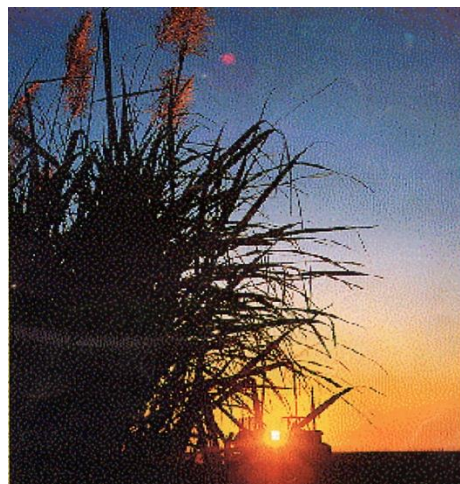




**Departamento de Investigación y Extensión  
de la Caña de Azúcar (DIECA)**

**RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES EJECUTADAS POR EL  
PROGRAMA DE AGRONOMÍA EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE  
AZÚCAR EN COSTA RICA DURANTE EL AÑO 2013**



**Grecia, Costa Rica**

**Diciembre 2013**

## ÍNDICE

### CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| PRESENTACIÓN .....   | 5  |
| INTRODUCCIÓN.....  | 6  |
| <br>   |    |
| PRUEBA COMPARATIVA DE DIFERENTES FERTILIZANTES CON SILICIO SOBRE LOS RENDIMIENTOS AGROINDUSTRIALES DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN UN SUELO ULTISOL (Tercera cosecha). .....         | 8  |
| <br>   |    |
| EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE 18 DIFERENTES ENMIENDAS COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGIÓN SUR (Cuarta cosecha).....                   | 16 |
| <br>   |    |
| EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE 15 DIFERENTES ENMIENDAS COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGION NORTE (Segunda cosecha).....                              | 21 |
| <br>   |    |
| RESPUESTA PRODUCTIVA DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES ENMIENDAS COMERCIALES DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGIÓN DEL VALLE CENTRAL OCCIDENTAL (Segunda cosecha).....              | 23 |
| <br>   |    |
| EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES FUENTES DE FERTILIZANTES NITROGENADOS SOBRE LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN DIFERENTES REGIONES DE COSTA RICA. .... | 28 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>EVALUACIÓN DE DIFERENTES FERTILIZANTES NITROGENADOS EN CAÑAS, GUANACASTE<br/>(Segunda cosecha).....</b>  | <b>33</b> |
| <b>EVALUACIÓN DE DIFERENTES FERTILIZANTES NITROGENADOS EN LA REGIÓN SUR<br/>(Segunda cosecha).....</b>  | <b>36</b> |
| <b>EVALUACIÓN DE DIFERENTES FERTILIZANTES NITROGENADOS EN TURRIALBA, CARTAGO.<br/>(Primera cosecha).....</b>  | <b>39</b> |
| <b>EVALUACIÓN DE DIFERENTES FERTILIZANTES NITROGENADOS EN LA REGIÓN NORTE<br/>(Segunda cosecha).....</b>  | <b>42</b> |
| <b>EVALUACIÓN DE DIFERENTES FERTILIZANTES NITROGENADOS EN LIBERIA, GUANACASTE<br/>(Segunda cosecha).....</b>  | <b>45</b> |
| <b>RESPUESTA DEL ACTIVADOR HUMITA SOBRE LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL DE LA<br/>CAÑA DE AZÚCAR EN UN SUELO ULTISOL DE LA REGIÓN SUR (Segunda cosecha).....</b>   | <b>48</b> |
| <b>COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA RADICULAR DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN TRES<br/>PERIODOS DE DESARROLLO. ....</b>   | <b>54</b> |
| <b>CAMBIOS FÍSICO QUÍMICOS PROVOCADOS POR LA VINAZA EN UN SUELO VERTISOL DE<br/>GUANACASTE. ....</b>  | <b>68</b> |
| <b>EFFECTO DEL PENETRANTE DE SUELO (ROOTPLEX) EN LA EFECTIVIDAD DE VARIOS<br/>HERBICIDAS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE <i>Rottboellia cochinchinensis</i> A DISTINTAS<br/>PROFUNDIDADES EN EL PERFIL DEL SUELO.....</b> | <b>79</b> |

**EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA DE CUATRO VARIEDADES COMERCIALES DE CAÑA DE AZÚCAR A SEIS HERBICIDAS POST EMERGENTES EN LA REGIÓN SUR (Tercera cosecha). 82**

**EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA DE TRES VARIEDADES COMERCIALES DE CAÑA DE AZÚCAR A SEIS HERBICIDAS POST EMERGENTES Y SUS MEZCLAS EN LA REGIÓN NORTE (Segunda cosecha)..... 87**

**EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA DE TRES VARIEDADES COMERCIALES DE CAÑA DE AZÚCAR A HERBICIDAS POST EMERGENTES EN LA REGIÓN DEL VALLE CENTRAL (Primera cosecha)..... 91**

**RESPUESTA DE LA CAÑA DE AZÚCAR A DIFERENTES DOSIS DE ABONO ORGANICO Y FERTILIZANTE QUÍMICO EN LA REGIÓN NORTE, FINCA "LA OLGA", CUTRIS (Primera cosecha)..... 95**

**ESTUDIO DE DOSIS CRECIENTES DE ABONO ORGÁNICO EN INTERACCIÓN CON DOSIS DECRECIENTES DE FERTILIZANTE QUÍMICO EN LA REGIÓN NORTE, FINCA "SANTA TERESA", LOS CHILES, ALAJUELA (Primera cosecha)..... 102**

## Presentación

El estudio del balance y optimización productiva agroindustrial del cultivo, forma parte fundamental de la gestión institucional desarrollada por el **Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)**, como segmento tecnológico del sector azucarero.

Por este motivo, el componente de manejo agronómico resulta incuestionable de vital relevancia para el éxito productivo, económico y competitivo de las plantaciones comerciales, virtud de estar directamente implicados asuntos vinculados con la obtención y el aprovechamiento pleno de la capacidad potencial agroindustrial inherente del cultivo. Las nuevas variedades de caña que de manera sistemática y permanente se liberan para uso comercial, deben ser necesariamente optimizadas en diversos aspectos vinculados con la reproducción vegetativa, la germinación, la nutrición, la relación suelo-agua-planta, el efecto competitivo inducido por las malezas y su control, la maduración de tallos, la cosecha y el uso de derivados, entre muchos otros, todo en asocio y armonía con el ambiente. Esto implica necesariamente tener que estudiar y validar su capacidad de adaptación y respuesta a entornos productivos muy diversos y particulares.

El Programa de Agronomía de DIECA, encargado de dicha área, presenta seguidamente los principales resultados logrados durante el año 2013, en los numerosos estudios de investigación atinentes a diferentes tópicos declarados como prioritarios, realizados en las principales zonas productoras de caña de azúcar. Tan trascendentes resultados han sido posibles gracias al trabajo constante, profesional y de calidad de los funcionarios a cargo de los proyectos y, también, de los referentes regionales que han contribuido con la labor de campo y laboratorio. El apoyo técnico, logístico y económico de los Ingenios, Cámaras de Productores de Caña, empresas privadas y colaboradoras ha sido fundamental para la ejecución de los estudios de investigación y validación desarrollados. A todos ellos nuestro reconocimiento y sincero agradecimiento.

**Ing. Agr. Marco A. Chaves Solera, MSc**  
**Gerente DIECA**

## **Introducción**

Para lograr incrementos importantes en la producción de la caña de azúcar no basta con tener una nueva variedad de alto rendimiento y rodeada de condiciones agroclimáticas adecuadas para su normal desarrollo, ya que la misma requerirá forzosamente de un conjunto de prácticas de manejo adaptadas a sus exigencias particulares en todas las etapas de desarrollo del cultivo.

Después de la siembra se deben evaluar diferentes aspectos básicos como son : métodos apropiados de preparación del suelo, distancias de siembra, fertilización y enmiendas, control de malezas, uso de efluentes como abono orgánico y vinaza, entre otras prácticas importantes para lograr una mayor productividad y una mayor longevidad de las plantaciones a través de la socas.

En este informe se presentan los resultados de las investigaciones realizadas por el programa de agronomía con el apoyo incondicional de todo el personal de DIECA destacado en todas las regiones cañeras del país.

Estos resultados resumen la metodología y los resultados parciales y finales de las investigaciones hechas con el fin de brindar solución total o parcial a los principales problemas o limitantes que padece el cultivo en cada una de estas regiones.

Los temas de investigación presentes en este informe son producto de consultas a productores y técnicos en cada región y seleccionados después de un análisis de priorización y factibilidad de ejecución.

Los responsables de ejecutar estas investigaciones se presentan a continuación.

|  |   |
|--|---|
| <b>Ing. Agr. Roberto A. Alfaro Portuguez</b> | <b>Coordinador Programa de Agronomía</b>          |
| <b>Ing. Agr. Randall Ocampo Chinchilla</b>   | <b>Funcionario Programa de Agronomía</b>          |
| <b>Ing. Agr. Julio C. Barrantes Mora</b>     | <b>Coordinador Región Sur</b>                     |
| <b>Ing. Agr. Gilberto Calderón Araya</b>     | <b>Coordinador Región Turrialba - Juan Viñas</b>  |
| <b>Ing. Agr. Javier Bolaños Porras</b>       | <b>Coordinador Región Valle Central</b>           |
| <b>Ing. Agr. Carlos L. Villalobos Méndez</b> | <b>Coordinador Región San Ramón - Esparza</b>     |
| <b>Ing. Agr. Alvaro Araya Vindas</b>         | <b>Coordinador Región Norte</b>                   |
| <b>Ing. Agr. Alvaro Angulo Marchena</b>      | <b>Coordinador Región Guanacaste (Zona Este)</b>  |
| <b>Ing. Agr. Manuel Rodríguez Rodríguez</b>  | <b>Coordinador Región Guanacaste (Zona Oeste)</b> |



## **PRUEBA COMPARATIVA DE DIFERENTES FERTILIZANTES CON SILICIO SOBRE LOS RENDIMIENTOS AGROINDUSTRIALES DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN UN SUELO ULTISOL (Tercera Cosecha).**

El Silicio (Si) es un nutriente sumamente importante para el cultivo de la caña de azúcar y a pesar de ser el segundo más abundante de la corteza terrestre, no se encuentra en forma disponible para ser asimilado por las plantas, ya que la mayoría del silicio es absorbido en forma de ácido orto silícico. Sin embargo debido a la poca cantidad de materia orgánica y microorganismos en algunos suelos la formación de este ácido se ve limitada, por lo que es necesario implementar una adición con silicio en los programas de fertilización de los cultivos.

Suelos muy meteorizados, altamente lixiviados y ácidos como los Ultisoles son considerados pobres en silicio por lo que es de esperar en los mismos una alta respuesta a la aplicación de este nutrimento, sobre todo al lograr una mayor liberalización y solubilización del fósforo que se encuentra adsorbido a los coloides del suelo.

Una de las funciones primordiales del silicio dentro de la planta, es el de acelerar el movimiento de los carbohidratos hacia los puntos de crecimiento en la etapa de vegetativa y de maduración, de aquí su importancia para lograr incrementos en la productividad de los cultivos. También gracias a su acumulación bajo la cutícula y en unión con el calcio logra reforzar la pared celular de las células epidérmicas de las hojas, tallos y raíces, formando con ello una pared de resistencia al ataque de plagas y enfermedades. Como por ejemplo la enfermedad conocida como Roya Naranja (*Puccinia kuhenii*).

Con el objetivo de valorar la aplicación del silicio en la fertilización de la caña de azúcar y su efecto sobre los rendimientos agroindustriales, se procedió a establecer un ensayo en la finca "Porvenir" propiedad de CoopeAgri R.L. en la Región Sur.

El diseño utilizado fue de un bloques completos al azar con tres repeticiones y un tamaño de parcela de 4 surcos de 6 metros (36 m<sup>2</sup>), donde se aleatorizo un total de 12 tratamientos, los cuales se describen en el Cuadro 1; la variedad cultivada fue Q-96.

Como se observa en dicho cuadro, los tratamientos con Silicio fueron aplicados en diferentes etapas del cultivo, la primera se realizó con la primera fertilización posterior a la cosecha con el inicio de las lluvias y la segunda fertilización se aplicó aproximadamente 3 meses después.

Las cantidades del fertilizante convencional se redujo en algunos tratamientos en un 20% por petición de la casa comercial distribuidora de estos productos en el país. También fueron reducidas las dosis de MAGNESIL PXA en un 36% y por causas ajenas a nuestro control los tratamientos de este fertilizante 4, 5,10 y 11 fueron repetidos en las socas.

En esta soca no se efectuó la aplicación de abono orgánico como ocurrió en caña planta, sin embargo los tratamientos del 1 al 6 fueron aplicados en caña planta, por lo que es de esperar algún efecto benéfico adicional respecto al resto de los tratamientos indicados en dicho cuadro.

El abono orgánico aplicado en caña planta fue “EL SEMBRADOR”, el cual es procesado por CoopeAgri y está compuesto por Broza de Café y Cachaza de caña de azúcar. Por lo que contiene nitrógeno 1,25%, fósforo 0,39%, calcio 0,98%, magnesio 0,18%, potasio 0,87% y azufre 0,14%, además de un buen número de micro elementos importantes para los cultivos. La dosis utilizada para este material fue de 10 t/ha agregadas en una sola aplicación al fondo del surco al momento de la siembra.



**Figura 1. Parcela tratada con silicio y abono orgánico.**

**Cuadro 1.**

**Programa de fertilización en caña planta incluyendo las fuentes comerciales de silicio.**

| TRATAMIENTO  | Primera FERTILIZACIÓN   |       |                           |       | Segunda FERTILIZACIÓN |       |                           |       |
|--------------|---|-------|---------------------------|-------|-----------------------|-------|---------------------------|-------|
|              | Fuente Silicio  |       | Fertilizante Convencional |       | Fuente Silicio        |       | Fertilizante Convencional |       |
|              | Producto  | kg/ha | Fórmula                   | kg/ha | Producto              | kg/ha | Fórmula                   | kg/ha |
| <b>1 (*)</b> | Agrosil Zeo   | 100   | 17-2-25                   | 350   | Llanero Zeo           | 100   | 17-2-25                   | 350   |
| <b>2 (*)</b> | Agrosil Zeo   | 100   | 17-2-25                   | 280   | Llanero Zeo           | 100   | 17-2-25                   | 280   |
| <b>3 (*)</b> | Magnesil P  | 100   | 17-2-25                   | 350   | Magnesil P            | 100   | 17-2-25                   | 350   |
| <b>4 (*)</b> | Magnesil PXA  | 64    | 17-2-25                   | 350   | Magnesil PXA          | 64    | 17-2-25                   | 350   |
| <b>5 (*)</b> | Magnesil PXA  | 64    | 17-2-25                   | 350   | Magnesil PXA          | 64    | 17-2-25                   | 350   |
| <b>6 (*)</b> | testigo   | -     | 17-2-25                   | 350   | Testigo               | -     | 17-2-25                   | 350   |
| <b>7</b>     | Agrosil Zeo   | 100   | 17-2-25                   | 350   | Llanero Zeo           | 100   | 17-2-25                   | 350   |
| <b>8</b>     | Agrosil Zeo   | 100   | 17-2-25                   | 280   | Llanero Zeo           | 100   | 17-2-25                   | 280   |
| <b>9</b>     | Magnesil P  | 100   | 17-2-25                   | 350   | Magnesil P            | 100   | 17-2-25                   | 350   |
| <b>10</b>    | Magnesil PXA  | 64    | 17-2-25                   | 350   | Magnesil PXA          | 64    | 17-2-25                   | 350   |
| <b>11</b>    | Magnesil PXA  | 64    | 17-2-25                   | 350   | Magnesil PXA          | 64    | 17-2-25                   | 350   |
| <b>12</b>    | testigo   | -     | 17-2-25                   | 350   | Testigo               | -     | 17-2-25                   | 350   |
| <b>(*)</b>   | Tratamientos con abono orgánico aplicado a la siembra (10000 kg / ha) |       |                           |       |                       |       |                           |       |

Los diferentes fertilizantes utilizados como fuente de silicio en este estudio aportan una diversa gama de nutrimentos, los cuales se presentan en el cuadro 2. Al no poder separar o unificar el posible beneficio proporcionado por estos nutrimentos, se obvió el mismo y se consideró como una cualidad particular de cada fertilizante.

En el cuadro 3 también se presenta el total de silicio aplicado con cada uno de los tratamientos evaluados y su interacción con la fertilización normal, la cual fue reducida como se indicó en algunos casos en un 20% por solicitud de la casa comercial distribuidora del fertilizante.

También en dicho cuadro se observa como algunos de los tratamientos sobresalen por presentar una amplia variedad de nutrimentos esenciales para el cultivo. Sobresale el hecho de que los tratamientos 3, 4 y 5 con abono orgánico y sin abono orgánico, los tratamientos 9, 10 y 11 son iguales en cuanto a los contenidos de silicio. Los tratamientos

3 y 9 a los que se les aplicó MAGNESIL P sobresalieron por presentar un alto contenido de Magnesio (37,39 %), valor muy superior a los demás tratamientos del estudio. Ante esta situación resulta interesante observar en la respuesta productiva del cultivo, si este contenido de magnesio influyo positivamente en la producción.

### Cuadro 2.

**Aporte total de nutrimentos por los diferentes tratamientos evaluados en este estudio.**

| TRATAMIENTOS | SiO <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | N     | K   | Ca     | Mg     | S | B    | Zn   |
|--------------|------------------|-------------------------------|-------|-----|--------|--------|---|------|------|
| 1 (*)        | 220              | 188                           | 152   | 175 | 8,58   | 0      | 5 | 0,6  | 1    |
| 2 (*)        | 220              | 154                           | 121,6 | 140 | 8,58   | 0      | 5 | 0,6  | 1    |
| 3 (*)        | 96               | 179                           | 152   | 175 | 0      | 56,079 | 3 | 0,12 | 0,36 |
| 4 (*)        | 100              | 176                           | 152   | 175 | 8,58   | 4,824  | 6 | 0,24 | 0,36 |
| 5 (*)        | 72               | 198                           | 152   | 175 | 29,315 | 6,633  | 6 | 0,12 | 0,05 |
| 6 (*)        | 220              | 188                           | 152   | 175 | 8,58   | 0      | 5 |      |      |
| 7            | 220              | 154                           | 121,6 | 140 | 8,58   | 0      | 5 |      |      |
| 8            | 96               | 179                           | 152   | 175 | 0      | 56,079 | 3 | 0,12 | 0,36 |
| 9            | 100              | 176                           | 152   | 175 | 8,58   | 4,824  | 6 | 0,24 | 0,1  |
| 10           | 72               | 198                           | 152   | 175 | 29,315 | 6,633  | 6 | 0,12 | 0,05 |
| 11           | 0                | 170                           | 152   | 175 | 0      | 0      |   |      |      |
| 12           | 0                | 170                           | 152   | 175 | 0      | 0      |   |      |      |

(\*) ABONO ORGÁNICO EL SEMBRADOR 10000 kg/ha (Siembra)

**Cuadro 3.**  
**Tratamientos aplicados en la segunda soca en la evaluación de diferentes tratamientos de silicio en la caña de azúcar en la Región Sur.**

| #  | Tratamientos Caña Soca   | Kg SiO <sub>2</sub> /ha |
|----|--|-------------------------|
| 1  | Agrosil Zeo 100 kg / ha + Llanero Zeo 100 kg / ha + Abono Orgánico + 100 % Fert. | 145                     |
| 2  | Agrosil Zeo 100 kg / ha + Llanero Zeo 100 kg / ha + Abono Orgánico + 80 % Fert.  | 145                     |
| 3  | Magnesil P 200 kg / ha + Abono Organico + 100 % Fert.                            | 64                      |
| 4  | Magnesil PXA 128 kg / ha + Abono Organico + 100 % Fert.                          | 64                      |
| 5  | Magnesil PXA 128 kg /ha + Abono Orgánico + 100 % Fert.                           | 64                      |
| 6  | Testigo  | 0                       |
| 7  | Agrosil Zeo 100 kg / ha + Llanero 100 kg / ha + 100 % Fert.                      | 145                     |
| 8  | Agrosil Zeo 100 kg / ha + Llanero Zeo 100 kg / ha + 80 % Fert.                   | 145                     |
| 9  | Magnesil P 200 kg / ha + 100 % Fert.   | 64                      |
| 10 | Magnesil PXA 128 kg / ha + 100 % Fert.   | 64                      |
| 11 | Magnesil PXA 128 kg / ha + 100 % Fert.   | 64                      |
| 12 | Testigo  | 0                       |

En el cuadro 4 se presentan los contenidos nutricionales del suelo donde se estableció el ensayo, observándose que dicho suelo es bastante deficiente nutricionalmente, por lo que es de esperar una buena respuesta a la aplicación de estas fuentes de silicio.

**Cuadro 4.**  
**Análisis químico del suelo donde se estableció el estudio.**

|         | cmol(+) / l |        |        |        |          | mg / l  |         |        |        |        |
|---------|-------------|--------|--------|--------|----------|---------|---------|--------|--------|--------|
|         | PH          | Acidez | Ca     | Mg     | K        | P       | Fe      | Cu     | Zn     | Mn     |
| Valores | 4,3         | 1,92   | 0,89   | 0,16   | 0,11     | 5       | 262     | 4      | 2,4    | 3      |
| optimo  | 5,5 - 6,5   | 0,3    | 4 - 20 | 1 - 10 | 0,2 - 15 | 10 - 40 | 10 - 50 | 1 - 20 | 3 - 15 | 5 - 50 |

En el cuadro 5 se presenta el análisis de varianza obtenido con las variables agroindustriales en esta tercera cosecha, observándose que se presentaron diferencias estadísticas significativas solamente en la variable porcentaje de pureza, según la prueba de medias Tukey al 5%. En esta variable el tratamiento testigo sin abono orgánico fue el único que presentó diferencias en la interacción entre los fertilizantes y el abono orgánico. Este resultado fue similar al obtenido en la segunda cosecha donde las diferencias entre los tratamientos con silicio no fueron significativas.

