clase:** mf: muy finos; f: finos; m: medianos; g: gruesos; mg: muy gruesos.

**Consistencia:** En húmedo: s: suelto; mf: muy friable; f: friable; fi: firme; mfi: muy firme; **En seco:** s: suelto; b: blando; ld: ligeramente duro; d:duro; md: muy duro; ed: extremadamente duro.

**Poros:** Tamaño: t: todos los tamaños; g: gruesos; m: medianos; f: finos; mf: muy finos; a: ausentes. **Forma:** p: planares; v: vesiculares; t: tubulares; r: reticulares; **Frecuencia:** a: ausentes; p: pocos; f: frecuentes; m: muchos. **Continuidad:** c: conectados; nc: no conectados.

**Raíces:** Tamaño: tg: todos los grosos; mf: muy finas; f: finas; m: medianas; g: gruesas; mg: muy gruesas. **Cantidad:** a: ausentes; p: pocos; f: frecuentes; m: muchos.

**Límite:** Topografía: p: plano; o: ondulado; i: irregular; Nitidez: a: abrupto; g: gradual; d: difuso



## Anexo 3. Continuación

	Prof	Horiz	Color	Text	Estructura			Cons	Resist Penet	Poros			Raíces		Limite		
					Tipo	Grad	Clase			Tam	Forma	Cant	Tam	Cant	Top	Anch	
Gravedad	0 - 28	Ap	7.5 YR 4/3 Pardo	F A	bs	D	m f	f	1	m	t	r	m	t	m	p	a
	28 - 47	Bw	10YR 2/2 Pardo muy oscuro	F Ar A	ba	F	m g	d	4.5 +	m f	v	t	m	g m	m	o	a
	47 - 80	Bw2	10 YR 3/4 Pardo Oscuro	Ar	ba	F	m g	d	4.5 +	f	t	v	m	m f	p	p	a
	80 +	C	10 YR 3/4 Pardo Oscuro	Ar					4.5 +	a	t		m	a			
Aspersión	0 - 23	Ap	10 YR 2/2 Pardo muy oscuro	F A	bs	D	m f	f	0.4	t	t	r	m	t	m	p	b
	23 - 46	2Ap <sub>2</sub>	10 YR 2/1 Negro	F Ar A	ba	D	m	f	1.65	g m	r		p m	t	m	p	b
	46 - 84	2Bw	7.5 YR 3/4 Pardo Oscuro	F Ar A	ba	D	m	f	1.7	m mf	t		p	m	p	p	d
	80-100	2Bw	7.5 YR 3/4 Pardo Oscuro	Ar A	bs	D	m	f	2.4	f	t		p	m	p	p	b
	100 +	3C		A F		D											

**Encabezado:** Prof.= profundidad, Horiz.= horizontes, Text.= textura, Grad.= grado, Cons = consistencia, Resis Penen = Resistencia a la penetración, Tam = tamaño, Form = forma, Cant = cantidad, Top = topografía, Anch = ancho.

**Textura:** A = Arenoso; FA= Franco arenoso; F= Franco; FL= Franco Limoso; L= Limoso; FArA= Franco Arcillo Arenoso; FAr= Franco Arcilloso; FArL= Franco Arcillo Limoso; ArA= Arcillo Arenoso; ArL= Arcillo Limoso; Ar=Arcilloso; AF= Arenoso franco. **Estructura:** **Tipo:** g: granular; ba: bloques angulares; bsa: bloques subangulares; p: prisma; m: masivo; mi: migajosa; la: laminar; c: columnar. **Grado:** d: débil; m: moderado; f: fuerte; **Clase:** mf: muy finos; f: finos; m: medianos; g: gruesos; mg: muy gruesos.

**Consistencia:** **En húmedo:** s: suelto; mf: muy friable; f: friable; fi: firme; mfi: muy firme; **En seco:** s: suelto; b: blando; ld: ligeramente duro; d:duro; md: muy duro; ed: extremadamente duro.

**Poros:** **Tamaño:** t: todos los tamaños; g: gruesos; m: medianos; f: finos; mf: muy finos; a: ausentes. **Forma:** p: planares; v: vesiculares; t: tubulares; r: reticulares; **Frecuencia:** a: ausentes; p: pocos; f: frecuentes; m: muchos. **Continuidad:** c: conectados; nc: no conectados.

**Raíces:** **Tamaño:** tg: todos los grosores; mf: muy finas; f: finas; m: medianas; g: gruesas; mg: muy gruesas. **Cantidad:** a: ausentes; p: pocos; f: frecuentes; m: muchos.

**Límite:** **Topografía:** p: plano; o: ondulado; i: irregular; **Nitidez:** a: abrupto; g: gradual; d: difuso

**Anexo 4.** Análisis de suelo por tratamiento.

Tratamiento		Epoca de muestreo (meses)	pH (H <sub>2</sub> O)	C.E. <sup>ψ</sup> mmhos/cm	%		ppm (Extractable)							
Riego	Acido Húmico				M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Gravedad		3	8.1		1.10	0.05	34	644	4780	340	3.2	257	271	7.5
	CON	7	7.79	0.51	1.10	0.06	32	412	5220	300	2.9	188	266	6.4
	SIN	7	8.09	0.68	0.97	0.05	30	510	5360	320	2.7	180	272	6.5
Aspersión		3	7.41		2.26	0.11	34	286	2630	260	1.8	178	206	1.9
	CON	7	6.35	0.82	2.90	0.15	14	398	2850	250	1.8	148	221	3.1
	SIN	7	7.12	0.47	2.77	0.14	49	680	2710	240	1.7	130	217	2.8
Goteo (Lote 12)		3	7.2		3.22	0.16	10	308	3010	260	5.5	198	196	2
	CON	7	7.11	0.56	2.86	0.14	20	550	3530	300	5.6	175	242	2.5
Goteo (Lote 14)		3	7.14		1.55	0.08	30	804	3940	370	4.1	143	209	2.8
	SIN	7	6.74	1.45	5.44	0.27	15	980	4460	410	3.9	95	240	4.6

C.E.<sup>ψ</sup> = Conductividad EléctricaM.O.<sup>ω</sup> =Materia orgánica

**Anexo 5.** Análisis foliares por parcela en el mes cinco.

Tratamiento		%					ppm			
Riego	Acido Húmico	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Gravedad	CON	1.30	0.17	2.13	0.16	0.09	6	43	21	16
		1.25	0.16	2.22	0.15	0.11	5	50	19	14
		1.26	0.16	2.15	0.14	0.10	5	55	21	26
		1.28	0.16	2.12	0.15	0.10	5	52	21	40
	SIN	1.29	0.16	2.21	0.18	0.09	5	48	21	15
		1.29	0.16	2.24	0.13	0.10	5	68	21	18
		1.33	0.15	2.20	0.15	0.10	4	51	19	22
		1.34	0.17	2.12	0.16	0.09	5	44	21	19
Aspersión	CON	1.39	0.17	2.87	0.23	0.16	5	49	77	12
		1.43	0.19	2.82	0.23	0.15	5	48	65	13
		1.36	0.18	2.98	0.20	0.15	5	46	54	14
		1.38	0.18	2.92	0.23	0.17	4	49	62	12
	SIN	1.29	0.17	2.84	0.18	0.14	5	48	49	14
		1.29	0.17	2.95	0.18	0.14	4	50	48	22
		1.36	0.18	2.80	0.17	0.13	4	48	41	17
		1.30	0.16	2.85	0.20	0.13	4	49	45	16
Goteo Deficitario	CON	1.41	0.20	2.23	0.15	0.09	5	41	27	18
		1.23	0.18	2.03	0.16	0.08	5	44	31	15
		1.32	0.18	2.04	0.16	0.09	5	40	29	17
		1.17	0.19	2.22	0.16	0.08	5	40	32	19
	SIN	1.31	0.18	2.09	0.15	0.09	5	42	24	15
		1.35	0.17	2.10	0.16	0.09	5	43	24	23
		1.50	0.18	2.22	0.15	0.10	5	43	23	14
		1.34	0.18	2.20	0.13	0.09	5	40	21	15