**Cuadro 5.**  
**Resultado del análisis de varianza aplicado a las variables agroindustriales del estudio en su tercera cosecha.**

| Fuente variación      | G.L. | % Brix    | P(f) | % Sacarosa | P(f) | % Pureza  | P(f) | % Fibra   | P(f) | Rend Ind  | P(f) | t / ha Caña | P(f) | t/ha azúcar | PF   |
|-----------------------|------|-----------|------|------------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-------------|------|-------------|------|
| Bloques               | 2,00 | 1,04      | 0,02 | 1,85       | 0,02 | 2,19      | 0,14 | 1,00      | 0,12 | 41,06     | 0,18 | 1,73        | 1,00 | 1,00        | 1,00 |
| Fertilizantes Silicio | 5    | 0,22      | 1,00 | 0,70       | 0,17 | 4,00      | 0,01 | 0,50      | 0,43 | 6,25      | 1,00 | 229,47      | 0,21 | 4,00        | 0,32 |
| abono orgánico        | 1    | 0,02      | 1,00 | 0,22       | 1,00 | 7,11      | 0,02 | 0,08      | 1,00 | 1,98      | 1,00 | 141,93      | 1,00 | 3,06        | 1,00 |
| Silicio vs abono org  | 5    | 0,17      | 1,00 | 0,39       | 1,00 | 8,64      | 0,00 | 1,04      | 0,10 | 43,63     | 0,12 | 335,13      | 0,08 | 6,08        | 0,17 |
| ERROR                 | 22   | 0,22      |      | 0,41       |      | 1,04      |      | 0,49      |      | 21,98     |      | 145,00      |      | 3,49        |      |
| TOTAL (SC)            | 35   | 8,82      |      | 18,00      |      | 100,89    |      | 20,78     |      | 817,04    |      | 6161,38     |      | 134,34      |      |
| CV %                  |      | 2,10      |      | 3,06       |      | 1,00      |      | 4,00      |      | 3,46      |      | 11,67       |      | 13,57       |      |
| MEDIAS                |      | FACTOR A  | SEP  | FACTOR A   | SEP  | FACTOR A  | SEP  | FACTOR A  | SEP  | FACTOR A  | SEP  | FACTOR A    | SEP  | FACTOR A    | SEP  |
| 7                     |      | 22,29     |      | 21,03      |      | 94,00     | a    | 14,92     |      | 136,43    |      | 103,75      |      | 13,61       |      |
| 8                     |      | 22,29     |      | 21,04      |      | 93,83     | a    | 15,25     |      | 135,63    |      | 107,17      |      | 14,45       |      |
| 9                     |      | 22,5      |      | 21,17      |      | 93,67     | a    | 15,42     |      | 137,04    |      | 102,33      |      | 13,68       |      |
| 10                    |      | 21,97     |      | 20,73      |      | 93,83     | a    | 15,1      |      | 135,6     |      | 104,83      |      | 14,01       |      |
| 11                    |      | 22,22     |      | 20,89      |      | 93,67     | a    | 15,68     |      | 134,04    |      | 109,58      |      | 14,6        |      |
| 6                     |      | 22,05     |      | 20,23      |      | 91,67     | b    | 14,98     |      | 135,34    |      | 91,75       |      | 12,22       |      |
| MEDIAS                |      | FACTOR B  | SEP  | FACTOR B   | SEP  | FACTOR B  | SEP  | FACTOR B  | SEP  | FACTOR B  | SEP  | FACTOR B    | SEP  | FACTOR B    | SEP  |
| Con abono orgánico    |      | 22,2      |      | 20,93      |      | 93,89     | a    | 15,18     |      | 135,91    |      | 105,22      |      | 14,05       |      |
| Sin abono orgánico    |      | 22,24     |      | 20,77      |      | 93        | b    | 15,27     |      | 135,44    |      | 101,25      |      | 13,47       |      |
| Medias                |      | INTER A*B | SEP  | INTER A*B  | SEP  | INTER A*B | SEP  | INTER A*B | SEP  | INTER A*B | SEP  | INTER A*B   | SEP  | INTER A*B   | SEP  |
| 1                     |      | 22,16     |      | 20,80      |      | 93,67     | Aa   | 15,30     |      | 132,00    |      | 105,17      |      | 13,55       |      |
| 2                     |      | 22,42     |      | 21,26      |      | 94,33     | Aa   | 14,53     |      | 139,94    |      | 102,33      |      | 13,67       |      |
| 3                     |      | 22,33     |      | 21,26      |      | 94,67     | Aa   | 14,87     |      | 138,71    |      | 114,00      |      | 15,77       |      |
| 4                     |      | 22,24     |      | 20,82      |      | 93,00     | Aa   | 15,63     |      | 132,00    |      | 100,33      |      | 13,13       |      |
| 5                     |      | 22,53     |      | 21,21      |      | 94,00     | Aa   | 15,33     |      | 138,00    |      | 104,33      |      | 14,00       |      |
| 6                     |      | 22,47     |      | 21,14      |      | 93,33     | Aa   | 15,50     |      | 135,93    |      | 100,33      |      | 13,36       |      |
| 7                     |      | 22,21     |      | 20,88      |      | 93,33     | Aa   | 14,47     |      | 138,00    |      | 101,00      |      | 14,00       |      |
| 8                     |      | 21,72     |      | 20,57      |      | 94,33     | Aa   | 15,73     |      | 132,00    |      | 108,67      |      | 14,01       |      |
| 9                     |      | 22,12     |      | 20,72      |      | 93,33     | Aa   | 15,70     |      | 132,69    |      | 101,83      |      | 13,33       |      |
| 10                    |      | 22,32     |      | 21,05      |      | 94,00     | Aa   | 15,67     |      | 135,00    |      | 117,33      |      | 15,88       |      |
| 11                    |      | 21,82     |      | 20,68      |      | 94,33     | Aa   | 15,40     |      | 134,19    |      | 105,00      |      | 13,67       |      |
| 12                    |      | 22,27     |      | 19,77      |      | 89,00     | Bb   | 14,57     |      | 136,50    |      | 78,00       |      | 10,77       |      |

Valores con igual letra no difieren estadísticamente entre si según Tukey al 5%.

En el Cuadro 6 se presentan en resumen los resultados agroindustriales en la tercera cosecha de este estudio, y como se observa, tanto en el rendimiento industrial, en la producción de caña y azúcar (t/ha), todos los tratamientos con y sin abono orgánico no lograron superar al tratamiento testigo.

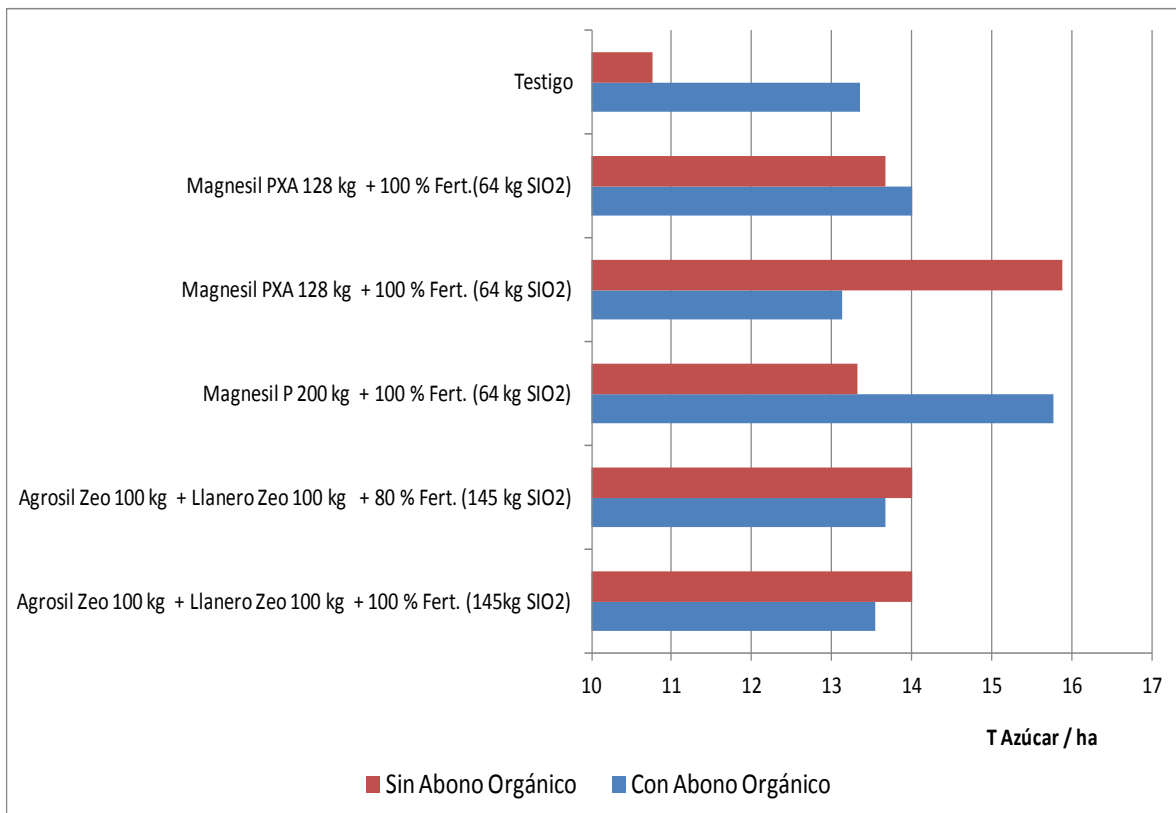
Sin embargo es importante resaltar que los tratamientos 2 y 8 con AGROSIL ZEO + LIANERO ZEO tienen una reducción de un 20 % de la fertilización convencional lo que los convierte desde el punto de vista económico como tratamientos sobresalientes a tomar en cuenta

**Cuadro 6.**  
**Resultados agroindustriales de los diferentes tratamientos evaluados en la tercera cosecha.**

|             | Rendimiento Industrial ( kg / t) |                    |
|-------------|----------------------------------|--------------------|
| Tratamiento | Con abono orgánico               | Sin abono orgánico |
| 1           | 132,00                           | 138,00             |
| 2           | 139,94                           | 132,00             |
| 3           | 138,71                           | 132,69             |
| 4           | 132,00                           | 135,00             |
| 5           | 138,00                           | 134,19             |
| 6           | 135,93                           | 136,50             |
|             | TONELADAS DE CAÑA / HA           |                    |
| Tratamiento | Con abono orgánico               | Sin abono orgánico |
| 1           | 105,17                           | 101,00             |
| 2           | 102,33                           | 108,67             |
| 3           | 114,00                           | 101,83             |
| 4           | 100,33                           | 117,33             |
| 5           | 104,33                           | 105,00             |
| 6           | 100,33                           | 78,00              |
|             | TONELADAS DE AZUCAR / HA         |                    |
| Tratamiento | Con abono orgánico               | Sin abono orgánico |
| 1           | 13,55                            | 14,00              |
| 2           | 13,67                            | 14,01              |
| 3           | 15,77                            | 13,33              |
| 4           | 13,13                            | 15,88              |
| 5           | 14,00                            | 13,67              |
| 6           | 13,36                            | 10,77              |

En la Figura 2 se observa la respuesta productiva en la producción de azúcar (t/ha) de los diferentes tratamientos evaluados en esta cosecha, observándose como se perdió el efecto de la fertilización orgánica en todos los tratamientos, incluyendo al testigo que sobresalió en la cosecha anterior.

Por su parte el tratamiento con MAGNESIL PXA sin abono orgánico, de nuevo presenta la mayor producción de azúcar (t/ha), en este caso podría estar influyendo como se indicó la cantidad importante de magnesio que aporta este tratamiento a diferencia de los demás. Si se observa el aporte del silicio de los diferentes tratamientos, podríamos concluir con estos resultados que no hay un aporte importante de este elemento en esta tercer cosecha.



**Figura 2. Producción de azúcar (t/ha) por los diferentes tratamientos.**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE 18 DIFERENTES ENMIENDAS  
COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGIÓN SUR  
(Cuarta Cosecha).**

En la actualidad existen en el mercado una gran cantidad de enmiendas recomendadas, a nivel comercial, para corrección de la acidez de los suelos donde se siembran diversos cultivos, entre ellos la caña de azúcar. Estas enmiendas comerciales poseen diferente composición química y características granulométricas muy variadas por lo que es de esperar una diversa reacción en el suelo.

Otro aspecto importante y determinante en el uso de estas enmiendas es que presentan grandes diferencias en el precio de venta a los productores, lo que dificulta generar una adecuada recomendación que tome en cuenta estas características, sin antes evaluar los productos en el campo. Por esta razón, el objetivo de este estudio fue de evaluar la respuesta productiva de la caña de azúcar a dos aplicaciones de estas enmiendas en el ciclo del cultivo de la caña de azúcar.

El ensayo se estableció en la finca “*El Porvenir*” en un suelo categorizado como Ultisol perteneciente a CoopeAgri R.L. y ubicada en el distrito de San Pedro, Cantón de Pérez Zeledón a una altitud 560 msnm, una temperatura media de 23,28 °C y una precipitación media anual de 2.581 mm. La variedad utilizada fue Q 96 y se sembró en parcelas de 6 surcos de 6 metros de largo (54m<sup>2</sup>) con un diseño estadístico de bloques completos al azar y tres repeticiones.

En el Cuadro 7 se presentan los resultados del primer análisis general del lote donde se estableció el ensayo y como se observa en el mismo los contenidos de la mayoría de nutrimentos se encuentran muy por debajo de los niveles críticos reportados por el MAG.

Esta condición refleja cabalmente las características esperadas en un suelo del orden Ultisol con bajos contenidos de bases cambiables, altos contenidos de aluminio intercambiable, hierro y manganeso y una alta saturación de acidez superior al 60%, situación que hace presumir obtener una muy buena respuesta a la aplicación de los correctivos.

La aplicación de las enmiendas se realizó al voleo 22 días antes de la siembra a una dosis de 1,5 t/ha, con excepción de los productos con formulación granulada (ver Cuadro 8) para los cuáles se utilizó la dosis recomendada por la casa comercial distribuidora (GRANUMAX, TIGSA MAG: 300 kg/ha, CALCIO MAG 1.350 kg/ha).

Después de la segunda cosecha nuevamente se realizó una nueva aplicación de los materiales encalantes a las mismas parcelas aplicadas antes de la siembra. Posteriormente el cultivo recibió el manejo normal realizado a las plantaciones comerciales por el Departamento Agrícola de CoopeAgri R.L.

En este periodo 2013 (cuarta cosecha) no se empleó ninguna enmienda y la fertilización y manejo fue el mismo de las socas anteriores.

**Cuadro 7.**  
**Resultado del análisis de suelo previo al establecimiento del ensayo.**

| PH        | Acidez  | % S.A   | cmoles / l |        |        | mg / l  |        |        |        |          | CICE   |
|-----------|---------|---------|------------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|----------|--------|
|           |         |         | K          | Ca     | Mg     | P       | Cu     | Zn     | Mn     | Fe       |        |
| 4,32      | 2,2     | 60      | 0,11       | 1,23   | 0,13   | 9,1     | 8      | 2,8    | 30,5   | 268      | 3,67   |
| 5.5 - 6.5 | 0.5 - 1 | 10 - 50 | 0.2-15     | 4 - 20 | 1 - 10 | 10 - 40 | 3 - 20 | 2 - 10 | 6 - 50 | 11 - 100 | 5 - 25 |
| bajo      | Alto    | alto    | bajo       | Bajo   | Bajo   | bajo    | bajo   | bajo   | Medio  | Alto     | Bajo   |

En el cuadro 9 se presenta el análisis de varianza realizado a las variables agroindustriales para cada uno de los tratamientos aplicados al cultivo, observándose en dicho cuadro que solamente las variables producción de caña (t/ha) y producción de azúcar (t/ha) presentaron diferencias estadísticas significativas y según la prueba de medias Tukey al 5%, los mejores tratamientos fueron CARBOSUR y CARBOMAG los cuales superaron al tratamiento testigo en más de un 28 % en la producción de caña y en un 30 % en la producción de azúcar por hectárea., los demás tratamientos no fueron estadísticamente diferentes a ambos tratamientos en las dos variables mencionadas

**Cuadro 8.**  
**Características de los diferentes materiales encalantes utilizados en el ensayo.**

| #  | Producto                          | Composición                 | Present.               | Precio (\$) | #                                | Producto                   | Composición                      | Present.        | Precio (\$)           |                               |
|----|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------------|
| 1  | AGRI MAG                          | Hidroxido de Magnesio 40 %  | 23 Kg                  | 6,22        | 13                               | GRANUMAX *                 | Oxido de Calcio 23 %             | 50 kg           | 21,43                 |                               |
|    |                                   | Hidroxido de Calcio 60 %    |                        |             |                                  |                            | Oxido Magnesio 23 %              |                 |                       |                               |
| 2  | CALCIO MAG *                      | Oxido de Calcio 29 %        | 50 kg                  | 14,78       | 14                               | NUTRICAL                   | Hidroxido Calcio 35 %            | 46 Kg           | 14,39                 |                               |
|    |                                   | Oxido de Magnesio 13 %      |                        |             |                                  |                            | Carbonato Magnesio 15 %          |                 |                       |                               |
| 3  | Cal Dolomita (ENLASA)             | Carbonato de Calcio 50%     | 50 Kg                  | 8,34        |                                  |                            | 15                               |                 |                       | Surco mejorador "Tradicional" |
| 4  | Cal Dolomita (CAFESA)             | Carbonato de Magnesio 40%   |                        |             | Carbonato de Calcio 50%          | 50 Kg                      |                                  | 6,41            | Oxido de Calcio 41,6% |                               |
|    |                                   | Carbonato de Magnesio 40%   | Oxido de Magnesio 9,7% |             |                                  |                            |                                  |                 |                       |                               |
| 5  | Oxido de Calcio (cal viva)        | Oxido Calcio 55 %           | 17 kg                  | 1,9         |                                  |                            |                                  | Azufre (S) 5,3% |                       |                               |
| 6  | CARBOAZUL                         | Carbonato de Calcio 95%     | 45 Kg                  | 2,74        | 16                               | Surco mejorador "Mejorado" | Silicio (SiO <sub>2</sub> ) 2,6% | 46 Kg           | 11,85                 |                               |
| 7  | CARBOMAG                          | Carbonato de Calcio 51,54 % | 46 kg                  | 2,76        |                                  |                            | Oxido de Calcio 41,5%            |                 |                       |                               |
|    |                                   | Carbonato Magnesio 47,23 %  |                        |             |                                  |                            | Oxido de Magnesio 8,5%           |                 |                       |                               |
| 8  | Fedecoop HI CAL-MAG               | Hidroxido de Calcio 60 %    | 50 kg                  | 12,93       |                                  |                            | Azufre (S) 6,8%                  |                 |                       |                               |
|    |                                   | Hidroxido de Magnesio 40 %  |                        |             | Silicio (SiO <sub>2</sub> ) 5,7% |                            |                                  |                 |                       |                               |
| 9  | Fertimins HI CAL- MAG             | Calcio 33 %                 | 23 Kg                  | 6,98        | 17                               | TIGSA MAG *                | Oxido de Calcio 25-26%           | 50 Kg           | 18,6                  |                               |
|    |                                   | Magnesio 16 %               |                        |             |                                  |                            | Oxido de Magnesio 15-16%         |                 |                       |                               |
| 10 | PROCECCAL                         | Carbonato de Calcio 98,2 %  | 46 kg                  | 2,65        | 18                               | TRIPLE CAL                 | Oxido de Calcio 30 %             | 50 Kg           | 12,15                 |                               |
| 11 | CARBOSUR                          | Carbonato de Calcio 98%     | 46 kg                  | 2,93        |                                  |                            | Oxido de Magnesio 15 %           |                 |                       |                               |
| 12 | Hidroxido de Calcio (cal apagada) | Hidroxido de Calcio 54%     | 15 Kg                  | 1,9         |                                  |                            | Azufre como sulfatos 15 %        |                 |                       |                               |

\* Son productos en formulación granulada

Precios actualizados al 06/01/09

Tipo de cambio al 10/03/09: 580 colones por dolar

**Cuadro 9.**

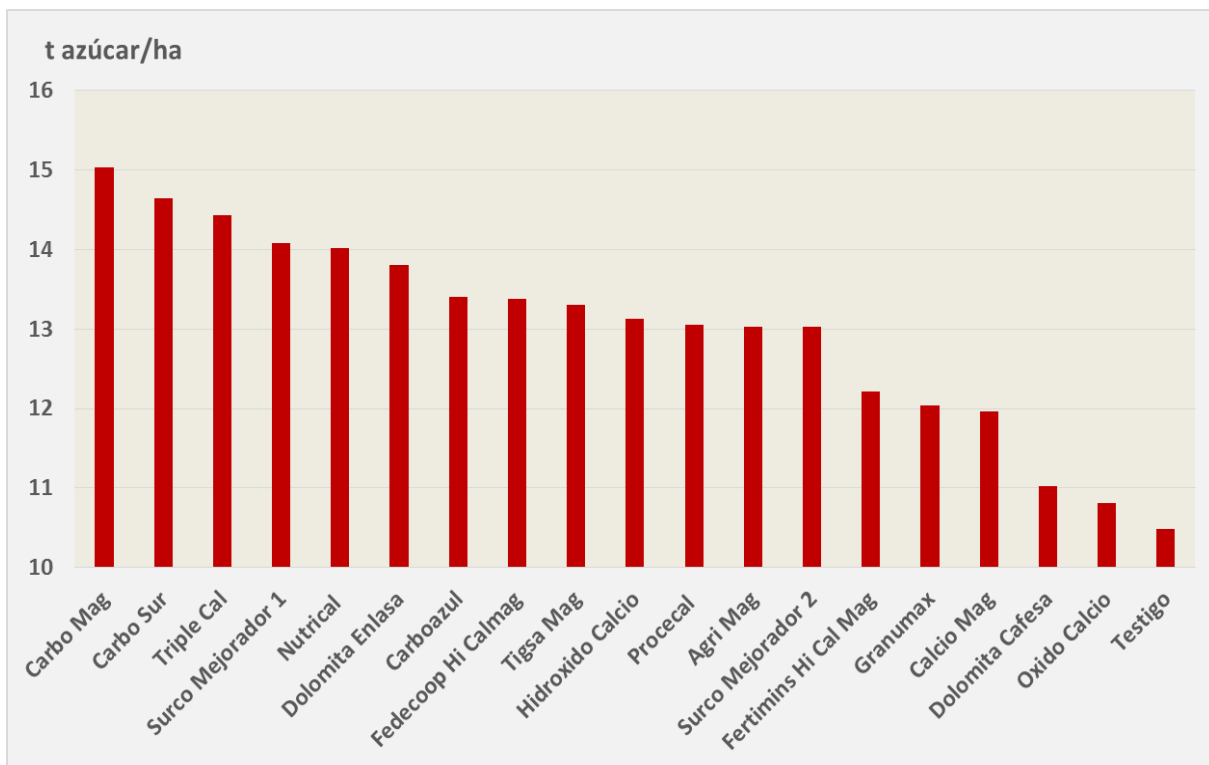
**Análisis de varianza aplicado a los resultados agroindustriales de la evaluación de 18 tipos de enmiendas en un suelo Ultisol (Cuarta Cosecha).**

| ANDEVA               |      | % Brix |      | % Pol  |      | % Pureza |      | % Fibra |      | Rend. Ind |      | t/ha caña |      | t/ha azúcar |      |
|----------------------|------|--------|------|--------|------|----------|------|---------|------|-----------|------|-----------|------|-------------|------|
| Fuente variación     | G.L. | CM     | P(f) | CM     | P(f) | CM       | P(f) | CM      | P(f) | CM        | P(f) | CM        | P(f) | CM          | P(f) |
| Bloques              | 2    | 0,09   | 1    | 0,11   | 1    | 8,35     | 0    | 0,94    | 0,24 | 57,93     | 1    | 593,78    | 0,01 | 5,3         | 0,07 |
| Tratamientos         | 18   | 0,27   | 1    | 0,26   | 1    | 0,93     | 1    | 0,75    | 0,32 | 18,55     | 1    | 296,02    | 0,01 | 4,97        | 0,01 |
| Error                | 36   | 1,02   |      | 1,15   |      | 1,2      |      | 0,63    |      | 59,25     |      | 108,05    |      | 1,82        |      |
| Total                | 56   | 41,9   |      | 46,24  |      | 76,65    |      | 38,16   |      | 2.582,81  |      | 10.405,78 |      | 165,62      |      |
| % CV                 |      | 4,89   |      | 5,61   |      | 1,19     |      | 5,3     |      | 6,19      |      | 9,94      |      | 10,38       |      |
| DMS                  |      | 0      |      | 0      |      | 0        |      | 0       |      | 0         |      | 32,59     |      | 4,23        |      |
| Tratamientos         |      | MEDIAS | SEP  | MEDIAS | SEP  | MEDIAS   | SEP  | MEDIAS  | SEP  | MEDIAS    | SEP  | MEDIAS    | SEP  | MEDIAS      | SEP  |
| Agri Mag             |      | 20,57  |      | 18,96  |      | 92,16    |      | 13,6    |      | 128,05    |      | 102,04    | ab   | 13,03       | ab   |
| Carbo Sur            |      | 20,73  |      | 19,24  |      | 92,83    |      | 15,6    |      | 123,33    |      | 118,71    | a    | 14,64       | ab   |
| Calcio Mag           |      | 20,73  |      | 19,15  |      | 92,38    |      | 15,1    |      | 123,96    |      | 96,36     | ab   | 11,96       | ab   |
| Carboazul            |      | 20,91  |      | 19,32  |      | 92,39    |      | 14,8    |      | 126,16    |      | 106,42    | ab   | 13,4        | ab   |
| Carbo Mag            |      | 21,24  |      | 19,54  |      | 91,95    |      | 14,43   |      | 128,96    |      | 117,28    | a    | 15,03       | a    |
| Dolomita Cafesa      |      | 20,53  |      | 19,08  |      | 92,95    |      | 14,57   |      | 125,85    |      | 87,65     | ab   | 11,02       | ab   |
| Dolomita Enlasa      |      | 20,61  |      | 19,29  |      | 93,64    |      | 15,4    |      | 124,61    |      | 111,11    | ab   | 13,8        | ab   |
| Fedecoop Hi Calmag   |      | 20,98  |      | 19,58  |      | 93,32    |      | 15,5    |      | 125,81    |      | 106,48    | ab   | 13,38       | ab   |
| Fertimins Hi Cal Mag |      | 21,14  |      | 19,42  |      | 91,86    |      | 15,2    |      | 125,25    |      | 97,96     | ab   | 12,22       | ab   |
| Granumax             |      | 20,73  |      | 19,07  |      | 92       |      | 15,33   |      | 122,65    |      | 98,15     | ab   | 12,04       | ab   |
| Hidroxido Calcio     |      | 19,97  |      | 18,32  |      | 91,67    |      | 15,13   |      | 118,47    |      | 110,37    | ab   | 13,13       | ab   |
| Nutrical             |      | 20,61  |      | 19,03  |      | 92,35    |      | 14,9    |      | 124,05    |      | 112,84    | ab   | 14,02       | ab   |
| Oxido Calcio         |      | 20,33  |      | 18,8   |      | 92,51    |      | 15,17   |      | 121,78    |      | 88,89     | ab   | 10,81       | ab   |
| Procecal             |      | 20,67  |      | 19,15  |      | 92,66    |      | 15,6    |      | 122,57    |      | 106,61    | ab   | 13,05       | ab   |
| Surco Mejorador 1    |      | 20,46  |      | 19,06  |      | 93,1     |      | 14,5    |      | 125,72    |      | 111,91    | ab   | 14,08       | ab   |
| Surco Mejorador 2    |      | 20,72  |      | 18,95  |      | 91,47    |      | 15,54   |      | 120,85    |      | 107,9     | ab   | 13,03       | ab   |
| Testigo              |      | 20,5   |      | 18,98  |      | 92,5     |      | 14,67   |      | 124,68    |      | 84,57     | b    | 10,48       | b    |
| Tigsa Mag            |      | 20,46  |      | 18,96  |      | 92,68    |      | 14,97   |      | 123,77    |      | 107,72    | ab   | 13,31       | ab   |
| Triple Cal           |      | 21,08  |      | 19,49  |      | 92,43    |      | 15,03   |      | 126,54    |      | 114,2     | ab   | 14,43       | ab   |

**Valores con igual letra no difieren estadísticamente entre si según Tukey al 5 %.**

En la Figura 3 se presenta gráficamente el comportamiento productivo de los tratamientos en la producción de azúcar (t/ha) y nuevamente se observa como las mejores enmiendas fueron: CARBOMAG, CARBOSUR y TRIPLECAL, sobresaliendo entre los demás tratamientos y muy significativamente con el testigo.

Es importante con estos resultados resaltar el hecho que entre los mejores tratamientos productivamente sobresalieron dos de bajo costo y que en la cosecha anterior el CARBOMAG y CARBOSUR se mantuvieron productivamente en buenas posiciones, mejorando en cada cosecha por lo que es posible que al final del estudio resulten ser uno de los mejores tratamientos.



**Figura 3. Comportamiento en la producción de azúcar (t/ha) por los diferentes tratamientos en la cuarta cosecha.**

## **EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE 15 DIFERENTES ENMIENDAS COMERCIALES EN LA PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGIÓN NORTE (Segunda Cosecha).**

Ante la diversidad de suelos en los que se cultiva la caña de azúcar en Costa Rica, es imprescindible evaluar las diferentes enmiendas en los mismos, para obtener de estos estudios, conclusiones acertadas que sirvan de base para las recomendaciones a los productores de los mejores correctivos en cada región. Por lo tanto el objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta productiva de la caña de azúcar a la aplicación de diferentes tipos de enmiendas comerciales en un suelo de la región norte.

Este estudio se estableció en una finca con suelos del orden Inceptisol perteneciente al Ingenio Quebrada Azul en el cantón de San Carlos, y la variedad cultivada fue LAICA 01 604. Las parcelas se constituyeron de 5 surcos de 6 metros de largo (45 m<sup>2</sup>) con un diseño estadístico de bloques completos al azar y tres repeticiones.

La aplicación de las enmiendas se realizó al voleo antes de la siembra, a una dosis de 1,5 toneladas por hectárea de la enmienda correspondiente a cada uno de los tratamientos, a excepción de los productos con formulación granulada, para los cuáles se utilizó la dosis recomendada por la casa comercial distribuidora (GRANUMAX, TIGSA MAG: 300 kg/ha Y CALCIO MAG 1350 kg/ha. El análisis de suelo donde se estableció el ensayo se presenta en el Cuadro 10 y de acuerdo a los resultados del mismo se aprecia que dicho suelo no es tan limitante en los contenidos de bases cambiables y acidez intercambiable por lo que es de esperar posiblemente resultados más conservadores que los obtenidos en el suelo Ultisol.

En el cuadro 11 se presenta el análisis de varianza obtenido de las variables agroindustriales en esta cosecha y como se observa en dicho cuadro se presentaron diferencias estadísticas significativas en la prueba de medias (Tukey al 5%) en las variables % pureza, % fibra, rendimiento industrial (kg/t az) y en la producción de azúcar (t / ha).

En las variables rendimiento industrial y producción de azúcar no se presentaron diferencias estadísticas significativas. |

### **Cuadro 10.**

**Resultado del análisis químico de suelo previo al establecimiento del ensayo.**

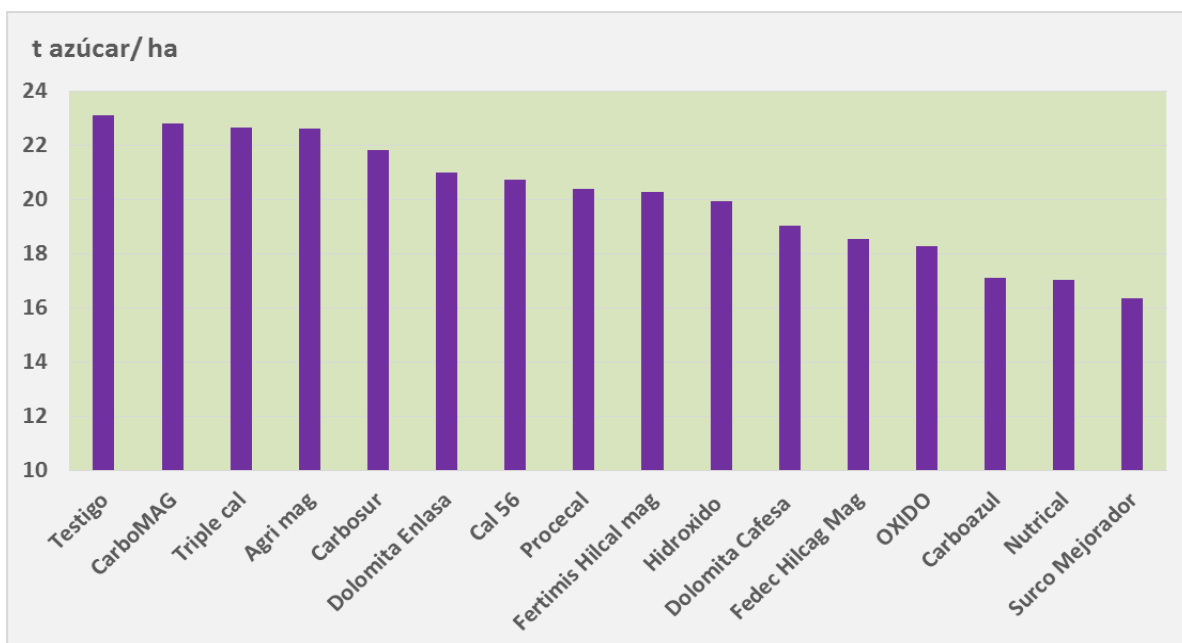
|           |        |      | cmoles / l |        |        | mg / l |       |        |      |      |       |
|-----------|--------|------|------------|--------|--------|--------|-------|--------|------|------|-------|
| PH        | Acidez | % SA | K          | Ca     | Mg     | P      | Cu    | Zn     | Mn   | Fe   | CICE  |
| 5,3       | 0,3    | 2    | 0,34       | 9,5    | 4,3    | 4      | 6     | 4,1    | 67   | 63   | 14,44 |
| Resultado | Medio  | Bajo | Medio      | Optimo | Optimo | Bajo   | Medio | Optimo | Alto | Alto | Medio |

**Cuadro 11.**

**Análisis de varianza aplicado a los resultados agroindustriales de la evaluación de 18 tipos de enmiendas en la Región Norte (segunda cosecha).**

| Fuente Variación    | GL | % Brix | P    | % Pol  | P    | % Pureza | P    | % Fibra | P    | Rend.Ind | P    | t/ha caña | P    | t/ha azúcar | P    |
|---------------------|----|--------|------|--------|------|----------|------|---------|------|----------|------|-----------|------|-------------|------|
| Bloques             | 2  | 2,74   | 0,15 | 4,23   | 0,11 | 10,11    | 0,09 | 0,43    | 0,21 | 179,09   | 0,15 | 209,96    | 1    | 5,88        | 0,36 |
| Tratamientos        | 15 | 2,54   | 0,07 | 3,27   | 0,08 | 8,46     | 0,03 | 1,25    | 0    | 182,24   | 0,04 | 429,47    | 0,18 | 14,58       | 0,01 |
| Error               | 30 | 1,36   |      | 1,81   |      | 3,85     |      | 0,27    |      | 88,39    |      | 292,85    |      | 5,5         |      |
| Total               | 47 | 84,35  |      | 111,9  |      | 262,73   |      | 27,6    |      | 5.743,59 |      | 15.647,59 |      | 395,53      |      |
| CV %                |    | 5,78   |      | 7,43   |      | 2,19     |      | 3,42    |      | 8,11     |      | 10,29     |      | 11,67       |      |
| DMS                 |    | 0      |      | 0      |      | 5,97     |      | 1,57    |      | 28,61    |      | 28,61     |      | 7,14        |      |
| Tratamientos        |    | MEDIAS | SEP  | MEDIAS | SEP  | MEDIAS   | SEP  | MEDIAS  | SEP  | MEDIAS   | SEP  | MEDIAS    | SEP  | MEDIAS      | SEP  |
| Agri mag            |    | 20,9   |      | 18,9   |      | 90,44    | ab   | 14,44   | b    | 123,6    | a    | 175,7     |      | 22,62       | a    |
| Cal 56              |    | 19,73  |      | 17,65  |      | 89,38    | ab   | 15,3    | ab   | 112,1    | a    | 178,74    |      | 20,73       | a    |
| Carboazul           |    | 18,9   |      | 16,28  |      | 85,29    | b    | 14,91   | ab   | 102,53   | a    | 160,07    |      | 17,1        | a    |
| CarboMAG            |    | 20,2   |      | 17,93  |      | 88,8     | ab   | 14,55   | b    | 115,9    | a    | 188,74    |      | 22,79       | a    |
| Carbosur            |    | 20,67  |      | 18,77  |      | 90,82    | ab   | 15,04   | ab   | 120,83   | a    | 173,56    |      | 21,82       | a    |
| Dolomita Cafesa     |    | 20,2   |      | 18,2   |      | 90,01    | ab   | 14,93   | ab   | 116,92   | a    | 156       |      | 19,01       | a    |
| Dolomita Enlasa     |    | 19,2   |      | 17,53  |      | 91,32    | a    | 14,93   | ab   | 113,58   | a    | 177,26    |      | 20,97       | a    |
| Fedec Hilcag Mag    |    | 19,9   |      | 18,09  |      | 90,89    | ab   | 15,3    | ab   | 115,67   | a    | 153,71    |      | 18,52       | a    |
| Fertimis Hilcal mag |    | 20,5   |      | 18,65  |      | 90,95    | ab   | 15,44   | ab   | 118,79   | a    | 163,78    |      | 20,27       | a    |
| Hidroxido           |    | 21,5   |      | 19,5   |      | 90,71    | ab   | 16,15   | a    | 121,56   | a    | 157,26    |      | 19,92       | a    |
| Nutrical            |    | 20     |      | 17,57  |      | 87,85    | ab   | 14,56   | b    | 112,88   | a    | 144,89    |      | 17,03       | a    |
| Oxido Calcio        |    | 20     |      | 18,15  |      | 90,52    | ab   | 16,01   | ab   | 113,23   | a    | 154,96    |      | 18,26       | a    |
| Procecal            |    | 19,35  |      | 17,16  |      | 88,65    | ab   | 14,53   | b    | 110,8    | a    | 176,89    |      | 20,38       | a    |
| Surco Mejorador     |    | 18,47  |      | 16,35  |      | 88,09    | ab   | 16,35   | a    | 100,43   | a    | 157,18    |      | 16,36       | a    |
| Testigo             |    | 21,7   |      | 19,92  |      | 91,78    | a    | 15,19   | ab   | 128,35   | a    | 172,81    |      | 23,11       | a    |
| Triple cal          |    | 21,3   |      | 19,35  |      | 90,85    | ab   | 14,05   | b    | 128,18   | a    | 169,7     |      | 22,66       | a    |

Al igual que en la primera cosecha y debido posiblemente a las mejores características químicas en el suelo donde se estableció el ensayo, la respuesta no fue tan determinante respecto al tratamiento testigo como sucedió en el ensayo de la Región Sur, donde la mayoría de los materiales superaron fácilmente a este tratamiento. En la figura 4 se observa como en la variable producción de azúcar (t/ha), algunos de los tratamientos no lograron superar al tratamiento testigo, posiblemente influyo el mucho tiempo transcurrido entre la aplicación de las enmiendas y la cosecha, sumado además de las mejores características del suelo con un mayor efecto tampón. Por este motivo es importante realizar una nueva aplicación y más cosechas para obtener conclusiones más acertadas.



**Figura 4. Producción de azúcar en las parcelas tratadas con las diferentes enmiendas en la Región Norte (segunda cosecha).**

**RESPUESTA PRODUCTIVA DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES ENMIENDAS COMERCIALES DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGIÓN DEL VALLE CENTRAL OCCIDENTAL. (Segunda Cosecha).**

Con el objetivo de evaluar la respuesta productiva de la caña de azúcar a la aplicación de diferentes enmiendas comerciales en los suelos que así lo requieran, se estableció este ensayo en una finca con suelos del orden Andisol en el cantón de San Ramón, Provincia de Alajuela. El ensayo se sembró con la variedad SP 71-2068 en parcelas de 6 surcos de 6 metros de largo (54m<sup>2</sup>) con un diseño experimental de bloques completos al azar y tres repeticiones.

La aplicación de las enmiendas, se realizó al voleo antes de la siembra a una dosis de 1,5 t/ha, a excepción de los productos con formulación granulada para los cuáles se utilizó la dosis recomendada por la casa comercial distribuidora (GRANUMAX y TIGSA MAG: 300 kg/ha, CALCIO MAG 1.350 kg/ha). Posteriormente el cultivo recibió el manejo normal realizado a las plantaciones comerciales de la región.

**Cuadro 12.**  
**Resultado del análisis de suelo previo al establecimiento del ensayo.**

| PH        | Acidez  | % S.A   | cmoles / l |        |        | mg / l  |        |        |        |          |        |
|-----------|---------|---------|------------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|----------|--------|
|           |         |         | K          | Ca     | Mg     | P       | Cu     | Zn     | Mn     | Fe       | CICE   |
| 4,86      | 1,08    | 0,3     | 0,39       | 1,6    | 0,46   | 4,66    | 7,3    | 3,2    | 33     | 58       | 3,53   |
| 5.5 - 6.5 | 0.5 - 1 | 10 - 50 | 0.2 - 15   | 4 - 20 | 1 - 10 | 10 - 40 | 3 - 20 | 2 - 10 | 6 - 50 | 11 - 100 | 5 - 25 |
| Bajo      | Alto    | Bajo    | Medio      | Bajo   | Bajo   | Bajo    | Medio  | Optimo | Optimo | Alto     | Bajo   |

Como se observa en el Cuadro 12, los contenidos de bases cambiables (Ca, Mg, y K) son bajos, además presentan una alta acidez intercambiable y muy bajo contenido de fósforo, por lo que es de esperar una alta respuesta a cualquier enmienda que se aplique a este suelo.

En el cuadro 13 se presenta el análisis de varianza aplicado a las diferentes variables agroindustriales del estudio y donde se observa como en esta cosecha no se presentaron diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas.

En la figura 6 se presenta la producción de azúcar (t/ha) obtenida de los diferentes tratamientos y se observa como la mayoría de los tratamientos superaron al Testigo en más de 2,5 toneladas de azúcar por hectárea como sucedió con los tratamientos PROCECAL, HIDROXIDO DE CALCIO y NUTRICAL. Ante estos resultados parciales es importante antes de hacer conclusiones infundadas realizar otra aplicación de los materiales y otras cosechas que reafirmen dichas conclusiones.

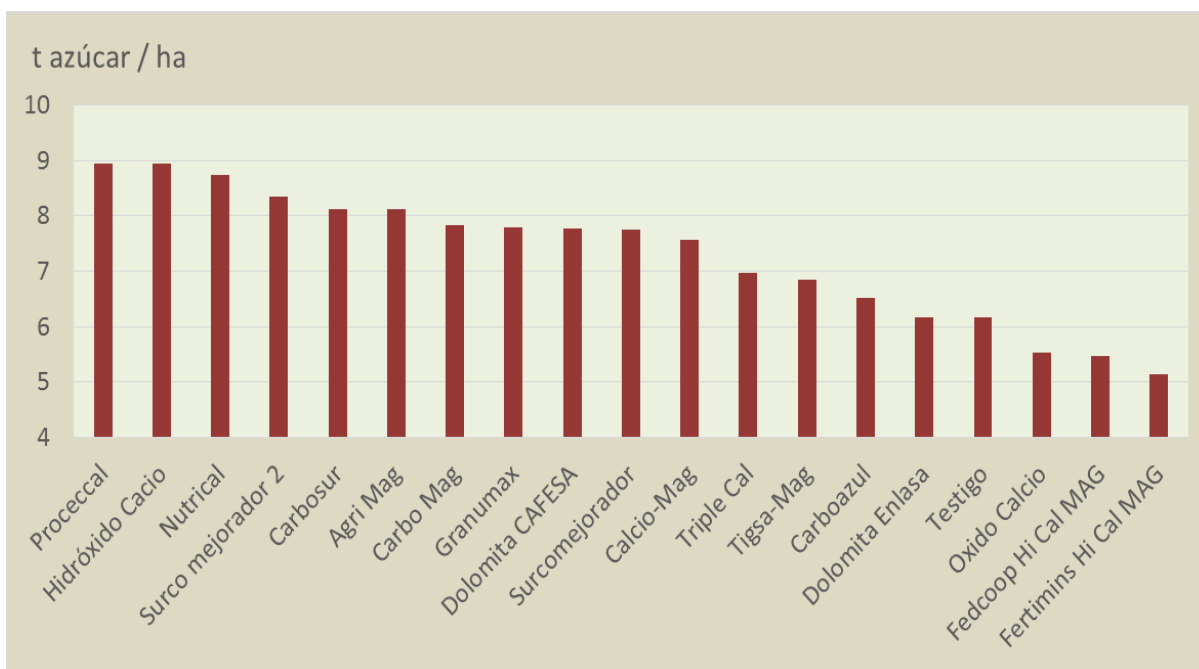


**Figura 5. Encalado del ensayo de evaluación de diferentes enmiendas en el Valle Central Occidental.**

### **Cuadro 13.**

**Análisis de varianza aplicado a los resultados agroindustriales de la evaluación de diferentes tipos de enmiendas en la Región Valle Central Occidental (segunda cosecha).**

|                      |      | % Brix |      |        | % Pol |        |      | % Pureza |      |          | % Fibra |           |      | Rend Ind |      |    | t/ha Caña |    |      | t/ha azúcar |      |  |
|----------------------|------|--------|------|--------|-------|--------|------|----------|------|----------|---------|-----------|------|----------|------|----|-----------|----|------|-------------|------|--|
| Fuente de Variación  | G.L. | CM     | P(f) | CM     | P(f)  | CM     | P(f) | CM       | P(f) | CM       | P(f)    | CM        | P(f) | CM       | P(f) | CM | P(f)      | CM | P(f) | CM          | P(f) |  |
| Bloques              | 2    | 1,97   | 0,01 | 5,33   | 0     | 40,68  | 0    | 4,58     | 0,07 | 463,18   | 0       | 974,79    | 0    | 15,99    | 0    |    |           |    |      |             |      |  |
| Tratamientos         | 18   | 0,66   | 0,08 | 0,85   | 0,19  | 2,72   | 1    | 2,13     | 0,24 | 77,28    | 0,41    | 238,14    | 0,05 | 4,25     | 0,06 |    |           |    |      |             |      |  |
| Error                | 36   | 0,38   |      | 0,61   |       | 5,3    |      | 1,64     |      | 71,78    |         | 127,34    |      | 2,3      |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Total                | 56   | 29,39  |      | 47,86  |       | 321,22 |      | 106,62   |      | 4.901,34 |         | 10.820,33 |      | 191,36   |      |    |           |    |      |             |      |  |
| % CV                 |      | 2,87   |      | 4,04   |       | 2,56   |      | 10,21    |      | 7,08     |         | 18,54     |      | 20,78    |      |    |           |    |      |             |      |  |
| tratamientos         |      | MEDIAS | SEP  | MEDIAS | SEP   | MEDIAS | SEP  | MEDIAS   | SEP  | MEDIAS   | SEP     | MEDIAS    | SEP  | MEDIAS   | SEP  |    |           |    |      |             |      |  |
| Fertimins Hi Cal MAG |      | 21,56  |      | 19,47  |       | 90,28  |      | 13,8     |      | 116,51   |         | 44,07     | a    | 5,15     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Carboazul            |      | 21,45  |      | 19,5   |       | 90,87  |      | 13,67    |      | 117,6    |         | 55        | a    | 6,51     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Testigo              |      | 21,29  |      | 18,79  |       | 88,27  |      | 12,2     |      | 116,22   |         | 53,79     | a    | 6,16     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Dolomita CAFESA      |      | 21,63  |      | 19,43  |       | 89,75  |      | 11,13    |      | 124,58   |         | 62,41     | a    | 7,78     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Proceccal            |      | 21,45  |      | 19,6   |       | 91,31  |      | 12,17    |      | 123,43   |         | 72,69     | a    | 8,94     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Dolomita Enlasa      |      | 21,11  |      | 18,66  |       | 88,37  |      | 13,17    |      | 112,53   |         | 54,91     | a    | 6,17     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Agri Mag             |      | 20,53  |      | 18,38  |       | 89,41  |      | 12,57    |      | 113,48   |         | 70,93     | a    | 8,11     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Tigsa-Mag            |      | 21,91  |      | 19,79  |       | 90,33  |      | 12,03    |      | 124,55   |         | 54,63     | a    | 6,84     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Calcio-Mag           |      | 22,25  |      | 19,84  |       | 89,15  |      | 13,23    |      | 119,9    |         | 63,05     | a    | 7,56     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Surcomejorador 1     |      | 20,8   |      | 18,51  |       | 89,01  |      | 12,55    |      | 113,98   |         | 66,94     | a    | 7,74     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Oxido Calcio         |      | 20,62  |      | 18,43  |       | 89,39  |      | 14,37    |      | 108,09   |         | 51,39     | a    | 5,54     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Fedcoop Hi Cal MAG   |      | 21,55  |      | 19,43  |       | 90,02  |      | 11,83    |      | 122,36   |         | 45,19     | a    | 5,47     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Carbomag             |      | 22,07  |      | 19,88  |       | 90,08  |      | 12,8     |      | 122,13   |         | 64,17     | a    | 7,83     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Nutrical             |      | 21,01  |      | 18,9   |       | 89,86  |      | 11,83    |      | 119,42   |         | 73,05     | a    | 8,74     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Granumax             |      | 21,46  |      | 19,51  |       | 90,9   |      | 12,73    |      | 120,57   |         | 64,26     | a    | 7,79     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Hidróxido Cacio      |      | 21,78  |      | 19,97  |       | 91,74  |      | 12,57    |      | 124,68   |         | 71,48     | a    | 8,94     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Carbosur             |      | 21,61  |      | 19,65  |       | 90,9   |      | 12,67    |      | 121,71   |         | 66,76     | a    | 8,13     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Surco mejorador 2    |      | 21,84  |      | 19,84  |       | 90,91  |      | 11,35    |      | 127,19   |         | 65,74     | a    | 8,35     |      |    |           |    |      |             |      |  |
| Triple Cal           |      | 21,7   |      | 19,58  |       | 90,26  |      | 11,7     |      | 124,08   |         | 55,83     | a    | 6,96     |      |    |           |    |      |             |      |  |



**Figura 6. Comportamiento productivo de los diferentes tratamientos en la producción de azúcar (t/ ha) (segunda cosecha).**



## **EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES FUENTES DE FERTILIZANTES NITROGENADOS SOBRE LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN DIFERENTES REGIONES DE COSTA RICA.**

El Nitrógeno es uno de los principales elementos requeridos por la caña de azúcar y el responsable directo de los incrementos en la producción del cultivo. Este nutrimento se encuentra presente en los suelos principalmente bajo la forma orgánica (98%) y solamente un 2% en la forma inorgánica como iones de Amonio, Amoniacó, Nitrato, Óxido Nitroso, Dióxido de Nitrógeno, Óxido Nítrico y Nitrito.