**Anexo 6.** Análisis foliares por tratamiento para el mes siete.

Tratamiento		%					ppm			
Riego	Acido Húmico	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Gravedad	CON	1.21	0.15	1.78	0.22	0.11	6	41	17	15
		1.21	0.15	1.58	0.21	0.10	5	50	21	15
		1.25	0.15	1.62	0.20	0.10	6	49	18	14
		1.09	0.14	1.57	0.21	0.10	5	44	15	12
	SIN	1.24	0.16	1.55	0.18	0.10	6	72	13	13
		1.27	0.15	1.59	0.21	0.11	5	62	18	12
		1.10	0.14	1.66	0.27	0.10	4	43	27	12
		1.17	0.14	1.73	0.24	0.10	7	56	23	38
Aspersión	CON	1.27	0.15	2.25	0.28	0.15	6	61	74	15
		1.21	0.14	2.22	0.23	0.14	5	78	73	15
		1.27	0.15	2.33	0.30	0.15	6	59	79	12
		1.15	0.13	2.22	0.29	0.17	4	68	81	13
	SIN	1.12	0.14	2.41	0.35	0.17	5	52	61	13
		1.22	0.15	2.58	0.27	0.16	4	52	63	14
		1.25	0.15	2.19	0.25	0.15	5	51	57	24
		1.11	0.13	2.26	0.30	0.15	4	53	77	13
Goteo Deficiatario	CON	1.16	0.15	1.82	0.18	0.09	5	52	38	17
		1.11	0.14	1.76	0.28	0.09	6	44	27	19
		1.28	0.18	1.94	0.20	0.10	7	39	27	23
		1.12	0.17	1.80	0.21	0.08	5	57	25	36
	SIN	1.12	0.15	1.83	0.21	0.08	6	35	17	19
		1.15	0.14	1.90	0.24	0.11	5	43	30	26
		1.27	0.17	1.93	0.19	0.09	6	40	20	17
		1.27	0.15	1.79	0.20	0.10	6	50	23	15



**Anexo 7.** Promedio de los análisis foliares por tratamiento para los meses cinco y siete de cultivo.

		Mes 5								
Tratamiento		%					ppm			
Riego	Acido Húmico	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Gravedad	CON	1.27	0.16	2.15	0.15	0.10	3.70	50.10	20.23	23.93
	SIN	1.31	0.16	2.19	0.16	0.10	4.70	52.73	20.29	18.32
Aspersión	CON	1.39	0.18	2.90	0.22	0.16	4.70	48.00	64.58	12.62
	SIN	1.31	0.17	2.86	0.18	0.14	4.22	48.64	45.65	17.13
Goteo Deficitario	CON	1.28	0.19	2.13	0.16	0.09	4.95	41.54	29.43	17.06
	SIN	1.37	0.18	2.15	0.15	0.09	4.94	42.24	22.73	16.55

		Mes 7								
Tratamiento		%					ppm			
Riego	Acido Húmico	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Gravedad	CON	1.19	0.15	1.64	0.21	0.10	5.45	46.10	17.60	13.88
	SIN	1.20	0.15	1.63	0.22	0.10	5.46	58.32	20.11	18.60
Aspersión	CON	1.22	0.14	2.26	0.27	0.16	5.18	66.64	76.75	13.58
	SIN	1.18	0.14	2.36	0.29	0.16	4.46	52.01	64.65	15.84
Goteo Deficitario	CON	1.17	0.16	1.83	0.22	0.09	5.69	47.83	28.99	23.53
	SIN	1.20	0.15	1.86	0.21	0.10	5.70	41.87	22.30	19.07

**Anexo 8.** Matriz de biodisponibilidad de nutrientes para cada tratamiento.

Gravedad con Acido Húmico				
	Suelo	Foliar (Meses)		Interpretación de la biodisponibilidad
		5	7	
		N	Bajo	
P	Alto	Bajo	Bajo	Baja
K	Alto	Alto	Optimo	Alta
Ca	Alto	Bajo	Optimo	Baja
Mg	Alto	Optimo	Optimo	Adecuada
Cu	Alto	Bajo	Optimo	Baja
Fe	Alto	Optimo	Optimo	Adecuada
Mn	Alto	Bajo	Bajo	Baja
Zn	Alto	Optimo	Bajo	Adecuada