Las formas Amónicas y Nítricas son las más aprovechadas por las plantas, pues el resto corresponde a formas gaseosas que se pierden del sistema a través del proceso de la desnitrificación.

El nitrógeno que se recupera en la cosecha, raras veces excede del 60 o 70 por ciento del nitrógeno añadido en el fertilizante. Las pérdidas del nitrógeno dependen de las condiciones ambientales como clima, suelo y manejo y se dan por varias vías entre las que sobresalen la volatilización, fijación del amoniacó e inmovilización por parte de las bacterias del suelo, y la más importante por filtración de los nitratos a través de las capas del suelo. Estas pérdidas han impulsado a la investigación para hallar materiales fertilizantes que liberen su nitrógeno en un periodo de tiempo más prolongado, con el fin de que los nitratos puedan ser absorbidos por el sistema radicular en expansión durante todo el período de crecimiento de la planta.

Por ser la caña de azúcar un cultivo de gran demanda de este nutrimento dada la gran cantidad de materia seca producida anualmente y además, por ser un cultivo de lento crecimiento es necesario un suministro paulatino del nitrógeno de acuerdo a sus necesidades en el tiempo. Por este motivo el fraccionamiento ha sido una herramienta importante utilizada para cumplir con este objetivo, pero su costo es alto y en ocasiones resulta difícil realizar esta labor.

Durante los últimos años, diversas formas de Nitrógeno lentamente disponibles han sido desarrolladas, y algunas se han utilizado comercialmente en césped y otros cultivos en el mundo; sin embargo, en el cultivo de la caña de azúcar es poco lo investigado y con la aparición hoy día en el mercado de diferentes alternativas, es motivo suficiente para establecer ensayos simultáneos con las fuentes disponibles en diferentes condiciones agro climáticas donde se cultiva la caña de azúcar. Por ello se han planteado los siguientes objetivos:

- 1) Evaluar la respuesta de la aplicación de diferentes fuentes nitrogenadas sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar.
- 2) Evaluar las diferencias entre las fuentes de lenta liberación o liberación controlada del nitrógeno y las fuentes de uso común en el cultivo.
- 3) Valorar económicamente cada uno de los tratamientos considerando costo del producto y el costo de la aplicación.

Los productos comerciales así como las características de los diferentes materiales nitrogenados a utilizar en los ensayos se describen en el siguiente cuadro 14.



**Figura 7. Fertilizantes nitrogenados aplicados a las parcelas.**

**Cuadro 14.**  
**Fuentes de fertilizantes nitrogenados a evaluar en los ensayos regionales.**

| PRODUCTO               | COMPOSICIÓN QUÍMICA  | CARACTERÍSTICAS  | EMPRESA                    |
|------------------------|--|--|----------------------------|
| <b>NITRO XTEND</b>     | 46 % Nitrógeno   | Urea enriquecida con AGROTAIN. El AGROTAIN retarda la hidrólisis de la Urea al inhibir el efecto de la enzima ureasa, ayudando a reducir las pérdidas por volatilización.  | ABOPAC                     |
| <b>UREA + AUFRE</b>    | 40 % Nitrógeno Total<br>6 % Azufre como Sulfato  | El recubrimiento de S disminuye las pérdidas por volatilización en más de un 35%   | ABOPAC<br>(Linea YaraVera) |
| <b>PERLKA</b>          | 19,8 % Nitrógeno Total<br>(más de 15 % Nitrógeno Cianamídico y menos 2 % Nitrógeno Nítrico)<br>Óxido de Calcio 50 %  | Fertilizante nitrogenado de liberación lenta. Por procesos químicos el Nitrógeno va progresivamente haciéndose disponible para la planta.  | AGROCOSTA                  |
| <b>LAST N</b>          | 43 % Nitrógeno   | Fertilizante nitrogenado de liberación controlada  | ABOPAC                     |
| <b>N-FORCE</b>         | Nitrógeno Total 30%:<br>N Orgánico 1%<br>N Amoniacal 3%<br>N Ureico 24 %<br>Urea como formaldehido 2%<br>Azufre (SO3) 9 %<br>Carbono Orgánico 7,5%<br>Ácidos Húmicos 3%<br>Boro (B) soluble agua 0,01 %<br>Zinc (Zn) soluble agua 0,01 % | El Nitrógeno del N-FORCE se divide en 4 formas para dar una mejor nutrición evitando las pérdidas por volatilización y lixiviación en el perfil del suelo. Reduce la lixiviación de Nitrógeno (hasta 110 días dependiendo de la precipitación y temperatura. | AGRIAL                     |
| <b>AGROCOTE 37-0-0</b> | 37% Nitrógeno  | Fertilizante de liberación controlada recubierto por capa interna de Azufre y capa externa de polímeros.   | SCOTTS                     |
| <b>NUTRAN</b>          | 33,5 % Nitrógeno   |  |                            |
| <b>UREA</b>            | 46 % Nitrógeno   |  |                            |
| <b>SULFATO AMONIO</b>  | 21 % Nitrógeno<br>23,7 % S<br>71,1 % S-SO <sub>4</sub>   |  |                            |
| <b>0 - 46 - 0</b>      | 46 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   |  |                            |
| <b>CLORURO POTASIO</b> | 60% K <sub>2</sub> O<br>47 % CL  |  |                            |

\*Características y composición química proporcionada por cada empresa.

**Cuadro 15.**  
**Tratamientos a evaluar, dosis y épocas de aplicación en los ensayos de fertilizantes nitrogenados en las socas.**

| #  | Tratamiento              | Kg Producto comercial / parcela |                    |
|----|--------------------------|---------------------------------|--------------------|
|    |                          | 1 era fertilización             | 2 da fertilización |
| 1  | <b>Nitro Xtend</b>       |                                 | 1,68 kg KCl        |
|    | Abopac                   | 0,94 kg NitroXtend              | 0,94 kg NitroXtend |
| 2  | <b>Urea + S</b>          |                                 | 1,68 kg KCl        |
|    | Abopac                   | 1,08 kg Urea + S                | 1,08 kg Urea + S   |
| 3  | <b>Perlka</b>            |                                 | 1,68 kg KCl        |
|    | Agrocosta                | 4,05 kg Perlka                  |                    |
| 4  | <b>N - Force</b>         |                                 | 1,68 kg KCl        |
|    | Agrial                   | 2,53 kg N-Force                 |                    |
| 5  | <b>Agrocote 37-0-0</b>   |                                 | 1,68 kg KCl        |
|    | Scotts                   | 1,82 kg Agrocote                |                    |
| 6  | <b>Last N</b>            |                                 |                    |
|    | Abopac                   | 0,44 kg Urea                    |                    |
| 7  | <b>Nutran</b>            |                                 | 1,68 kg KCl        |
|    |                          | 1,5 kg Nutran                   | 1,5 kg Nutran      |
| 8  | <b>Urea</b>              |                                 | 1,68 kg KCl        |
|    |                          | 1,1 kg Urea                     | 1,1 kg Urea        |
| 9  | <b>Sulfato de Amonio</b> |                                 | 1,68 kg KCl        |
|    |                          | 2,4 kg S. Amonio                | 2,4 kg S. Amonio   |
| 10 | <b>Testigo</b>           |                                 | 1,68 kg KCl        |

Los tratamientos (dosis y época de aplicación) se presentan en el Cuadro 15 a diferencia de la anterior cosecha, la fertilización en las socas se restringe a dos fertilizaciones como se observa en dicho cuadro.

La cantidad de nitrógeno total a aplicar por año en cada uno de los ensayos fue, de 140 kg/ha para las fuentes convencionales, fraccionada en la primera y segunda fertilización en partes iguales. La dosis de Potasio (K<sub>2</sub>O) fue de 150 kg / ha aplicado todo en la segunda fertilización. Seguidamente se detallan las recomendaciones dadas por las casas

comerciales para dar fundamento a la dosificación de los productos nitrogenados, para las segundas cosechas se mantuvieron las sugerencias de las casas comerciales.

**AGRIAL:** Con N-FORCE, aplicar un 20 % menos de la cantidad general de nitrógeno a aplicar (112 kg /ha), todo en la primera fertilización.

**AGRO COSTA:** Con PERLKA, aplicar un 20% menos de la fertilización general o sea (112 kg / ha) y todo en la primera fertilización.

**ABOPAC:** Para NITROXTEND y UREA + S, utilizar 15% menos de la dosis general de Nitrógeno (119 kg / ha) fraccionado en dos aplicaciones. Para el LAST N utilizar un 40 % de la dosis de nitrógeno (56 Kg /ha), aplicado todo a la siembra con el fertilizante fosforado y complementado con un 20% de nitrógeno (28 kg/ ha) utilizando otra fuente como urea aplicada en la primera fertilización.

**SCOTT:** Con AGROCOTE (37-0-0), aplicar 100 kg de nitrógeno (71,4% de la dosis general) y aplicarlo todo en la primera fertilización.

El tratamiento Testigo en cada ensayo no recibió nitrógeno, únicamente fertilizante fosforado (150 kg/ha  $P_2O_5$ ) al momento de la siembra y a los 4 meses potasio ( $K_2O$ ).

Previo a la cosecha de cada ensayo, se tomaron una muestra de al menos 10 tallos molidos de caña representativos de cada parcela experimental para ser analizado en el laboratorio de jugos del Ingenio más cercano a cada ensayo.

Se determinó en dichas muestras los valores de porcentaje de Brix, porcentaje de Pol en caña, porcentaje de pureza del jugo, porcentaje de fibra en caña, y el rendimiento industrial dado en kilogramos de azúcar por tonelada de caña molida.

Durante la cosecha de los tratamientos se pesaron en su totalidad toda la caña moledera de cada parcela y se proyectó a toneladas por hectárea y los resultados de cada uno de los ensayos establecidos en las regiones se detallan a continuación.

## **EVALUACIÓN DE DIFERENTES FERTILIZANTES NITROGENADOS EN CAÑAS, GUANACASTE (Segunda Cosecha).**

Este ensayo se estableció en el Colegio de Riego, antigua EEEJN, con una temperatura media de 27 °C, una precipitación media anual de 1700 mm y una altitud de 45 msnm.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 3 repeticiones. Los tratamientos se distribuyeron en forma aleatoria en el campo y la distancia entre bloques fue de 3 m y entre parcelas de 2 m.

Cada parcela experimental estuvo constituida de 5 surcos de 10 metros de largo sembrados a 1,5 metros entre sí, para un área total por parcela de 75 m<sup>2</sup> la cual fue cosechada en su totalidad.

La variedad utilizada fue NA 85 1642 debido a su importancia en la región por su proyección en áreas de siembra en el corto-mediano plazo.

Las características químicas del suelo para los estratos de profundidad de 0-20 cm y 20-40 cm, se presentan en el Cuadro 16, donde se observa una baja acidez intercambiable en ambos horizontes, además las bases cambiables se encuentran en buenas cantidades y como es característico en estos suelos, se presentan bajos contenidos de fósforo.

**Cuadro 16**  
**Análisis químico del suelo utilizado en el experimento sobre las fuentes nitrogenadas de Cañas. Guanacaste.**

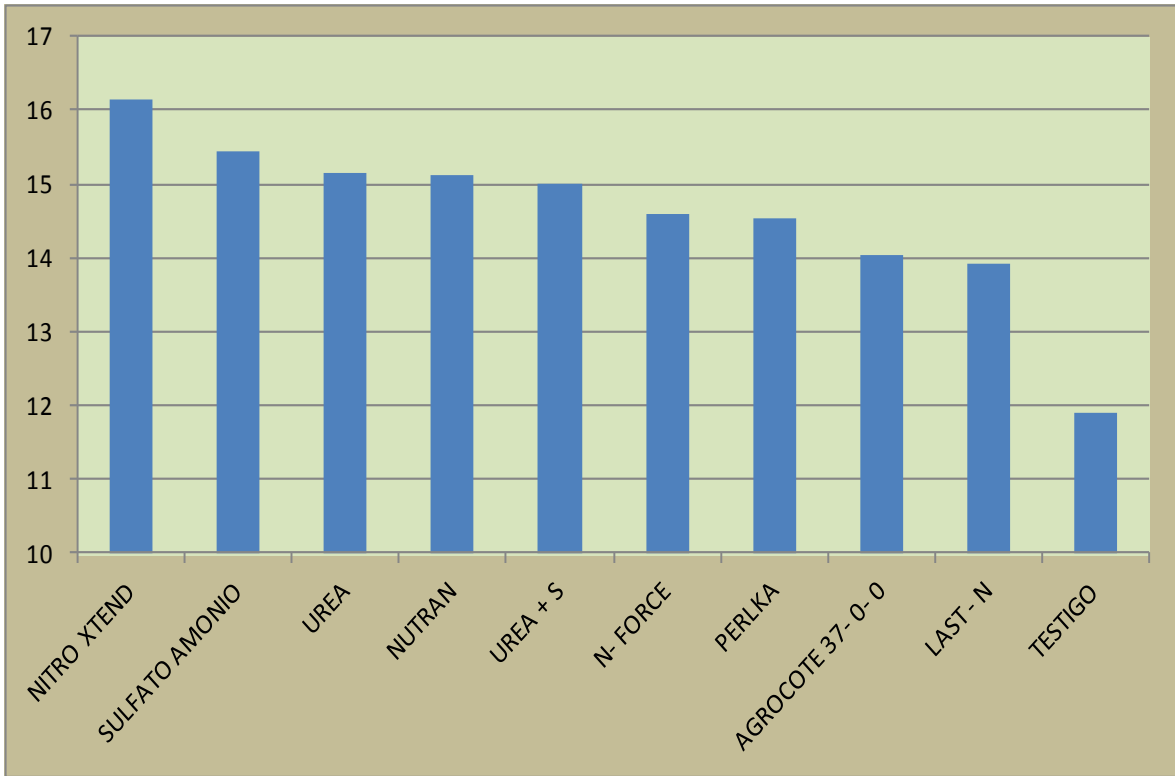
| Profundidad | PH  | Acidez | % SA | cmoles / l |     |      | mg / l |     |    |    |    |       |      |
|-------------|-----|--------|------|------------|-----|------|--------|-----|----|----|----|-------|------|
|             |     |        |      | Ca         | Mg  | K    | P      | Zn  | Mn | Cu | Fe | CICE  | M.O  |
| 20 cm       | 5,9 | 0,2    | 1    | 12,2       | 3,9 | 0,63 | 12     | 1,8 | 10 | 9  | 47 | 17,56 | 3,02 |
| 40 cm       | 6,1 | 0,15   | 0,67 | 16,7       | 5   | 0,52 | 9      | 2,4 | 15 | 7  | 39 | 22,37 | 1,55 |

En el cuadro 17 se presenta el análisis de varianza de las diferentes variables agroindustriales analizadas, y se observa en el mismo la ausencia de diferencias significativas en todas las variables analizadas.

**Cuadro 17.**  
**Análisis de varianza del resultado de la segunda cosecha.**

| ANDEVA            |    | % Brix | P   | % Fibra | P   | % Sac  | P    | % Pureza | P    | Rend. Ind | P   | t caña / ha | P    | t azúcar /ha | P    |
|-------------------|----|--------|-----|---------|-----|--------|------|----------|------|-----------|-----|-------------|------|--------------|------|
| Fuente variación  |    |        |     |         |     |        |      |          |      |           |     |             |      |              |      |
| Bloques           | 2  | 0,92   | 1   | 0,7     | 1   | 12,52  | 0,35 | 0,93     | 0,12 | 79,58     | 1   | 385,1       | 0,04 | 12,04        | 0,06 |
| tratamientos      | 9  | 0,79   | 1   | 0,79    | 1   | 4,63   | 1    | 0,84     | 0,08 | 26,87     | 1   | 184,42      | 0,14 | 3,94         | 0,44 |
| Error             | 18 | 1,44   |     | 1,85    |     | 11,12  |      | 0,39     |      | 85,49     |     | 103,96      |      | 3,76         |      |
| Total             | 29 | 34,79  |     | 41,72   |     | 266    |      | 16,43    |      | 1.939,93  |     | 4.301,21    |      | 127,18       |      |
| % CV              |    | 4,96   |     | 6,25    |     | 3,71   |      | 4,22     |      | 6,48      |     | 10          |      | 13,29        |      |
| Tratamientos      |    | MEDIAS | SEP | MEDIAS  | SEP | MEDIAS | SEP  | MEDIAS   | SEP  | MEDIAS    | SEP | MEDIAS      | SEP  | MEDIAS       | SEP  |
| LAST - N          |    | 24,03  |     | 21,61   |     | 89,93  |      | 14,82    |      | 141,51    |     | 98,18       |      | 13,92        |      |
| N- FORCE          |    | 24     |     | 21,49   |     | 89,66  |      | 14,42    |      | 141,94    |     | 103,08      |      | 14,6         |      |
| TESTIGO           |    | 24,33  |     | 22,05   |     | 90,62  |      | 15,47    |      | 142,44    |     | 83,73       |      | 11,91        |      |
| UREA              |    | 24,33  |     | 22,58   |     | 92,64  |      | 14,57    |      | 150       |     | 100,05      |      | 15,14        |      |
| NUTRAN            |    | 24,03  |     | 21,48   |     | 89,4   |      | 14,71    |      | 140,74    |     | 107,38      |      | 15,11        |      |
| UREA + S          |    | 23,93  |     | 21,82   |     | 91,07  |      | 15,12    |      | 142       |     | 104,49      |      | 14,99        |      |
| NITRO XTEND       |    | 22,97  |     | 20,65   |     | 89,66  |      | 14,29    |      | 144       |     | 111,91      |      | 16,14        |      |
| PERLKA            |    | 24,7   |     | 21,84   |     | 88,45  |      | 14,18    |      | 141,9     |     | 101,78      |      | 14,52        |      |
| AGROCOTE 37- 0- 0 |    | 24,43  |     | 21,61   |     | 88,54  |      | 14,76    |      | 140       |     | 99,51       |      | 14,03        |      |
| SULFATO AMONIO    |    | 24,8   |     | 22,18   |     | 89,47  |      | 15,86    |      | 140       |     | 109,78      |      | 15,45        |      |

En la Figura 8 se presenta la producción de azúcar (t/ha) obtenida por los diferentes tratamientos analizados en este estudio y se observa en la misma como el tratamiento en que se aplicó el fertilizante NITRO STEND, presentó la mayor producción de azúcar, superando al tratamiento testigo en más de un 26 %, seguido por el tratamiento convencional de sulfato de amonio. Conociendo los antecedentes en estos suelos por la respuesta positiva al azufre era de esperar que el sulfato de amonio presentara una respuesta positiva. En la primera cosecha el tratamiento de NITRO STEND, también sobresalió al producir más azúcar por unidad de área, en esta ocasión el segundo lugar lo ocupó la UREA + azufre comprobando con estos resultados la buena respuesta del azufre en estos suelos. Además se pone de nuevo en manifiesto la respuesta positiva al nitrógeno, ya que en ambas cosechas todos los tratamientos superaron al testigo.



**Figura 8. Resultado de la producción de azúcar (t/ha) de la segunda cosecha.**



## EVALUACIÓN DE DIFERENTES FERTILIZANTES NITROGENADOS EN LA REGIÓN SUR (Segunda Cosecha).

Este ensayo se estableció en el cantón de Pérez Zeledón, en la finca “La Jungla” propiedad de CoopeAgri, con una temperatura media de 23,9 °C y una precipitación media anual 2960 mm.

Se aplicó un diseño experimental de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Los tratamientos se distribuyeron en forma aleatoria en el campo y la distancia entre bloques fue de 3 m y entre parcelas de 2 m.

Cada parcela experimental estuvo constituida de 5 surcos de 9 metros de largo sembrados a 1,5 metros entre sí, para un área total por parcela de 67,5 m<sup>2</sup> la cual será evaluada y cosechada en su totalidad.

La variedad utilizada fue LAICA 03-805 por su importancia en la Región por su proyección en cuanto a áreas de siembra en el corto-mediano plazo.

Las características químicas del suelo para los estratos de profundidad de 0-20 cm y 20-40 cm. Se presentan en el cuadro 18

**Cuadro 18.**  
**Análisis químico del suelo utilizado en este estudio.**

| Profundidad | PH  | Acidez | % SA  | cmoles / l |     |      | mg / l |     |    |    |     | CICE | M.O  |
|-------------|-----|--------|-------|------------|-----|------|--------|-----|----|----|-----|------|------|
|             |     |        |       | Ca         | Mg  | K    | P      | Zn  | Mn | Cu | Fe  |      |      |
| 20 cm       | 5,4 | 0,25   | 8,41  | 2,4        | 0,2 | 0,12 | 9      | 2,1 | 2  | 4  | 387 | 2,97 | 3,64 |
| 40 cm       | 5,1 | 0,5    | 20,92 | 1,6        | 0,2 | 0,09 | 4      | 0,9 | 1  | 2  | 183 | 2,39 | 1,52 |

Como se observa en dicho cuadro el suelo donde se estableció el ensayo presenta las características típicas de los suelos de esta región como una alta acidez, un reducido contenido de bases cambiabiles y de fósforo sobre todo a 40 cm de profundidad donde se desarrolla una gran cantidad de raíces de la caña.

Por otro lado el contenido de materia orgánica son bajos por lo que es de esperar una respuesta positiva a la aplicación de los fertilizantes nitrogenados.

**Cuadro 19.**  
**Análisis de Varianza del resultado de la segunda cosecha.**

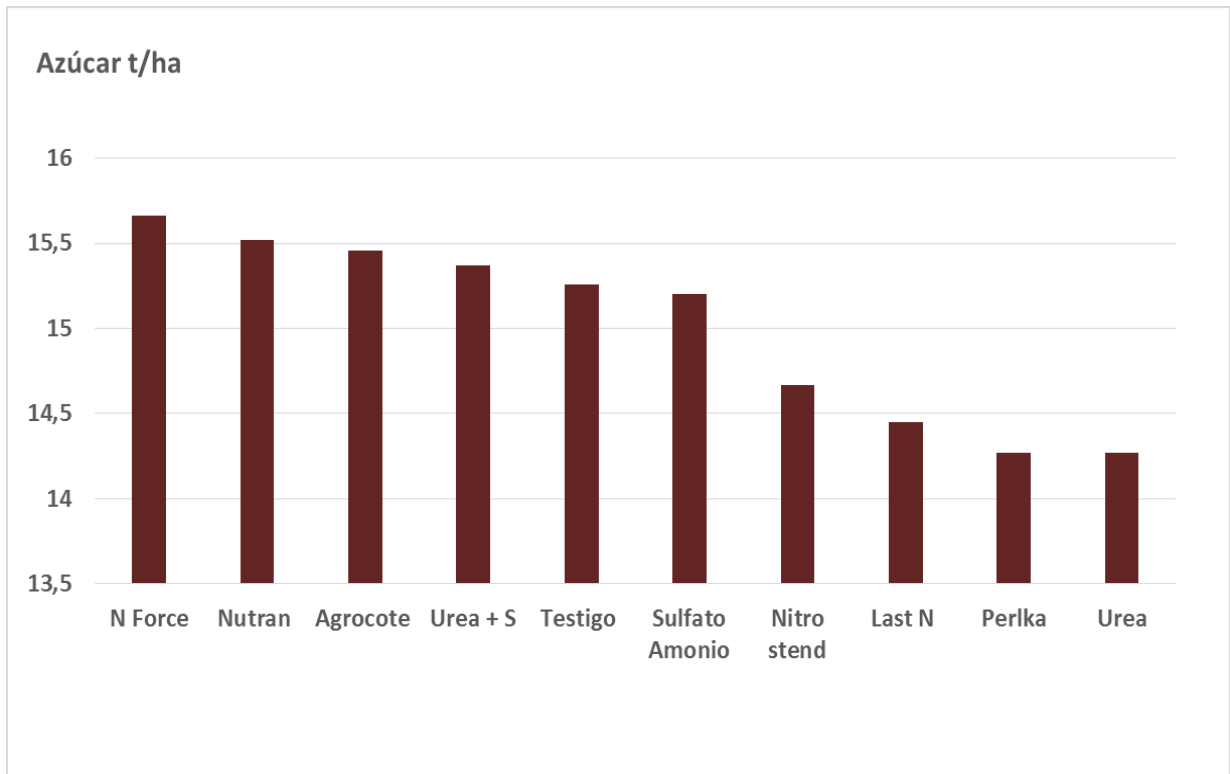
| Fuente Variacion | GL | % Brix | P(f) | % Pol  | P(f) | % Pureza | P(f) | % Fibra | P(f) | Rend. Ind | P(f) | t/ha Caña | P(f) | t/ha azúcar | P(f) |
|------------------|----|--------|------|--------|------|----------|------|---------|------|-----------|------|-----------|------|-------------|------|
| Bloques          | 3  | 1,26   | 0,03 | 1      | 0,03 | 1,42     | 1    | 0,52    | 0,38 | 41,56     | 0,04 | 154,81    | 0,13 | 3,5         | 0,1  |
| Tratamientos     | 9  | 0,89   | 0,03 | 0,93   | 0,02 | 1,01     | 1    | 0,61    | 0,3  | 41,49     | 0,01 | 107,84    | 0,23 | 1,17        | 1    |
| Error            | 27 | 0,36   |      | 0,33   |      | 1,47     |      | 0,49    |      | 13,24     |      | 76,73     |      | 1,54        |      |
| Total            | 39 | 21,53  |      | 20,59  |      | 52,95    |      | 20,16   |      | 855,66    |      | 3.506,76  |      | 62,67       |      |
| % CV             |    | 2,85   |      | 2,92   |      | 1,3      |      | 4,66    |      | 2,84      |      | 7,46      |      | 8,27        |      |
| DMS              |    | 1,47   |      | 1,41   |      | 1,41     |      | 1,41    |      | 8         |      | 8         |      | 8           |      |
|                  |    | MEDIAS | SEP  | MEDIAS | SEP  | MEDIAS   | SEP  | MEDIAS  | SEP  | MEDIAS    | SEP  | MEDIAS    | SEP  | MEDIAS      | SEP  |
| Agrocote         |    | 20,94  | ab   | 19,45  | ab   | 92,85    |      | 14,7    |      | 127,65    | ab   | 121,22    |      | 15,46       |      |
| Last N           |    | 21,36  | ab   | 19     | ab   | 92,83    |      | 15,53   |      | 127,22    | ab   | 113,78    |      | 14,45       |      |
| N Force          |    | 20,77  | ab   | 19,54  | ab   | 94,12    |      | 14,75   |      | 128,97    | ab   | 121,3     |      | 15,66       |      |
| Nitro stend      |    | 21,19  | ab   | 19     | ab   | 92,8     |      | 14,75   |      | 129,01    | ab   | 113,67    |      | 14,67       |      |
| Nutran           |    | 21,05  | ab   | 19,54  | ab   | 92,8     |      | 14,75   |      | 128,12    | ab   | 120,96    |      | 15,52       |      |
| Perlka           |    | 21,39  | ab   | 19     | ab   | 93,21    |      | 15,3    |      | 128,97    | ab   | 110,74    |      | 14,27       |      |
| Sulfato Amonio   |    | 20,78  | ab   | 19,23  | ab   | 92,55    |      | 15,2    |      | 124,37    | b    | 122,23    |      | 15,2        |      |
| Testigo          |    | 21,8   | a    | 20,43  | a    | 93,74    |      | 14,6    |      | 135       | a    | 112,78    |      | 15,26       |      |
| Urea             |    | 21,32  | ab   | 19     | ab   | 92,94    |      | 15,45   |      | 127,44    | ab   | 112       |      | 14,27       |      |
| Urea + S         |    | 20     | b    | 18     | b    | 92,68    |      | 14,4    |      | 122,97    | b    | 124,82    |      | 15,37       |      |

En el cuadro 19 se presentan los resultados agroindustriales de las variables estudiadas así como el análisis de varianza aplicado a las mismas ,observándose que se presentaron diferencias significativas en las variables industriales como: porcentaje de brix , porcentaje de sacarosa y rendimiento industrial (kg az/t).

En la figura 9 se muestra el resultado en la producción de azúcar (t/ha), donde el mejor tratamiento logrado con N FORCE despunto muy levemente a los tratamientos con

NUTRAN, AGROCOTE, UREA AZUFRADA y el tratamiento testigo. Es importante señalar que en la primera cosecha también sobresalieron estos tratamientos.

Ante este resultado parcial resulta relevante valorar el costo de los tratamientos para ir seleccionando los mejores tratamientos.



**Figura 9. Producción de Azúcar (t /ha) obtenido en la segunda cosecha en la evaluación de diferentes fertilizantes nitrogenados en la Región Sur.**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES FERTILIZANTES NITROGENADOS EN TURRIALBA, CARTAGO.  
(Primera Cosecha).**

Este ensayo se estableció en finca del Ingenio Atirro ubicado en el cantón de Turrialba, provincia de Cartago, a una altitud de 740 msnm, con una temperatura media anual de 26 °C y una precipitación media anual de 2.613 mm

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al zar con 4 repeticiones. Los tratamientos se distribuyeron en forma aleatoria en el campo y la distancia entre bloques fue de 3 m y entre parcelas de 2 m.

Cada parcela experimental estuvo constituida de 5 surcos de 9 metros de largo sembrados a 1,5 metros entre sí, para un área total por parcela de 67,5 m<sup>2</sup> la cual será evaluada y cosechada en su totalidad.

La variedad utilizada fue B 77-95 por su importancia y proyección en áreas de siembra en esta región en el corto-mediano plazo, Esta primera cosecha se realizó con una edad de la plantación de 19 meses.

Las características químicas del suelo para los estratos de profundidad de 0-20 cm y 20-40 cm, se presentan en el cuadro 19 y en el cual se observa que la acidez intercambiable esta alta y por el contrario las bases cambiables (Ca, Mg, K) se encuentran relativamente bajas al igual que el fósforo.

**Cuadro 19.  
Análisis químico del suelo utilizado en el experimento.**

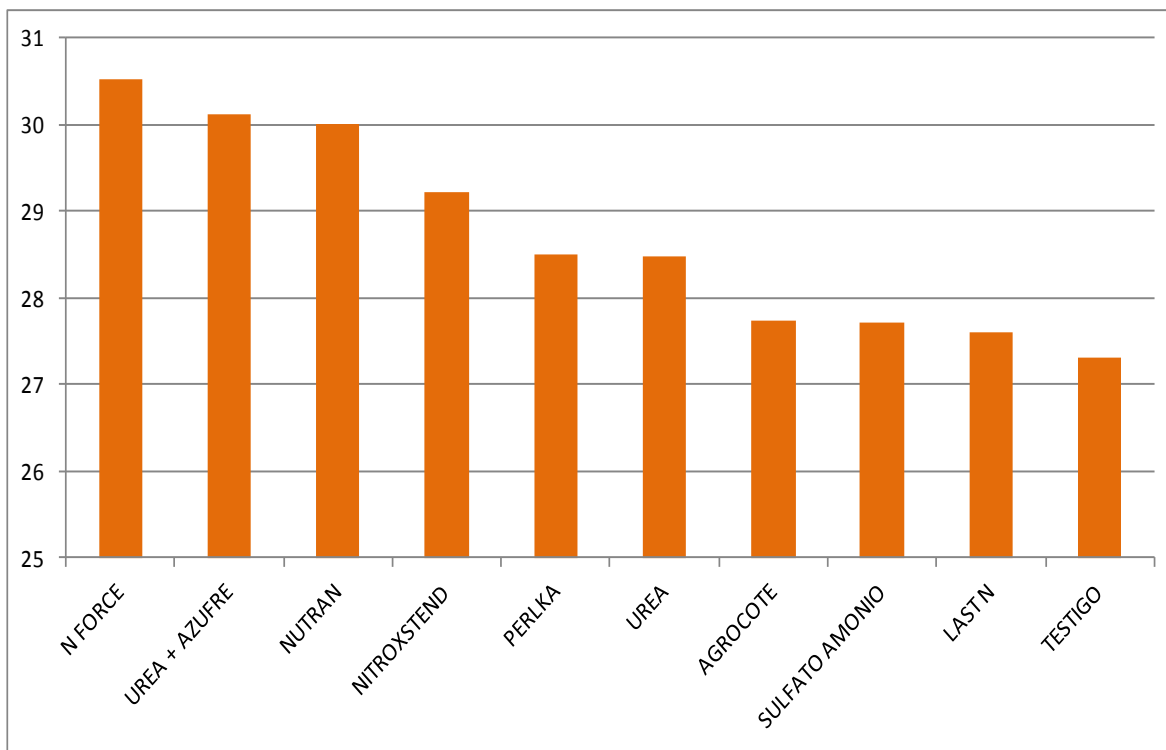
| Profundidad | PH  | Acidez | % SA | cmoles / l |     |      | mg / l |     |    |    |     |      |
|-------------|-----|--------|------|------------|-----|------|--------|-----|----|----|-----|------|
|             |     |        |      | Ca         | Mg  | K    | P      | Zn  | Mn | Cu | Fe  | CICE |
| 20 cm       | 5,6 | 0,2    | 2,17 | 6,8        | 1,9 | 0,29 | 10     | 3,6 | 20 | 16 | 147 | 9,19 |
| 40 cm       | 5,6 | 0,25   | 3,6  | 5,3        | 1,3 | 0,08 | 5      | 3   | 18 | 21 | 102 | 6,93 |

En el siguiente cuadro 20 se presenta el análisis de varianza aplicado a las variables agroindustriales, observándose en el mismo que en esta cosecha no se presentaron diferencias significativas entre las variables, sin embargo el tratamiento con el fertilizante N FORCE seguido de la UREA AZUFRADA y el NUTRAN presentaron la mayor producción de azúcar (t/ha) superando al tratamiento testigo en más de un 10 % como se observa en la Figura 10 valores muy similares a los obtenidos en el mismo ensayo ubicado en la Región Sur.

Este buen comportamiento productivo de la UREA AZUFRADA, pareciera ser una buena alternativa ya que en otras regiones este fertilizante ha ocupado las primeras posiciones, posiblemente ante una respuesta positiva al azufre, elemento importante para el cultivo y necesario en los suelos cultivados con caña de azúcar, situación que se debe investigar para confirmar estos resultados

**Cuadro 20.**  
**Análisis de varianza del resultado de la primera cosecha en la evaluación de diferentes fertilizantes nitrogenados en Turrialba.**

| Andeva         |      | % Brix |      | % Sac  |      | % Pureza |      | % Fibra |      | Rend Ind |      | t caña / ha |      | t Azúcar / ha |      |
|----------------|------|--------|------|--------|------|----------|------|---------|------|----------|------|-------------|------|---------------|------|
| F de Variación | G.L. | CM     | P(f) | CM     | P(f) | CM       | P(f) | CM      | P(f) | CM       | P(f) | CM          | P(f) | CM            | P(f) |
| Bloques        | 3    | 0,53   | 0,15 | 0,57   | 0,26 | 0,39     | 1    | 1,22    | 1    | 57,12    | 0,08 | 1.000,42    | 1    | 8,59          | 1    |
| tratamientos   | 9    | 0,28   | 1    | 0,56   | 0,25 | 2,27     | 0,06 | 0,6     | 1    | 29,37    | 0,28 | 415,12      | 1    | 5,54          | 1    |
| Error          | 27   | 0,28   |      | 0,41   |      | 1,07     |      | 1,34    |      | 22,44    |      | 1.548,54    |      | 25,85         |      |
| Total          | 39   | 11,7   |      | 17,88  |      | 50,54    |      | 45,2    |      | 1.041,47 |      | 48.547,88   |      | 773,63        |      |
| % CV           |      | 2,53   |      | 3,29   |      | 1,12     |      | 9,5     |      | 3,46     |      | 18,7        |      | 17,7          |      |
|                |      | 0      |      | 0      |      | 0        |      | 0       |      | 0        |      | 0           |      | 0             |      |
| tratamientos   |      | MEDIAS | SEP  | MEDIAS | SEP  | MEDIAS   | SEP  | MEDIAS  | SEP  | MEDIAS   | SEP  | MEDIAS      | SEP  | MEDIAS        | SEP  |
| AGROCOTE       |      | 20,93  |      | 19,42  |      | 92,8     |      | 12,22   |      | 136,45   |      | 203,34      |      | 27,73         |      |
| LAST N         |      | 20,93  |      | 19,5   |      | 93,18    |      | 12,66   |      | 135,7    |      | 203,33      |      | 27,61         |      |
| N FORCE        |      | 20,93  |      | 19,37  |      | 92,49    |      | 12,18   |      | 135,93   |      | 226,11      |      | 30,52         |      |
| NITROXSTEND    |      | 21,18  |      | 19,63  |      | 92,7     |      | 11,97   |      | 138,87   |      | 210,37      |      | 29,21         |      |
| NUTRAN         |      | 20,57  |      | 18,87  |      | 91,72    |      | 11,88   |      | 133,09   |      | 225         |      | 30,01         |      |
| PERLKA         |      | 20,73  |      | 18,88  |      | 91,07    |      | 11,53   |      | 133,97   |      | 212,96      |      | 28,51         |      |
| SULFATO AMONIO |      | 21,15  |      | 19,69  |      | 93,1     |      | 12,04   |      | 139,27   |      | 199,44      |      | 27,71         |      |
| TESTIGO        |      | 21,38  |      | 20,01  |      | 93,52    |      | 12,33   |      | 140,36   |      | 195,74      |      | 27,32         |      |
| UREA           |      | 20,83  |      | 19,4   |      | 93,14    |      | 12,89   |      | 134,15   |      | 212,41      |      | 28,47         |      |
| UREA + AZUFRE  |      | 21,35  |      | 19,89  |      | 93,11    |      | 12,15   |      | 140,28   |      | 215,74      |      | 30,13         |      |



**Figura 10. Resultado de La producción de azúcar (t/ha) de la primera cosecha en la evaluación de diferentes fertilizantes nitrogenados en Turrialba.**



**EVALUACIÓN DE DIFERENTES FERTILIZANTES NITROGENADOS EN LA REGIÓN NORTE.  
(Segunda Cosecha).**

Este ensayo se estableció en el cantón de San Carlos, en la localidad de CoopeVega, y en una finca propiedad del Ingenio Quebrada Azul, con una temperatura media de 23,6 °C y una precipitación media 3.000 mm. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 4 repeticiones y la distancia entre bloques fue de 3 m y entre parcelas de 2 m. Las parcelas experimentales fueron aleatorizadas y fueron constituidas por 5 surcos de 8,5 metros de largo sembrados a 1,5 metros entre sí, para un área total por parcela de 68 m<sup>2</sup>.

La variedad utilizada fue LAICA 01 604 por su importancia en la región o localidad y por su proyección en cuanto a áreas de siembra en el corto y mediano plazo.

Las características químicas del suelo para los estratos de profundidad de 0-20 cm y 20-40 cm. Se presentan en el Cuadro 21, observándose en el mismo una alta acidez y bajas cantidades de bases cambiables, sobre todo en el sustrato del suelo de 40 cm, no así en las muestras tomadas en los primeros 20 cm, sin embargo los contenidos de fósforo son bajos en ambos sustratos.

**Cuadro 21.  
Análisis químico del suelo utilizado en el experimento.**

| Profundidad | PH  | Acidez | % SA | cmoles / l |     |      | mg / l |     |    |    |      | CICE |
|-------------|-----|--------|------|------------|-----|------|--------|-----|----|----|------|------|
|             |     |        |      | Ca         | Mg  | K    | P      | Zn  | Mn | Cu | Fe   |      |
| 20 cm       | 5,6 | 0,3    | 4    | 5,6        | 1,4 | 0,2  | 6      | 1,4 | 22 | 6  | 121  | 7,5  |
| 40 cm       | 5,7 | 0,2    | 5,6  | 2,4        | 0,8 | 0,17 | 5      | 1,4 | 18 | 7  | 1,29 | 3,57 |

En el Cuadro 22 se presenta el análisis de varianza aplicado a las variables agroindustriales del ensayo y donde se observa que no se presentaron diferencias significativas con ninguno de los tratamientos evaluados, sin embargo en la producción de azúcar (t/ha), Figura 11 se aprecia la tendencia de obtener una mayor producción al aplicar el fertilizante PERLKA

superando al testigo en más de dos toneladas de azúcar por hectárea. Algunos de los tratamientos no superaron al testigo como la UREA AZUFRADA, NUTRAN y N FORCE, tratamientos que en la Región Sur presentaron la mayor producción de azúcar por hectárea.

En la primera cosecha el fertilizante PERLKA fue el responsable de la mayor producción de azúcar (t/ha) y en esta nueva cosecha mantiene la misma posición a pesar de que otros tratamientos en esta evaluación cayeron considerablemente al punto de ser superados por el tratamiento testigo

**Cuadro 22.**  
**Análisis de varianza del resultado de la segunda cosecha.**

|                  |      | % Brix |      | % Sac. |      | % Pureza |      | Kg az/ t |      | t caña /ha |      | t azúcar/ha |      |
|------------------|------|--------|------|--------|------|----------|------|----------|------|------------|------|-------------|------|
| Fuente variación | G.L. | CM     | P(f) | CM     | P(f) | CM       | P(f) | CM       | P(f) | CM         | P(f) | CM          | P(f) |
| Bloques          | 3    | 0,67   | 0,13 | 18,03  | 0,38 | 32,38    | 0,01 | 161,69   | 0,1  | 211,29     | 0    | 8,26        | 0    |
| tratamientos     | 9    | 0,29   | 1    | 11,04  | 1    | 6,69     | 1    | 36,6     | 1    | 7,97       | 1    | 0,62        | 1    |
| Error            | 27   | 0,33   |      | 16,82  |      | 6,99     |      | 70,03    |      | 38,28      |      | 1,18        |      |
| Total            | 39   | 13,47  |      | 607,53 |      | 346,13   |      | 2.705,23 |      | 1.739,15   |      | 62,25       |      |
| % CV             |      | 2,6    |      | 4,99   |      | 2,97     |      | 6,7      |      | 5,75       |      | 8,08        |      |
| DMS              |      | 0      |      | 0      |      | 0        |      | 0        |      | 0          |      | 0           |      |
| Tratamientos     |      | MEDIAS | SEP  | MEDIAS | SEP  | MEDIAS   | SEP  | MEDIAS   | SEP  | MEDIAS     | SEP  | MEDIAS      | SEP  |
| Agrocote         |      | 21,78  |      | 81,76  |      | 89,75    |      | 122,7    |      | 109,01     |      | 13,4        |      |
| Last N           |      | 22,45  |      | 84,08  |      | 89,26    |      | 127,43   |      | 107,25     |      | 13,61       |      |
| N Force          |      | 21,7   |      | 80,73  |      | 88,95    |      | 123,03   |      | 108,09     |      | 13,32       |      |
| Nitroxtend       |      | 21,83  |      | 78,65  |      | 86       |      | 118,64   |      | 107,47     |      | 12,68       |      |
| Nutran           |      | 22,3   |      | 84,13  |      | 89,93    |      | 126,62   |      | 104,78     |      | 13,28       |      |
| Perlka           |      | 22     |      | 83,6   |      | 90,74    |      | 129,53   |      | 109,3      |      | 14,19       |      |
| Sulfato Amonio   |      | 22,38  |      | 82,7   |      | 88,15    |      | 125,61   |      | 109,49     |      | 13,76       |      |
| Testigo          |      | 21,93  |      | 82,35  |      | 89,72    |      | 125,2    |      | 107,28     |      | 13,48       |      |
| Urea             |      | 22,08  |      | 82,63  |      | 89,38    |      | 126,51   |      | 107,54     |      | 13,61       |      |
| Urea + s         |      | 21,8   |      | 81,7   |      | 89,55    |      | 124      |      | 106,55     |      | 13,22       |      |

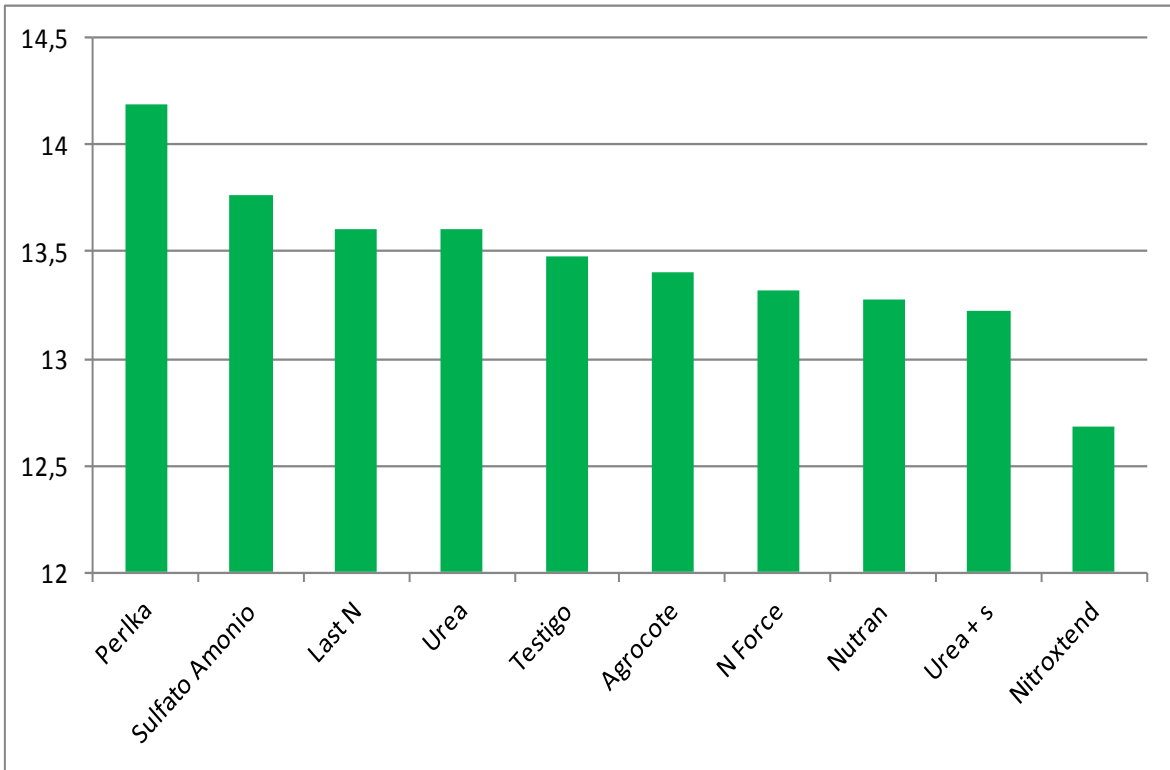


Figura 11. Resultado de la producción de azúcar (t /ha ) en la segunda cosecha.