Gravedad sin Acido Húmico				
	Suelo	Foliar (Meses)		Interpretación de la biodisponibilidad
		5	7	
		N	Bajo	
P	Alto	Bajo	Optimo	Baja
K	Alto	Alto	Optimo	Alta
Ca	Alto	Baja	Optimo	Baja
Mg	Alto	Optimo	Optimo	Adecuada
Cu	Alto	Bajo	Optimo	Baja
Fe	Alto	Baja	Optimo	Baja
Mn	Alto	Optimo	Bajo	Adecuada
Zn	Alto	Bajo	Bajo	Baja

Aspersión con Acido Húmico				
	Suelo	Foliar (Meses)		Interpretación de la biodisponibilidad
		5	7	
		N	Bajo	
P	Alto	Optimo	Bajo	Adecuada
K	Alto	Alto	Alto	Alta
Ca	Alto	Optimo	Optimo	Adecuada
Mg	Alto	Optimo	Optimo	Adecuada
Cu	Bajo	Bajo	Optimo	Deficiencias
Fe	Alto	Optimo	Optimo	Adecuada
Mn	Alto	Optimo	Optimo	Adecuada
Zn	Optimo	Bajo	Bajo	Baja

Aspersión sin Acido Húmico				
	Suelo	Foliar (Meses)		Interpretación de la biodisponibilidad
		5	7	
		N	Bajo	
P	Alto	Bajo	Bajo	Baja
K	Alto	Alto	Alto	Alta
Ca	Alto	Bajo	Optimo	Baja
Mg	Alto	Optimo	Optimo	Adecuada
Cu	Bajo	Bajo	Optimo	Deficiencias
Fe	Alto	Optimo	Bajo	Adecuada
Mn	Alto	Optimo	Optimo	Adecuada
Zn	Optimo	Bajo	Bajo	Baja

## Anexo 8. Continuación

Goteo Deficitario con Acido Húmico				
	Suelo	Foliar (Meses)		Interpretación de la biodisponibilidad
		5	7	
N	Bajo	Bajo	Bajo	Deficiencias
P	Bajo	Optimo	Bajo	Adecuada
K	Alto	Alto	Optimo	Alta
Ca	Alto	Bajo	Optimo	Baja
Mg	Alto	Bajo	Bajo	Baja
Cu	Optimo	Bajo	Optimo	Baja
Fe	Alto	Optimo	Optimo	Adecuada
Mn	Alto	Optimo	Optimo	Adecuada
Zn	Optimo	Bajo	Optimo	Baja

Goteo Deficitario sin Acido Húmico				
	Suelo	Foliar (Meses)		Interpretación de la biodisponibilidad
		5	7	
N	Bajo	Bajo	Bajo	Deficiencias
P	Alto	Bajo	Bajo	Baja
K	Alto	Alto	Optimo	Alta
Ca	Alto	Bajo	Optimo	Baja
Mg	Alto	Bajo	Bajo	Baja
Cu	Alto	Bajo	Optimo	Baja
Fe	Alto	Optimo	Bajo	Adecuada
Mn	Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Zn	Alto	Bajo	Bajo	Baja

**Anexo 9.** Análisis de calidad de agua de tres fuentes, usadas en diferentes sistemas de riego para caña de azúcar en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.

Contenido	Goteo Deficitario	Gravedad	Aspersión
	meq/l		
<b>Cationes</b>			
Calcio	4.17	2.77	2.55
Magnesio	1.21	0.75	0.67
Potasio	1.31	0.23	0.26
Sodio	2.72	2.11	1.74
Boro	0.03	0.04	0.03
Suma	9.44	5.9	5.25
<b>Aniones</b>			
Cloruros	1.7	1.4	1.2
Sulfatos	1.16	1.26	1.16
Carbonatos	0	0	0
Bicarbonatos	3.7	2.7	2.6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.07	0.28	0.23
Suma	6.63	5.64	5.19
pH	4.48	7.11	7.54
CE	9.38	5.83	5.13
RAS	1.66	1.59	1.37
Clase	C3 S1	C2 S1	C2 S1
Olor	Nauseabundo	No	No

**Anexo 10.** Correlaciones entre variables agronómicas, de calidad y producción al séptimo mes en la Compañía Azucarera Tres Valles, Honduras.