## **EVALUACIÓN DE DIFERENTES FERTILIZANTES NITROGENADOS EN LIBERIA, GUANACASTE (Segunda Cosecha).**

Este ensayo se estableció en finca de La EARTH ubicada en Guardia, Liberia provincia de Guanacaste con una temperatura media de 27 °C y una precipitación media anual de 1.600 mm. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con 4 repeticiones.

Los tratamientos se distribuyeron en forma aleatoria en el campo y la distancia entre bloques fue de 3 m entre sí y de 2 m entre parcelas. |

Cada parcela experimental estuvo constituida de 5 surcos de 8,5 metros de largo sembrados a 1,5 metros entre sí, para un área total por parcela de 67,5 m<sup>2</sup> la cual será evaluada y cosechada en su totalidad. La variedad utilizada fue CP 72 20 86 por su importancia en la región o localidad y por su proyección reciente en cuanto a áreas de siembra en el corto y mediano plazo.

Las características químicas del suelo para los estratos de profundidad de 0-20 cm y 20-40 cm, se presentan en el Cuadro 23.

**Cuadro 23.  
Análisis químico del suelo utilizado en el experimento.**

| Profundidad  | PH         | Acidez     | % SA        | cmoles / l |            |             | mg / l   |            |          |           |           | CICE         |
|--------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|----------|------------|----------|-----------|-----------|--------------|
|              |            |            |             | Ca         | Mg         | K           | P        | Zn         | Mn       | Cu        | Fe        |              |
| <b>20 cm</b> | <b>5,5</b> | <b>0,2</b> | <b>1,54</b> | <b>9,1</b> | <b>3,3</b> | <b>0,37</b> | <b>4</b> | <b>0,8</b> | <b>7</b> | <b>4</b>  | <b>18</b> | <b>12,97</b> |
| <b>40 cm</b> | <b>5,6</b> | <b>0,2</b> | <b>1,63</b> | <b>8,5</b> | <b>3,1</b> | <b>0,44</b> | <b>4</b> | <b>0,7</b> | <b>8</b> | <b>10</b> | <b>50</b> | <b>12,24</b> |

En dicho cuadro se observa que el suelo presenta una baja acidez y buenos contenidos de bases cambiables, además de una muy baja cantidad de fósforo.

En el cuadro 24 se presenta el resultado del análisis de varianza aplicado a las variables agroindustriales de esta cosecha. Como se observa en dicho cuadro se presentaron diferencias significativas en las variables producción de caña y azúcar (t/ha) y la prueba de

medias según Tukey al 5% indicó que en la variable producción de caña el mejor tratamiento fue la UREA AZUFRADA, la cual presentó diferencias significativas con el tratamiento testigo.

En la variable producción de azúcar (t/ha) esta misma prueba reveló que el tratamiento con mayor volumen de azúcar por hectárea fue el denominado AGROCOTE , superando al tratamiento testigo en un 15 % pero sin presentar diferencias significativas con este tratamiento ni con los otros fertilizantes nitrogenados aplicados. En la figura 12 se presenta el resultado de la producción de azúcar (t/ha) .También se observa como la mayoría de los tratamientos superaron al tratamiento testigo en virtud de una respuesta importante al nitrógeno en esta etapa del cultivo. La UREA AZUFRADA por su parte, presentó la mayor producción de azúcar por hectárea.



**Cuadro 24.**

### Análisis de varianza del resultado de la segunda cosecha.

| Andeva         |      | % Brix |      | % Sac  |      | % Pureza |      | % Fibra |      | Rend Ind |      | t caña / ha |      | t azúcar / ha |      |
|----------------|------|--------|------|--------|------|----------|------|---------|------|----------|------|-------------|------|---------------|------|
| F de Variación | G.L. | CM     | P(f) | CM     | P(f) | CM       | P(f) | CM      | P(f) | CM       | P(f) | CM          | P(f) | CM            | P(f) |
| Bloques        | 3    | 0,44   | 0,07 | 0,65   | 0,15 | 4,52     | 0,2  | 0,23    | 1    | 53,23    | 0,19 | 596,43      | 0    | 16,77         | 0    |
| tratamientos   | 9    | 0,07   | 1    | 0,24   | 1    | 2,38     | 1    | 0,47    | 0,21 | 30,73    | 1    | 320,45      | 0    | 7,31          | 0,03 |
| Error          | 27   | 0,16   |      | 0,34   |      | 2,71     |      | 0,32    |      | 31,29    |      | 85,77       |      | 2,82          |      |
| Total          | 39   | 6,4    |      | 13,32  |      | 108,08   |      | 13,66   |      | 1.280,99 |      | 6.989,26    |      | 192,15        |      |
| %CV            |      | 1,73   |      | 2,72   |      | 1,79     |      | 3,53    |      | 3,94     |      | 6,05        |      | 7,71          |      |
| Tratamientos   |      | MEDIAS | SEP  | MEDIAS | SEP  | MEDIAS   | SEP  | MEDIAS  | SEP  | MEDIAS   | SEP  | MEDIAS      | SEP  | MEDIAS        | SEP  |
| Sulfato Amonio |      | 23,43  |      | 21,34  |      | 91,04    |      | 15,6    |      | 142,04   |      | 156,35      | ab   | 22,16         | ab   |
| Nutrán         |      | 23,46  |      | 21,82  |      | 93,03    |      | 15,83   |      | 145,85   |      | 158,41      | ab   | 23,13         | ab   |
| Perlka         |      | 23,41  |      | 21,34  |      | 91,14    |      | 16,37   |      | 139,11   |      | 157,59      | ab   | 21,91         | ab   |
| Nitro xtend    |      | 23,24  |      | 21,33  |      | 91,76    |      | 15,83   |      | 141,72   |      | 161,82      | ab   | 22,91         | ab   |
| Urea S         |      | 23,28  |      | 21,48  |      | 92,26    |      | 16,35   |      | 140,9    |      | 158,82      | a    | 22,37         | ab   |
| Agrocote       |      | 23,4   |      | 21,73  |      | 92,89    |      | 15,6    |      | 146,13   |      | 158,00      | ab   | 23,17         | a    |
| Urea           |      | 23,18  |      | 21,26  |      | 91,69    |      | 16,53   |      | 138,41   |      | 140,47      | ab   | 19,52         | ab   |
| Testigo        |      | 23,64  |      | 21,97  |      | 92,9     |      | 16,25   |      | 144,97   |      | 134,35      | b    | 19,48         | ab   |
| N Force        |      | 23,37  |      | 21,36  |      | 91,39    |      | 16,17   |      | 140,31   |      | 150,06      | ab   | 21,09         | ab   |
| Last N         |      | 23,52  |      | 21,48  |      | 91,32    |      | 16,35   |      | 140,25   |      | 156,11      | ab   | 21,9          | ab   |

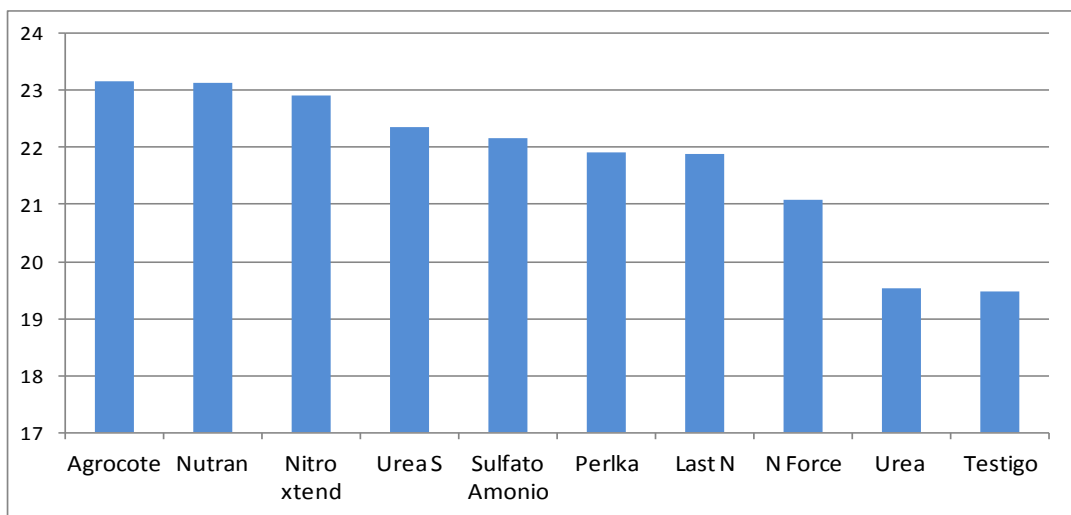


Figura 12. Resultado de la producción de azúcar (t/ha) de la segunda cosecha.

## RESPUESTA DEL ACTIVADOR HUMITA SOBRE LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN UN SUELO ULTISOL DE LA REGIÓN SUR (Segunda Cosecha).

Recientemente han aparecido en el mercado de agroquímicos una amplia gama de productos orgánicos cuyos objetivos son el de mejorar la condición nutricional del suelo y sobre todo su actividad microbial con miras a obtener un sistema radicular más desarrollado y por lo tanto un mejor aprovechamiento de los minerales aportados al suelo con la fertilización.

De acuerdo a las bondades de estos productos según sus distribuidores, sobresale el incremento en la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) en el suelo y con ello la disponibilidad de macro y micro elementos que permiten reducir las dosis de fertilizantes químicos (N, P, K) en proporciones del 25% al 50 %, gracias a un mayor aprovechamiento de los fertilizantes como se mencionó.

Como todo producto nuevo en el cultivo de la caña de azúcar debe ser valorado y medido en su aporte productivo y económico, se estableció este estudio, para el cual se planteó el objetivo de determinar si diversos tratamientos con los productos Humita tienen la capacidad de superar productiva y económicamente al tratamiento convencional aplicado por los productores de la Región Sur.

El ensayo se estableció en la Región Sur, en el cantón de Pérez Zeledón, en la finca la "Jungla" propiedad de Coopeagri con una temperatura media de 23,9 °C y una precipitación media anual 2.960 mm. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones en arreglo factorial 2 x 4 , utilizando dos fuentes de ácidos húmicos, un tratamiento con abono orgánico " *El sembrador*" y en dos variedades LAICA 03 805 y B 89 13 51. Algunos de los productos valorados así como sus principales características se presentan a continuación:

**HUMITA 40 en Polvo**, Este material es una Leonardita con una riqueza media en ácidos húmicos, en materia orgánica y con más micro elementos quelatados que la Humita 60. Por

la relación calidad/precio/respuesta es el más indicado para el cultivo de la caña de azúcar, siempre y cuando su aplicación sea manual, sola o mezclada con fertilizantes químicos (N,P,K), pues debido a su humedad puede reaccionar con la higroscopia de algunos fertilizantes. La dosis recomendada de este producto es de 100 kg/ha.

**HUMITA 15** Está compuesta por ácidos húmicos líquidos de aplicación al suelo, con los que se han obtenido buenos resultados al permitir desbloquear todas las sales del suelo y aumentar la C.I.C. y la asimilación de macro y micro elementos. La dosis recomendada para este producto fue de 30 l / ha .

**Abono Orgánico “EL SEMBRADOR”** Este abono es procesado por CoopeAgri y está compuesto por broza de café y cachaza de caña de azúcar. Por lo que contiene nitrógeno 1,25%, fósforo 0,39%, calcio 0,98%, magnesio 0,18%, potasio 0,87% y azufre 0,14%, además de micro elementos importantes para los cultivos.

La dosis utilizada para este material es de 10 t/ha aplicadas en una sola aplicación al fondo del surco al momento de la siembra.

En el Cuadro 25 se presenta el análisis de suelo donde se efectuó el estudio y donde se observan valores deficientes en la mayoría de nutrientes así como una alta acidez típica de estos suelos, por lo que es de esperar una respuesta positiva a los tratamientos evaluados.

#### **Cuadro 25.**

**Análisis químico del suelo utilizado en el experimento de evaluación de la Humita en un suelo Ultisol.**

| Ph  | % SA | cmol(+) / l |     |     |     |     | mg / l |    |     |     |      |
|-----|------|-------------|-----|-----|-----|-----|--------|----|-----|-----|------|
|     |      | Acidez      | Ca  | Mg  | K   | P   | Fe     | Cu | Zn  | Mn  | % MO |
| 5,4 | 9,37 | 0,3         | 2,5 | 0,2 | 0,2 | 3,3 | 60     | 3  | 2,8 | 1,7 | 3,64 |

En el cuadro 26 se presenta el análisis de varianza correspondiente a la segunda cosecha y en él, se observa que entre las diferentes variables agroindustriales evaluadas se presentaron nuevamente diferencias significativas entre las dos variedades LAICA 03- 805 y B 89-1351 y donde la variedad LAICA 03-801 superó en todas las variables a la variedad B 89-1351.

En general entre los tratamientos de Humita 15, Humita 40, abono orgánico y el testigo no se presentaron diferencias significativas entre sí, a diferencia de la primera cosecha donde sí se presentó una respuesta positiva de estos tratamientos en la variable producción de azúcar (t/ha). En la interacción de los tratamientos con Humita y el abono orgánico, estadísticamente no se presentaron diferencias significativas entre sí en ninguna de las variables y tratamientos

En las Figuras 13 y 14 se observa las diferencias entre los tratamientos, sobresaliendo el tratamiento con Humita 15 con la variedad LAICA 03-805 y superando al tratamiento testigo con esta variedad en más de un 13% en la producción de azúcar por hectárea (t/ha), seguido del tratamiento con abono orgánico. Nuevamente el tratamiento con Humita 40 queda relegado al último lugar como ocurrió en la primera cosecha. Es necesario continuar con este estudio al menos con otra cosecha para determinar si las diferencias económicas entre los tratamientos amerita según la relación beneficio costo, aplicar estos productos al cultivo en forma comercial.

# HUMITA®-40

## ENMIENDA ORGÁNICA HÚMICA SÓLIDA

Multicorrector natural para suelos alcalinos, pobres, salinos y bloqueados



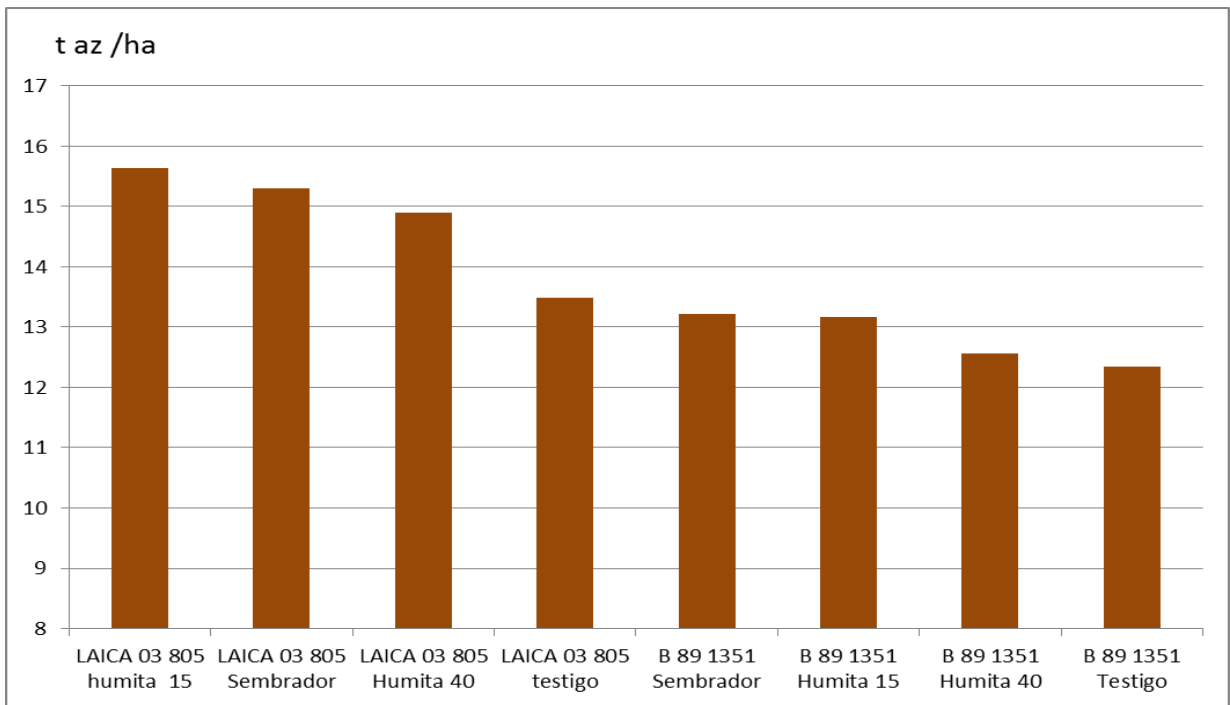
| COMPOSICIÓN GARANTIZADA     | sobre muestra total |        | s.m.s. |
|-----------------------------|---------------------|--------|--------|
|                             | polvo               | grano  |        |
| Materia Orgánica Total..... | 35,7 %              | 50,6 % | 55,0 % |
| Carbono Orgánico.....       | 15,1 %              | 21,3 % | 23,2 % |
| Extracto Húmico Total ..... | 26,0 %              | 36,8 % | 40,0 % |
| Ácidos Húmicos .....        | 19,5 %              | 27,6 % | 30,0 % |
| Ácidos Fúlvicos .....       | 6,5 %               | 9,2 %  | 10,0 % |
| Humedad máxima .....        | 35,0 %              | 8,0 %  |        |
| Densidad (Kg/l) .....       | 0,700               | 0,850  |        |

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| Nitrógeno (N) Total .....         | 2,0 %   |
| Nitrógeno (N) Orgánico .....      | 2,0 %   |
| Azufre (SO <sub>3</sub> ) .....   | 5,0 %   |
| Hierro (Fe) .....                 | 2,0 %   |
| Cinc (Zn) .....                   | 0,020 % |
| Cobre (Cu) .....                  | 0,004 % |
| Silicio (SiO <sub>2</sub> ) ..... | 24,0 %  |

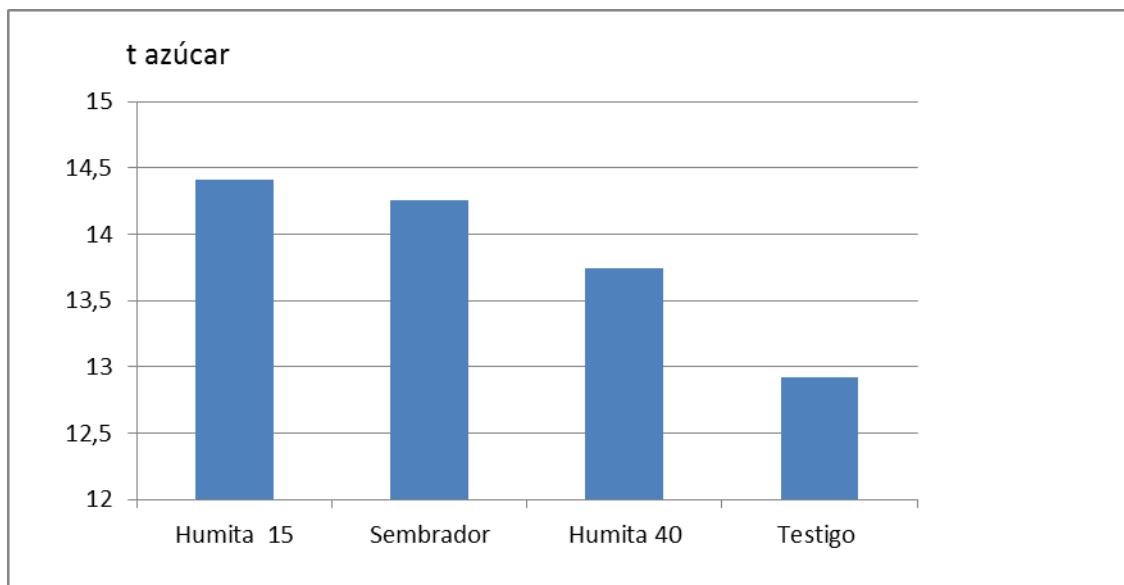
|  |      |
|--|------|
| Relación C/N (Corgánico/Norgánico) ..... | 11,6 |
| Conductividad eléctrica (dS/m) .....     | 0,5  |
| ph .....                                 | 6,0  |
| C.I.C. (meq/100 g) .....                 | 96,0 |

**Cuadro 26.**  
**Análisis de varianza del resultado de la segunda cosecha en el experimento de la**  
**evaluación de la Humita en un suelo Ultisol.**

|                        |    | % Brix        |      |                | % sacarosa |              |      | % Pureza        |      |                 | % Fibra |                  |      | Rend Ind           |      |    | t Caña /ha |    |      | t azúcar/ha |      |  |
|------------------------|----|---------------|------|----------------|------------|--------------|------|-----------------|------|-----------------|---------|------------------|------|--------------------|------|----|------------|----|------|-------------|------|--|
| Fuente Variación       | GL | CM            | P(f) | CM             | P(f)       | CM           | P(f) | CM              | P(f) | CM              | P(f)    | CM               | P(f) | CM                 | P(f) | CM | P(f)       | CM | P(f) | CM          | P(f) |  |
| Bloques                | 2  | 1,3           | 0,34 | 2,26           | 0,19       | 8,29         | 0,05 | 3,58            | 0,11 | 47,72           | 0,31    | 4.141,51         | 0    | 65,04              | 0    |    |            |    |      |             |      |  |
| Variedades             | 1  | 8,2           | 0,02 | 14,05          | 0          | 28,02        | 0    | 0,29            | 1    | 904,26          | 0       | 198,66           | 1    | 24,22              | 0,03 |    |            |    |      |             |      |  |
| Orgánicos              | 3  | 1,1           | 0,42 | 0,99           | 1          | 1,09         | 1    | 3,23            | 0,12 | 24,72           | 1       | 92,3             | 1    | 2,74               | 1    |    |            |    |      |             |      |  |
| Variedades *Orgánicos  | 3  | 1,16          | 0,4  | 1,56           | 0,31       | 1,87         | 1    | 0,68            | 1    | 71,47           | 0,18    | 15,31            | 1    | 0,53               | 1    |    |            |    |      |             |      |  |
| Error                  | 14 | 1,1           |      | 1,21           |            | 2,19         |      | 1,41            |      | 37,58           |         | 199,94           |      | 4,33               |      |    |            |    |      |             |      |  |
| total                  | 23 | 32,96         |      | 43,13          |            | 84,19        |      | 38,88           |      | 1.814,35        |         | 11.603,72        |      | 224,69             |      |    |            |    |      |             |      |  |
| % CV                   |    | 4,86          |      | 5,56           |            | 1,62         |      | 8,04            |      | 4,76            |         | 13,16            |      | 15,04              |      |    |            |    |      |             |      |  |
| <b>Variedades</b>      |    | <b>% Brix</b> | SEP  | <b>% Fibra</b> | SEP        | <b>% Sac</b> | SEP  | <b>% Pureza</b> | SEP  | <b>Rend Ind</b> | SEP     | <b>t caña/ha</b> | SEP  | <b>t azúcar/ha</b> | SEP  |    |            |    |      |             |      |  |
| B 891351               |    | 20,97         | b    | 19,01          | b          | 90,56        | b    | 14,86           |      | 122,65          | b       | 104,61           |      | 12,83              | b    |    |            |    |      |             |      |  |
| LAICA 03 805           |    | 22,14         | a    | 20,54          | a          | 92,72        | a    | 14,64           |      | 134,93          | a       | 110,36           |      | 14,84              | a    |    |            |    |      |             |      |  |
| <b>Orgánicos</b>       |    | <b>% Brix</b> | SEP  | <b>% Fibra</b> | SEP        | <b>% Sac</b> | SEP  | <b>% Pureza</b> | SEP  | <b>Rend Ind</b> | SEP     | <b>t caña/ha</b> | SEP  | <b>t azúcar/ha</b> | SEP  |    |            |    |      |             |      |  |
| Sembrador              |    | 21,92         |      | 20,2           |            | 92,16        |      | 15,7            |      | 128,46          |         | 110,92           |      | 14,26              |      |    |            |    |      |             |      |  |
| Humita 15              |    | 21,82         |      | 19,91          |            | 91,13        |      | 14,11           |      | 131,73          |         | 109,33           |      | 14,41              |      |    |            |    |      |             |      |  |
| Humita 40              |    | 21,54         |      | 19,74          |            | 91,55        |      | 14,95           |      | 127,86          |         | 107,75           |      | 13,74              |      |    |            |    |      |             |      |  |
| Testigo                |    | 20,96         |      | 19,23          |            | 91,73        |      | 14,24           |      | 127,13          |         | 101,93           |      | 12,92              |      |    |            |    |      |             |      |  |
| <b>Interacción</b>     |    | <b>% Brix</b> | SEP  | <b>% Fibra</b> | SEP        | <b>% Sac</b> | SEP  | <b>% Pureza</b> | SEP  | <b>Rend Ind</b> | SEP     | <b>t caña/ha</b> | SEP  | <b>t azúcar/ha</b> | SEP  |    |            |    |      |             |      |  |
| B 89 1351 Sembrador    |    | 21,53         |      | 19,71          |            | 91,61        |      | 15,76           |      | 124,81          |         | 105,78           |      | 13,22              |      |    |            |    |      |             |      |  |
| B 89 1351 Humita 15    |    | 21,16         |      | 19,02          |            | 89,72        |      | 14,61           |      | 122,74          |         | 107,46           |      | 13,17              |      |    |            |    |      |             |      |  |
| B 89 1351 Humita 40    |    | 20,38         |      | 18,32          |            | 89,85        |      | 14,64           |      | 118,63          |         | 106,12           |      | 12,57              |      |    |            |    |      |             |      |  |
| B 89 1351 Testigo      |    | 20,83         |      | 18,97          |            | 91,06        |      | 14,43           |      | 124,43          |         | 99,06            |      | 12,34              |      |    |            |    |      |             |      |  |
| LAICA 03 805 Sembrador |    | 22,3          |      | 20,68          |            | 92,71        |      | 15,64           |      | 132,1           |         | 116,05           |      | 15,31              |      |    |            |    |      |             |      |  |
| LAICA 03 805 Humita 15 |    | 22,48         |      | 20,8           |            | 92,54        |      | 13,6            |      | 140,71          |         | 111,21           |      | 15,64              |      |    |            |    |      |             |      |  |
| LAICA 03 805 Humita 40 |    | 22,7          |      | 21,17          |            | 93,24        |      | 15,26           |      | 137,09          |         | 109,38           |      | 14,9               |      |    |            |    |      |             |      |  |
| LAICA 03 805 Testigo   |    | 21,09         |      | 19,49          |            | 92,39        |      | 14,06           |      | 129,82          |         | 104,79           |      | 13,49              |      |    |            |    |      |             |      |  |



**Figura 13. Resultado de la producción de azúcar (t /ha) de la segunda cosecha del ensayo de Humita en un suelo Ultisol de la Región Sur.**



**Figura 14. Comportamiento general productivo de los diferentes tratamientos evaluados en este estudio.**

## **COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA RADICULAR DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN TRES PERIODOS DE DESARROLLO.**

La raíz es una parte esencial de la caña de azúcar ya que permite la absorción de nutrientes y agua y además ofrece anclaje a la planta. Su desarrollo es óptimo si las condiciones intrínsecas al medio ambiente donde esta se desarrolla lo son también, presencia de obstáculos como capas de arcillas, rocas, o niveles freáticos altos limitan en alguna medida su capacidad de exploración del suelo.

La presencia de estratos compactos limitan la penetración radicular así lo afirma Kong 1968 citado por Ávila et al 1977, en suelos arcillosos de Taiwán, se observó que el peso de los brotes decrecía cuando la densidad aparente se incrementaba a 1,57 g/ml. Presentando el peso seco una correlación negativa en relación a la densidad aparente del suelo.

La caña dispone de dos tipos de raíces que se disponen de la siguiente manera: Las raíces primordiales las cuales se originan de los meristemos radiculares de la banda de raíces en el trozo de semilla y por lo general presentan la particularidad de ser delgadas y no manifiestan polaridad ni dominancia. Estas raíces funcionan durante un periodo que termina con la germinación, desarrollo y distribución de las raíces permanentes que son el otro tipo de raíces, las cuales son emitidas por el macollamiento y además por el contrario se caracterizan por ser más gruesas, menos fibrosas, con rápido crecimiento y protegidas por la cofia que las faculta para penetrar entre las partículas de suelo.( Sánchez 1972).

Las raíces emitidas por la caña de azúcar desde su germinación hasta su desarrollo pleno presentan especialización en sus funciones, las cuales son vitales para la planta en cada etapa de crecimiento; al respecto, Lee y Weller 1927 citados por Humbert 1982 aseguran que durante el primer mes después de la siembra la planta germinada funciona casi por completo de las raíces primordiales. Posterior al primer mes y para fines del segundo hay un periodo de transición durante el cual el abastecimiento cambia de estas raíces primordiales a las raíces de los brotes .Después del tercer mes, el abastecimiento de nutrientes tiene lugar casi exclusivamente de las raíces de los brotes.

La raíz es una de las partes de la caña de azúcar menos evaluada sin embargo se han realizado algunos trabajos por diversos investigadores con el fin de conocer más a fondo esta importante estructura de la planta y tener mayor criterio para ofrecerle a la misma las mejores condiciones que permitan su pleno desarrollo en los diferentes suelos.

Paz Vergara et al 1980 citado por Amaya 1995 al evaluar el desarrollo radicular de dos variedades en sitios y en cortes diferentes, edades que variaron desde 4 hasta los 19 meses, encontraron el 85 % de las raíces en los primeros 60 cm de profundidad independientemente de la edad, la variedad y el corte. Por lo tanto la mayor proporción de raíces en la caña de azúcar en términos generales se encuentra entre los primeros centímetros en la profundidad del suelo, determinado por la función de cada grupo de raíces.

Evans (1937) citado por Humbert 1972 realizó un estudio midiendo el largo y la superficie de las raíces individuales en cada pie del suelo para tres variedades. Dividió las raíces en tres clases según su diámetro, longitud y superficie. Las clases fueron: raíces fibrosas, raíces menores de 1 mm, raíces de 1 – 2.5 mm de diámetro y raíces mayores de 2.5 mm

Sus estudios mostraron que la gran mayoría de las raíces son fibrosas, además son las más activas para la absorción y se encuentran en los primeros 30 cm de profundidad del suelo. En conclusión Evans afirma que aproximadamente el 70% de la superficie total de pelos radicales está concentrado en los primeros 30 cm de profundidad y que casi el 90 % se encuentra distribuido en forma radial, a una distancia mayor de 30 cm del centro de la planta.

## **Objetivos**

Los objetivos del siguiente trabajo fueron:

- Valorar un método de extracción, medición y clasificación de la raíz en una variedad comercial cultivada en Costa Rica.
- Ubicar y clasificar las raíces de acuerdo a su grosor y volumen a diferentes profundidades en el perfil del suelo.
- Determinar la posible relación existente entre el crecimiento radicular y el desarrollo foliar de la caña de azúcar en tres estados de crecimiento.

El estudio se efectuó en las instalaciones de la Estación Experimental de DIECA (Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar) ubicadas en la localidad de Santa Gertrudis Sur, distrito de San José, Cantón de Grecia, provincia de Alajuela. Su altitud es 1.000 msnm y se encuentra a 10°,05' y 18" latitud norte y 84°,17' y 09" longitud oeste, además presenta una precipitación media anual de 2.900 mm y una temperatura media de 23°C. Se utilizaron recipientes plásticos de 56 cm de diámetro y 90 cm de alto, los cuales se llenaron con un suelo Andisol, el cual se compacto cada 20 cm. En el siguiente Cuadro 27 se presenta el análisis químico y físico del suelo donde se desarrollaron las raíces en este estudio.

**Cuadro 27.**  
**Análisis físico - químico del suelo utilizado en el ensayo.**

|     |      | cmol(+)/l |     |      |    |     | mg/l |    |     |       | %     | %    | %       | % |
|-----|------|-----------|-----|------|----|-----|------|----|-----|-------|-------|------|---------|---|
| pH  | AL   | Ca        | Mg  | K    | P  | Zn  | Mn   | Cu | Fe  | M.ORG | Arena | Limo | Arcilla |   |
| 6,2 | 0,15 | 7,4       | 1,8 | 0,88 | 19 | 3,9 | 74   | 18 | 115 | 3,8   | 52    | 31   | 17      |   |

Se utilizaron dos recipientes (estañones) (Figura 15) por tratamiento el cual estuvo constituido por las edades de la caña de 3,6 y 9 meses, a cada tratamiento se le sembraron dos esquejes de la variedad Mex 79-431 y la semilla se obtuvo de la parte central del tallo para evitar diferencias.

Una vez alcanzada la edad de evaluación, se dividió a lo largo en porciones de suelo de 0 – 20 cm, 20 - 40 cm, 40 – 60 cm y de 60 - 80 cm y de cada una de estas porciones se lavó el

suelo para extraer y clasificar las raíces de acuerdo a su grosor: < 1 mm, 1 – 2 mm, 2 – 3 mm y >3 mm. Una vez secas las raíces se pesaron en una balanza analítica y así poder determinar el porcentaje de raíces de cada tipo ubicadas a lo largo del perfil del suelo.

También se tomaron de cada tratamiento, muestras de suelo cada 20 cm con el fin de obtener la densidad aparente y se midieron todas las hojas para determinar el área foliar y analizar la relación entre el desarrollo radicular y foliar. Antes del llenado de los recipientes el suelo se le aplicó cal dolomita a razón de 1,5 t/ha y la fertilización de las plantas a la siembra se agregó la fórmula 10-30-10 a razón de 350 kg /ha, posteriormente los tratamientos recibieron una aplicación de nitrógeno utilizando la fuente nitrato de amonio 33,5 % N en la dosis de 200 kg/ha.



**Figura 15. Desarrollo de la caña a los 3 meses en los recipientes utilizados.**



**Figura 16. Separación de las porciones de 20 cm del suelo y raíz.**

### **Raíces 3 meses.**

Las raíces a los tres meses de edad del cultivo son incipientes y no presentan una alta exploración del suelo, así se observa en el Cuadro 28 donde se aprecia que en el perfil del suelo hasta los 40 cm se encuentra más del 50 % de las mismas y si es en el grosor por lo general son delgadas con menos de 2 mm. Las pocas raíces de diámetro superiores son posiblemente las primeras raíces verdaderas que brotan de los hijos de la caña.

En los primeros 20 cm de profundidad una parte importante de las raíces en crecimiento son las raíces del esqueje referencia que hace mención Humbert 1982. La presencia de raíces finas < 1 mm a profundidades del suelo obedece al rápido crecimiento de raíces cuya función principal es la búsqueda y extracción de agua, estas raíces al topar con el fondo del recipiente se ramificaron en raicillas más finas presentándose en este extracto del suelo.

**Cuadro 28.**

**Peso seco (gr) de las raíces encontradas en cada uno de los extractos de suelo a la edad de 3 meses.**

| Extracto   | < 1mm | 1 - 2 mm | 2 - 3 mm | > 3 mm | total | %      |
|------------|-------|----------|----------|--------|-------|--------|
| 0 - 20 cm  | 10,13 | 11,25    | 4,59     | 0,92   | 26,89 | 33,66  |
| 20 - 40 cm | 4,99  | 8,91     | 3,81     | 0,00   | 17,71 | 22,17  |
| 40 - 60 cm | 6,96  | 6,30     | 0,16     | 0,00   | 13,42 | 16,80  |
| 60 - 80 cm | 16,54 | 5,07     | 0,26     | 0,00   | 21,87 | 27,37  |
| total      | 38,62 | 31,53    | 8,81     | 0,92   | 79,89 | 100,00 |
| %          | 48,35 | 39,47    | 11,03    | 1,15   |       | 100,00 |

**Raíces 6 meses.**

Con mayor desarrollo a los 6 meses las raíces se incrementan en volumen y grosor, así se observa en el Cuadro 29 donde en proporción se mantiene igual a través del perfil del suelo, pero incrementando su grosor respecto a los 3 meses. En esta edad se nota también un incremento en la cantidad de raíces finas en el último extracto evaluado (60 – 80).

También en este cuadro se observa que la mayor proporción de raíces se presentan en los primeros 40 cm, valores coincidentes con varios estudios de este tipo.

**Cuadro 29.**

**Peso seco (gr) de las raíces encontradas en cada uno de los extractos de suelo a la edad de 6 meses.**

| Extracto   | <1mm   | 1 - 2 mm | 2 - 3 mm | >3 mm | total  | %      |
|------------|--------|----------|----------|-------|--------|--------|
| 0 - 20 cm  | 42,87  | 40,83    | 11,84    | 1,27  | 96,80  | 34,21  |
| 20 - 40 cm | 20,99  | 14,54    | 15,65    | 9,82  | 61,00  | 21,56  |
| 40 - 60 cm | 17,15  | 14,21    | 17,19    | 2,02  | 50,58  | 17,87  |
| 60 - 80 cm | 27,86  | 38,79    | 3,37     | 4,55  | 74,57  | 26,36  |
| total      | 108,87 | 108,37   | 48,05    | 17,66 | 282,95 | 100,00 |
| %          | 38,48  | 38,30    | 16,98    | 6,24  |        | 100,00 |

**Raíces 9 meses.**

Las raíces en esta etapa se encuentran en pleno desarrollo así lo determinó Domínguez 1990 al evaluar dos variedades y entre ellas una variedad mexicana como la evaluada en este estudio. En el cuadro 30 se presenta el resultado de la selección, distribución y medición de las raíces encontradas en los recipientes correspondientes a la edad de los 6 meses.

La proporcionalidad de las raíces en el perfil del suelo sufre un pequeño cambio al disminuir la cantidad de raíces presentes en los primeros dos extractos del suelo de un 55,7% a un 50,3% pero incrementando la cantidad de raíces y sobre todo finas en el último extracto de suelo. Esta reducción en el extracto superior obedece posiblemente a la eliminación por parte de la planta de las raíces del esqueje al ser estas no funcionales. La cantidad de raíces se aumentó con el desarrollo del cultivo pero resulta interesante conocer en la proporcionalidad como se distribuyen las diferentes raíces en cada extracto y edad del cultivo.

**Cuadro 30.**

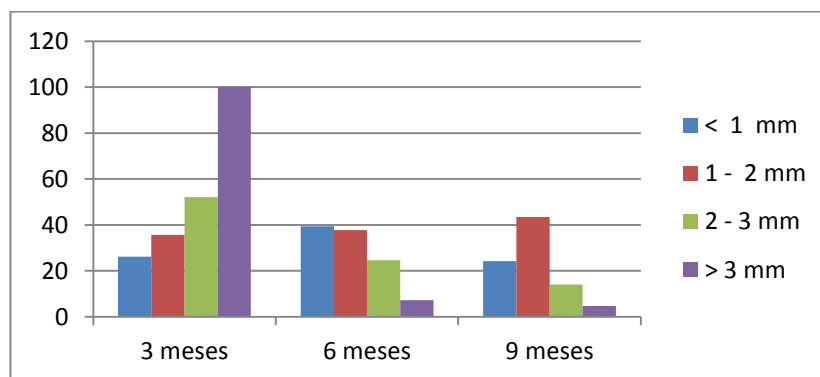
**Peso seco (gr) de las raíces encontradas en cada uno de los extractos de suelo a la edad de 9 meses.**

| Extracto   | < 1mm  | 1 - 2 mm | 2 - 3 mm | > 3 mm | total  | %      |
|------------|--------|----------|----------|--------|--------|--------|
| 0 - 20 cm  | 97,12  | 55,96    | 3,13     | 0,17   | 156,37 | 28,15  |
| 20 - 40 cm | 92,82  | 24,63    | 4,64     | 0,99   | 123,08 | 22,15  |
| 40 - 60 cm | 70,00  | 14,15    | 4,56     | 0,63   | 89,34  | 16,08  |
| 60 - 80 cm | 140,83 | 34,27    | 9,96     | 1,80   | 186,86 | 33,64  |
| total      | 400,76 | 129,01   | 22,29    | 3,59   | 555,66 | 100,02 |
| %          | 72,12  | 23,22    | 4,01     | 0,65   |        | 100,00 |

**Extracto de 0 – 20 cm**

En este extracto se encuentran la mayor cantidad de raíces, en la figura 17 se observa como a los 6 meses las raíces < 1 mm se incrementan respecto a los 3 meses para luego descender a los 9 meses. Por su parte las raíces con un grosor entre 1 – 2 mm se mantienen constantes y por el contrario las raíces con un diámetro entre 2 – 3 mm, descienden en proporción a través de los meses pasando de un 50% a los 3 meses a un 15 % aproximadamente a los 9 meses.

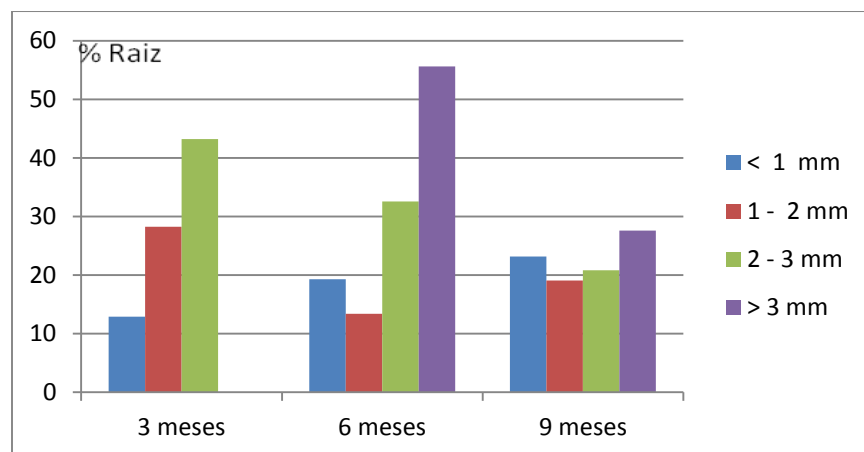
Las raíces de mayor diámetro > 3 mm disminuyen dramáticamente su proporción con la edad del cultivo. Esta disminución de las raíces de mayor grosor se da porque este tipo de raíces son típicas de formar parte de las raíces primarias del hijo de caña después de la brotación



**Figura 17. Porcentaje de raíces presentes en el extracto de 0 – 20 cm en el suelo clasificadas según su grosor.**

### Extracto de 20 – 40 cm.

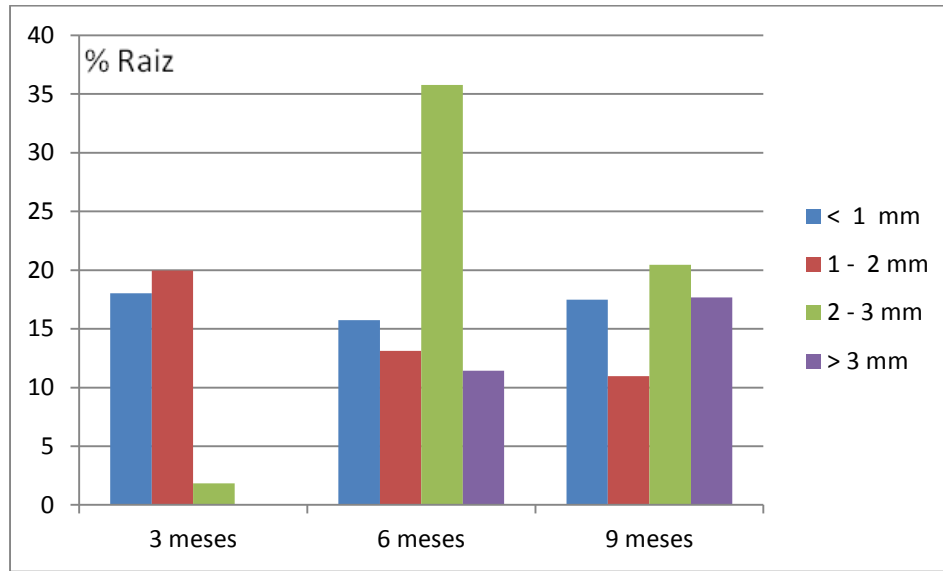
En esta porción del suelo también se encuentran una gran cantidad de raíces y en la Figura 18 se observa que las raíces menores a un 1 mm se desarrollan en forma creciente conforme pasan los meses. Las raíces cuyo diámetro se encuentra entre 1 – 2 mm en esta porción de suelo se reduce pero no tan significativamente como ocurrió con las raíces de diámetro entre 2 – 3 mm, disminuyendo en un 20 % entre los 3 y los 9 meses. Las raíces más gruesas no aparecen en este extracto a los 3 meses pero a los 3 meses después superó el 50 % del total de raíces presentes a esta profundidad del suelo.



**Figura 18. Porcentaje de raíces presentes en el extracto de 20 – 40 cm en el suelo clasificadas según su grosor.**

### Extracto de 40 – 60 cm.

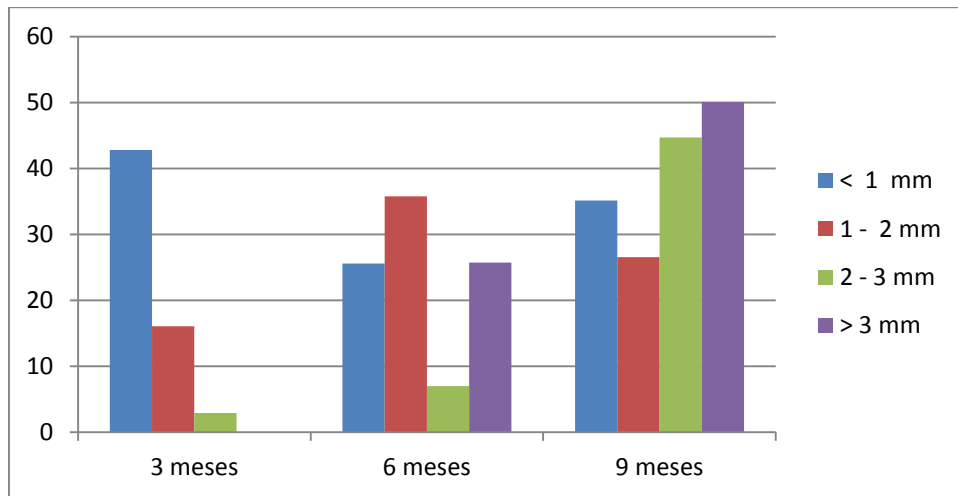
En este extracto (Figura 19.) las raíces finas < 1mm se encuentran en proporciones similares al incrementar la edad el cultivo, sin embargo las raíces de 1 -2 mm tienden a disminuir aproximadamente en un 10 % a los 9 meses. Raíces de mayor grosor 2 – 3 mm se incrementan repentinamente a los 6 meses alcanzando más de un 35 % del total de raíces en esta porción de suelo. Por otra parte las raíces gruesas a los 3 meses no se encuentran en este extracto pero aparecen después de los 6 meses entre un 10 y un 20 %.