Variabes	Correlación (Mes 7)
Brix - POL	0.94
Brix - Pureza	0.64
Brix – Rendimiento	0.94
POL - Pureza	0.86
Rendimiento - POL	1
Rendimiento - Pureza	0.86
Producción - Altura	0.85
Producción - No. Tallos	0.75

**Anexo 11.** Costo detallado en Dólares/hectárea de cada tratamiento.

ACTIVIDADES	Precio por ha	
	Goteo + A.H. <sup>6</sup>	Goteo – A.H. <sup>*k</sup>
	Lote 12	Lote 14
1er riego agua equipo	32.59	32.59
1er riego agua MO	6.41	6.41
Acarrileo esquilmo	10.04	10.04
Desmatone pesado	6.95	6.95
Reparación cercos y bodes	16.22	16.22
Resiembra Manual Contrat	15.44	15.44
2o riego agua equipo	32.59	32.59
2o riego agua MO	6.41	6.41
Carga, descarga fertilizante	0.54	0.54
Transporte fertilizante	1.19	1.19
1er. Aplicación herbicida	10.04	10.04
3er riego agua equipo	32.59	32.59
3er riego agua MO	6.41	6.41
Carga, descarga fertilizante	0.54	0.54
Transporte fertilizante	1.19	1.19
2a aplicación herbicida	10.04	10.04
4o riego agua equipo	32.59	32.59
4o riego agua MO	6.41	6.41
5o riego agua equipo	32.59	32.59
5o riego agua MO	6.41	6.41
6o a 10mo riego goteo equipo	32.59	32.59
6o a 10mo riego goteo MO	6.41	6.41
Mantenimiento sistemas goteo	15.84	15.84
Drenaje parcelario	2.65	2.65
Rondas y calles	10.04	10.04
Aplicación fertilizante foliar	10.04	10.04
Aplicación regulador crecim	14.50	14.50
Costo semilla resiembra	84.94	84.94
Costo herbicidas	52.23	52.23
Costo fertilizante foliar	5.10	5.10
Costo regulador crecimto	28.26	28.26
Manejo Integrado Plagas	24.41	24.41
Administración Agrícola	124.75	124.75
HumplexGMicro	28.89	0.00
Impuestos/Derechos	1.25	1.25
	0.00	0.00
Sumas totales	709.05	680.16

+ A.H.<sup>6</sup> = con Acido Húmico– A.H.<sup>\*k</sup> = sin Acido Húmico

## Anexo 11. Continuación

ACTIVIDADES	Precio por ha	
	Aspersión + A.H. <sup>o</sup>	Aspersión – A.H. <sup>*k</sup>
	Lote 12	Lote 14
1er riego agua equipo	61.84	61.84
1er riego agua MO	9.27	9.27
Acarrileo esquil	10.04	10.04
Desmatone pesado	6.95	6.95
Reparación cercos y bordes	16.22	16.22
Resiembra Manual Contratistas	15.44	15.44
2o riego agua equipo	61.84	61.84
2o riego agua MO	9.27	9.27
Carga, descarga fertilizante	0.54	0.54
Transporte fertilizante	1.19	1.19
1er. Aplicación fertilizante	19.31	19.31
1er. Aplicación herbicida	10.04	10.04
3er riego agua equipo	61.84	61.84
3er riego agua MO	9.27	9.27
Carga, descarga fertilizante	0.54	0.54
Transporte fertilizante	1.19	1.19
2a aplicación fertilizante	19.31	19.31
2a aplicación herbicida	10.04	10.04
4o riego agua equipo	61.84	61.84
4o riego agua MO	9.27	9.27
5o riego agua equipo	61.84	61.84
5o riego agua MO	9.27	9.27
6o riego aspers equipo	61.84	61.84
6o riego aspers MO	9.27	9.27
Mantenimiento sistemas aspers	2.55	2.55
Drenaje parcelario	1.18	1.18
Desorille manual	0.00	0.00
Rondas y calles	10.04	10.04
Aplicación fertilizante foliar	10.04	10.04
Aplicación regulador crecimiento	14.50	14.50
Costo semilla resiembra	84.94	84.94
Costo herbicidas	54.03	54.03
Costo fertilizante Suelo	83.13	83.13
Costo fertilizante foliar	5.10	5.10
Costo regulador crecimiento	28.26	28.26
Manejo Integrado Plagas	24.17	24.17
Administración Agrícola	124.75	124.75
HumiplexGMicro	28.89	0.00
Impuestos/Derechos	0.47	0.47
Sumas totales	1009.46	980.57

+ A.H.<sup>o</sup> = con Acido Húmico– A.H.<sup>\*k</sup> = sin Acido Húmico

**Anexo 11.** Continuación

ACTIVIDADES	Precio por ha	
	Gravedad + A.H. <sup>6</sup> Lote 12	Gravedad – A.H. <sup>*</sup> Lote 14
1er riego agua equipo	86.49	86.49
1er riego agua MO	10.04	10.04
Acarrileo esquil	10.04	10.04
Desmatone pesado	6.95	6.95
Reparación cercos y bod	16.22	16.22
Resiembra Manual Contrat	15.44	15.44
2o riego agua equipo	86.49	86.49
2o riego agua MO	10.04	10.04
Carga, descarga fertilizante	0.54	0.54
Transporte fertilizante	1.19	1.19
1er. Aplicación fertilizante	19.31	19.31
1er. Aplicación herbicida	10.04	10.04
3er riego agua equipo	86.49	86.49
3er riego agua MO	10.04	10.04
Carga, descarga fertilizante	0.54	0.54
Transporte fertilizante	1.19	1.19
2a aplicación fertilizante	19.31	19.31
2a aplicación herbicida	10.04	10.04
4o riego agua equipo	86.49	86.49
4o riego agua MO	10.04	10.04
5o riego agua equipo	86.49	86.49
5o riego agua MO	10.04	10.04
Mantenim sistemas aspers	2.55	2.55
Drenaje parcelario	1.18	1.18
Desorille manual	0.00	0.00
Rondas y calles	10.04	10.04
Aplicación fertilizante foliar	10.04	10.04
Aplicación regulador crecimiento	14.50	14.50
Costo semilla resiembra	84.94	84.94
Costo herbicidas	54.03	54.03
Costo fertilizante Suelo	83.13	83.13
Costo fertilizante foliar	5.10	5.10
Costo regulador crecimto	28.26	28.26
Manejo Integrado Plagas	24.17	24.17
Administración Agrícola	124.75	124.75
Humiplex Gmicro	28.89	0.00
Impuestos/Derechos	0.47	0.47
<b>Sumas totales</b>	<b>1065.46</b>	<b>1036.57</b>

+ A.H.<sup>6</sup> = con Acido Húmico– A.H.<sup>\*</sup> = sin Acido Húmico



**Anexo 12.** Cálculo de los ingresos para cada tratamiento

Tratamientos		Producción t/ha	Rendimiento kg/t	Azúcar kg/ha	Pérdidas en proceso (26%) kg	Ingresos	
Riego	Acido Húmico					L.	\$US.*
Gravedad	CON	71.6	91.2	6,529.9	1,697.8	41,034.4	2,218.1
	SIN	45.5	94.9	4,318.0	1,122.7	27,134.7	1,466.7
Aspersión	CON	93.2	129.8	12,097.4	3,145.3	76,021.0	4,109.2
	SIN	45.5	108.9	4,955.0	1,288.3	31,137.6	1,683.1
Goteo Deficitario	CON	94.3	82.4	7,770.3	2,020.3	48,829.2	2,639.4
	SIN	52.3	79.1	4,136.9	1,075.6	25,996.6	1,405.2

§ Se tomó como precio de venta L. 8.49/kg

\*Se tomó como tasa de cambio L.18.5/\$1