**Figura 19. Porcentaje de raíces presentes en el extracto de 40 – 60 cm en el suelo clasificadas según su grosor.**

#### **Extracto de 60 – 80 cm.**

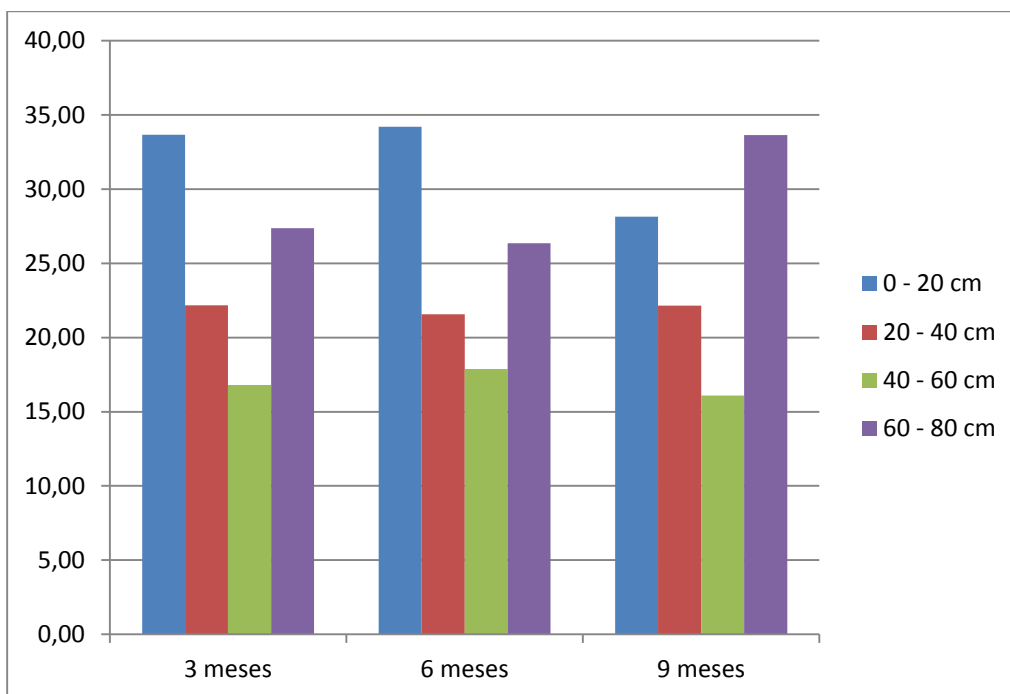
En este extracto por estar más profundo en el perfil, la presencia de raíces es inferior y como las mismas toparon con un obstáculo como lo es el fondo del recipiente, las raíces tendieron a ramificarse y proliferaron de raíces más gruesas a raíces más finas. En la Figura 20 se observa la disposición de las raíces finas < 1 mm a los 3 meses en una mayor cantidad de este tipo de raíces lo que indica que algunas raíces se profundizan rápidamente para abastecer al cultivo de anclaje y suministro de agua. Las raíces con un grosor de 1-2 mm se incrementaron a los 6 meses alcanzando un 35 % y disminuyendo levemente en la evaluación a los 9 meses. Las raíces de mayor grosor > 2 mm tendieron a crecer con el tiempo entre un 25 – 30 %.



**Figura 20. Porcentaje de raíces presentes en el extracto de 60 – 40 cm en el suelo clasificadas según su grosor.**

En la Figura 21 se presenta la proporción de raíces en cada uno de los extractos del suelo y a diferentes edades observándose que la proporción de raíces en términos generales después de los 3 meses se mantiene en los diferentes extractos del suelo, con excepción del último extracto de 60 a 80 cm.





**Figura 21. Porcentaje de raíces presentes en los diferentes extractos del suelo y en diferentes edades del cultivo.**

### **Desarrollo foliar.**

Se evaluó el área foliar de la caña en las diferentes edades del cultivo y en el cuadro 31 se observa como el peso de las hojas se aumentó con la edad pasando de un peso fresco promedio por hoja a los 3 meses de 5,09 gramos a 12,25 gramos a los 6 meses. Esto repercute de igual forma con el área foliar la cual también se incrementó con la edad, pasando de 7.570 cm<sup>2</sup> a los 3 meses a 31.389 cm<sup>2</sup> a los 6 meses. Es importante señalar que aunque la hoja de la caña crece en número y tamaño, el peso estructural de la hoja se mantiene, por lo que es factible ubicar el área foliar aproximada utilizando el parámetro peso de la hoja sin necesidad de medir cada hoja del cultivo.

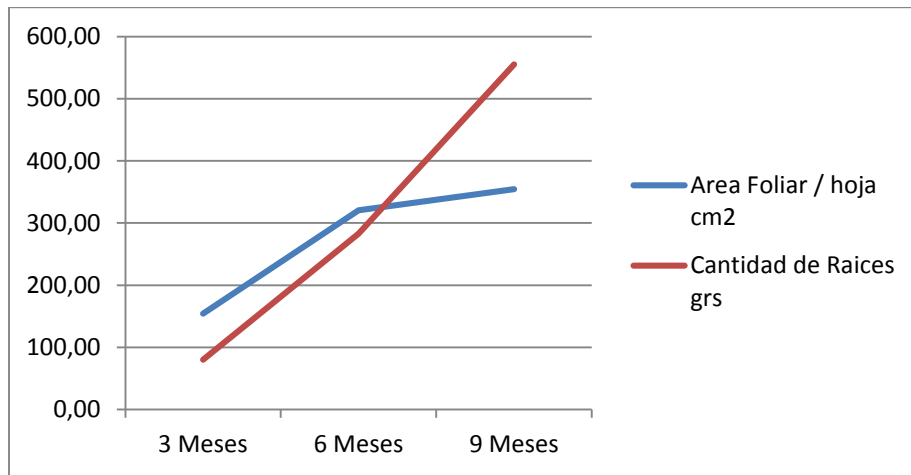
**Cuadro 31.**  
**Valores obtenidos para determinar el área foliar del cultivo en tres periodos de desarrollo.**

| Variable                           | Edad Planta |          |          |
|------------------------------------|-------------|----------|----------|
|                                    | 3 Meses     | 6 Meses  | 9 Meses  |
| Peso gr hoja                       | 5,09        | 9,43     | 12,25    |
| Area Foliar / hoja cm <sup>2</sup> | 154,03      | 320,58   | 354,61   |
| Area foliar Total cm <sup>2</sup>  | 7570,38     | 26524,00 | 31389,70 |
| Gr /cm2                            | 0,03        | 0,03     | 0,04     |
| Numero hijos                       | 8,25        | 13,00    | 10,50    |
| Peso total foliar gr               | 251,13      | 850,20   | 1166,40  |

**Cuadro 32.**  
**Relación entre el área foliar y el volumen de raíces del cultivo en tres periodos de desarrollo.**

| Variable                           | Edad Planta |         |         |
|------------------------------------|-------------|---------|---------|
|                                    | 3 Meses     | 6 Meses | 9 Meses |
| Area Foliar / hoja cm <sup>2</sup> | 154,03      | 320,58  | 354,61  |
| Cantidad de Raíces grs             | 79,89       | 282,95  | 555,66  |

En el Cuadro 32 y la Figura 22 se presentan los resultados del desarrollo radicular y foliar del cultivo en las diferentes edades evaluadas, y como es de esperar deben crecer en forma lineal, entre los 3 y 6 meses el área foliar sobrepasa al volumen de las raíces y después de los 6 meses se da un merma en el desarrollo foliar, el cual tiende a estabilizarse en su crecimiento, posiblemente debido a que a partir de esta edad la caña tiende a disminuir el desarrollo de las hojas para dar un acelerado crecimiento a los tallos molederos.



**Figura 22. Comportamiento del desarrollo foliar y el desarrollo radicular en diferentes edades del cultivo.**



## **CAMBIOS FÍSICO QUÍMICOS PROVOCADOS POR LA VINAZA EN UN SUELO VERTISOL DE GUANACASTE.**

La vinaza es un efluente de la producción de etanol y se produce en una proporción de 13:1, o sea por cada litro de etanol producido se obtienen 13 litros de vinaza, ya sea por la destilación de la melaza fermentada o por fermentación de los jugos de caña.

Los suelos mayoritariamente aplicados de vinaza en Costa Rica son precisamente los suelos Vertisoles los cuales son suelos arcillosos agrietables y muy duros en la época seca pero en la época lluviosa son pegajosos, con una alta plasticidad y baja infiltración lo que dificulta enormemente su manejo. Presentan estos suelos, además un pH ligeramente ácido en la superficie con moderados contenidos de materia orgánica, ricos en calcio y magnesio, moderados en potasio y bajos en fósforo. (CHAVEZ 1985).

Por los problemas físicos que presentan los suelos Vertisoles, la vinaza se presenta como una forma de mitigar dichos problemas al presentar esta una elevada concentración de electrolitos con un reconocido efecto floculante lo que promueve una mayor agregación y disminuyendo con esto los problemas de permeabilidad existente.

Sin embargo con el aporte de cationes por parte de la vinaza como:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{NH}_4^+$ , se incrementan los problemas de salinidad, de hecho posiblemente ya existente en estos suelos. La salinidad de los suelos se mide por la conductividad del extracto acuoso saturado lo que se expresa en mili Siemens (mS), el cual permite categorizar si es un suelo es salino. Por ejemplo se hace referencia de que un suelo se considera salino, si sus valores de conductividad eléctrica son superiores a 0,4 mS/cm y cuyo contenido de sodio es inferior a un 15 % respecto al total de iones intercambiables en el mismo. Un valor de 0,4 mS/cm se reporta como un nivel crítico de salinidad suficiente para provocar una reducción del 50% en el desarrollo de plantas de caña.

Los objetivos de la presente investigación fueron:

- Evaluar bajo condiciones controladas los cambios físicos y químicos en un suelo Vertisol provocados por las aplicaciones continuas de vinaza.
- Evaluar el efecto de los cambios físico-químicos sobre el desarrollo inicial de la caña de azúcar.

El estudio se realizó en las instalaciones de la Estación Experimental de DIECA (Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar) ubicadas en la localidad de Santa Gertrudis Sur, distrito de San José, Cantón Grecia, provincia de Alajuela. Su altitud es 1.000 msnm y se encuentra a 10°,05' y 18" latitud norte y 84°,17' y 09" longitud oeste, además presenta una precipitación anual de 2.900 mm y una temperatura media de 23°C.

El experimento se llevó a cabo en condiciones de invernadero donde se valoraron 3 dosis de vinaza: 0, 150 y 350 m<sup>3</sup>/ha con aplicaciones anuales durante 4 años. Se evaluó la densidad aparente, el pH, el porcentaje de materia orgánica, los macro y micronutrientes, la CICE, la conductividad eléctrica y la germinación y desarrollo inicial de la caña de azúcar. Los tratamientos se dispusieron en un diseño irrestricto al azar con cuatro repeticiones, establecidos en recipientes plásticos de 0,7 m de largo, 0,36 m de ancho y 0,25 m de alto para un área total de 0,25 m<sup>2</sup>, a los cuales se les depositó el suelo Vertisol de la región de Guanacaste en igual cantidad a cada recipiente, considerado como parcela experimental (Micro parcela).

La vinaza utilizada en el ensayo provino del ingenio CATSA, la cual como es característico presenta una reacción extremadamente ácida y altos contenidos de potasio, calcio y magnesio, en el Cuadro 33 se presentó el contenido nutricional de la misma.

**CUADRO 33.**  
**ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA VINAZA 2007- 2008 CATSA.**

| Determinación           | Vinaza Pura  |
|-------------------------|--------------|
| Ph                      | 4,7          |
| Conductividad Electrica | 18.5 mS / cm |
| Nitrogeno               | 555 mg / L   |
| Calcio                  | 1400 mg / L  |
| Magnesio                | 500 mg / L   |
| Potasio                 | 8200 mg / L  |
| Azufre                  | 1500 mg / L  |
| Hierro                  | 60 mg / L    |
| Calcio                  | 3 mg / L     |
| Zinc                    | ND           |
| Manganeso               | 7 mg / L     |
| Boro                    | ND           |
| Fosforo                 | 100 mg / L   |

**Análisis Laboratorio Suelos y Foliares CIA, UCR. Costa Rica.**

Las aplicaciones de la vinaza se realizaron a partir del año 2008 y en el Cuadro 34 se presentan la distribución de las mismas en el tiempo; después de cada aplicación se sembró la maleza *Rottboellia cochinchinensis* con el objetivo de mantener el suelo con plantas y expuesto a la extracción natural de nutrientes. Posterior a la última aplicación y después de un periodo de reposo los recipientes se sembraron con dos esquejes de caña para evaluar el efecto del acumulo de la vinaza sobre el crecimiento de los hijos. Con el fin de no crear distorsiones nutricionales, los tratamientos no fueron fertilizados.



Figura 23. Aplicación de vinaza en un suelo Vertisol de Guanacaste.

Cuadro 34.

Aplicaciones y dosis de vinaza aplicados en el tiempo a un suelo Vertisol.

| Fecha Aplicación                | (m <sup>3</sup> /ha) |             |
|---------------------------------|----------------------|-------------|
|                                 | Trat. 1              | Trat 2.     |
| Agosto 2009                     | 150                  | 350         |
| Enero 2010                      | 150                  | 350         |
| Agosto 2010                     | 150                  | 350         |
| Setiembre 2011                  | 150                  | 350         |
| Julio 2012                      | 150                  | 350         |
| Noviembre 2012                  | 150                  | 350         |
|                                 |                      |             |
| <b>TOTAL (m<sup>3</sup>/ha)</b> | <b>900</b>           | <b>2100</b> |



**Figura 24. Micro parcelas tratadas con vinaza en el suelo Vertisol.**

Antes de la aplicación de la vinaza se dejaba secar el suelo para facilitar la absorción de la vinaza, posteriormente se mantuvo la humedad a capacidad de campo permanente.

Después de la última aplicación de vinaza, se realizaron muestreos de suelo en los diferentes tratamientos y repeticiones, y dichas muestras se llevaron al Laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA, donde se analizaron las variables antes descritas.

En el Cuadro 35 se presenta el resultado del análisis de varianza realizado al contenido nutricional de las muestras de suelo obtenidas de las micro parcelas tratadas con las diferentes dosis de vinaza. Como se observa en dicho cuadro, se presentaron diferencias significativas y altamente significativas en algunos nutrimentos como son : calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K ) y fósforo (P) ,entre los macro elementos y entre los micro elementos zinc (Zn) y manganeso (Mn) .Por su parte el hierro (Fe) significativamente quedo fuera por una unidad .El grado de salinidad del suelo tratado por medio de la conductividad eléctrica (CE) también presento significancia estadística en el análisis de varianza.

#### **Cuadro 35.**

### Análisis de varianza de los tratamientos y variables evaluadas.

| ANdeVA     |      | PH   |      | AL   |      | Ca     |      | Mg    |      | K        |      | MO    |      |
|------------|------|------|------|------|------|--------|------|-------|------|----------|------|-------|------|
| F. DEV.    | G.L. | CM   | P(f) | CM   | P(f) | CM     | P(f) | CM    | P(f) | CM       | P(f) | CM    | P(f) |
| TRAT       | 2    | 0,07 | 0,38 | 0    | 1    | 115,48 | 0    | 14,09 | 0,01 | 855,92   | 0    | 0,01  | 1    |
| ERROR      | 9    | 0,06 |      | 0    |      | 6,69   |      | 1,86  |      | 2,04     |      | 0,11  |      |
| TOTAL [SC] | 11   | 0,7  |      | 0,01 |      | 291,18 |      | 44,95 |      | 1.730,18 |      | 0,98  |      |
| C.V. (%)   |      | 3,6  |      | 21,4 |      | 14,85  |      | 17,98 |      | 12,28    |      | 62,93 |      |
| DMS        |      | 0    |      | 0    |      | 5,11   |      | 2,7   |      | 2,82     |      | 2,82  |      |

| ANdeVA     |      | P      |      | Zn    |      | Mn        |      | Cu    |      | Fe       |      | C.E    |      |
|------------|------|--------|------|-------|------|-----------|------|-------|------|----------|------|--------|------|
| F. DEV.    | G.L. | CM     | P(f) | CM    | P(f) | CM        | P(f) | CM    | P(f) | CM       | P(f) | CM     | P(f) |
| TRAT       | 2    | 278,58 | 0,01 | 18,98 | 0,03 | 8.821,75  | 0    | 1,58  | 1    | 397,58   | 0,06 | 262,35 | 0    |
| ERROR      | 9    | 32,83  |      | 3,64  |      | 451,06    |      | 2,39  |      | 99,53    |      | 1,19   |      |
| TOTAL [SC] | 11   | 852,67 |      | 70,69 |      | 21.703,00 |      | 24,67 |      | 1.690,92 |      | 535,38 |      |
| C.V. (%)   |      | 39,98  |      | 57,94 |      | 38,27     |      | 27,28 |      | 48,86    |      | 12,82  |      |
| DMS        |      | 11,32  |      | 3,77  |      | 41,95     |      | 41,95 |      | 41,95    |      | 2,15   |      |

En el cuadro 36 se presenta el comportamiento del pH y el aluminio intercambiable en las muestras de suelo aplicadas con las diferentes dosis de vinaza, ambos como se observa prácticamente no sufrieron ningún cambio relevante entre los suelos tratados y a pesar de ser la vinaza muy ácida esta no influyo acidificando el suelo como era de esperar.

Con estos resultados varias investigaciones confirman que al ser la materia orgánica proveniente de la vinaza en gran parte coloidal esta forma complejos con el aluminio intercambiable provocando un aumento del pH.

Los cationes intercambiables Ca y Mg se encontraron en cantidades apropiadas, así lo muestran los niveles críticos para estos cationes. Cantidades adecuadas de estos cationes, es sinónimo de una alta fertilidad natural típico en suelos ricos en arcillas 2:1 como los Vertisoles. Sin embargo a pesar de aportar la vinaza cantidades importantes de estos elementos, estos no variaron en forma significativa al aplicar 150 m<sup>3</sup> de vinaza por hectárea, pero ambos elementos disminuyeron en forma significativa al aumentar la dosis a 350 m<sup>3</sup>/ha. Esta disminución en la disponibilidad de estos elementos posiblemente se

debió al desbalance catiónico provocado por el incremento del potasio en el suelo gracias a las altas dosis de vinaza aplicadas y a su riqueza en este importante elemento.

El potasio es uno de los nutrimentos más importantes para la caña de azúcar y por este motivo es absorbido en grandes cantidades (1,7 kg/t caña), por lo tanto es de esperar bajos contenidos en suelos explotados por muchos años por este cultivo. Como se observa en el Cuadro 36, el Potasio paso de una notable deficiencia en el suelo (0,18 mg/l) a una alta concentración (28,1 mg /l) como ocurrió con la dosis de 350 m<sup>3</sup> de vinaza/ha.

**Cuadro 36.**  
**Valores de acidez y contenido de bases cambiables en el suelo aplicado con vinaza.**

| Dosis Vinaza            | pH   | cmol(+)/l |         |        |           |
|-------------------------|------|-----------|---------|--------|-----------|
|                         |      | AL        | Ca      | Mg     | K         |
| 0 m <sup>3</sup> / ha   | 7,05 | 0,13      | 20,33 a | 8,95 a | 0,18 c    |
| 150 m <sup>3</sup> / ha | 7,05 | 0,14      | 20,73 a | 8,38 a | 6,59 b    |
| 350 m <sup>3</sup> / ha | 6,83 | 0,13      | 11,23 b | 5,45 b | 28,1 a    |
| Nivel Critico           |      | 0,3       | 4 - 20  | 1 - 10 | 0,2 - 1,5 |

En el Cuadro 37 se presentan las relaciones catiónicas de los tratamientos evaluados y en él se observa que en la relación Ca/Mg los valores se mantuvieron en el rango permitido (2 -5). Sin embargo en las relaciones Ca/K y Mg/K, pasaron de presentar una insuficiencia de potasio respecto a las cantidades de calcio y magnesio presentes en el suelo a cantidades insuficientes de calcio y magnesio respecto a las cantidades excesivas de potasio aportadas por las altas dosis de vinaza. La magnitud de este desbalance catiónico se observa más claramente cuando en la relación Ca+ Mg/K se aprecia la desproporción existente antes de la aplicación de la vinaza y manteniéndose esta después de la aplicación de la vinaza con cualquiera de las dosis evaluadas.

El resultado de esta situación es una posible indisponibilidad de los cationes a causa del equilibrio catiónico que debe existir para evitar las deficiencias provocada por la escasa absorción de estos cationes tan importantes para el cultivo.

**Cuadro 37.**  
**Cambio en las relaciones catiónicas en las diferentes dosis de vinaza.**

| TRATAMIENTO                    | Ca / Mg     | Ca / K        | Mg / K          | Ca +Mg /K      |
|--------------------------------|-------------|---------------|-----------------|----------------|
| 0 m <sup>3</sup> vinaza / ha   | 2,27        | 126,75        | 55,56           | 162,66         |
| 150 m <sup>3</sup> vinaza / ha | 2,50        | 3,17          | 1,28            | 4,41           |
| 350 m <sup>3</sup> vinaza / ha | 2,09        | 0,40          | 0,19            | 0,59           |
| <b>Nivel Crítico</b>           | <b>2 -5</b> | <b>5 - 25</b> | <b>2,5 - 15</b> | <b>10 - 40</b> |

El fósforo por su parte es uno de los nutrientes deficitarios en los suelos Vertisoles, así se deja ver en el tratamiento sin vinaza (Cuadro 38), al presentar valores de 4,7 mg/l, valores que fueron en incremento significativo al aumentar las cantidades de vinaza como se observa en el Cuadro 38. En el caso del zinc también se presentaron incrementos significativos con este nutriente entre el tratamiento sin vinaza y la aplicación de 350 m<sup>3</sup> /ha. ALFARO 1996.

El manganeso a pesar de no encontrarse en grandes cantidades en la vinaza como sucede con otros nutrientes, este elemento presentó un incremento significativo al aumentar las dosis de vinaza, pasando de 2,25 mg/l a un alto valor de 91 mg /l. El Cobre no sufrió por su parte cambios importantes en el suelo, situación esperada en virtud de que este elemento. GIRON 2008 hace referencia a que la materia orgánica, puede adsorber a algunos metales pesados y acomplejarlos como el cobre, dejándolos no disponibles.

El hierro fue otro nutriente que no se encontró en cantidades importantes en la vinaza pero sin embargo como se observa en el Cuadro 38, este elemento se incrementó aunque no significativamente en más de un 100% con la dosis de 150 m<sup>3</sup>/ha, disminuyendo de nuevo con la dosis máxima de vinaza de 350 m<sup>3</sup>.

En el cuadro 39 se presentan los cambios provocados en el suelo respecto a la conductividad eléctrica (CE), % de materia orgánica y densidad aparente (DA) por las diferentes dosis de vinaza.

**Cuadro 38.**  
**Contenido de fósforo y micro elementos en los diferentes tratamientos.**

| Dosis Vinaza            | mg/l    |         |         |        |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|--------|---------|
|                         | P       | Zn      | Mn      | Cu     | Fe      |
| 0 m <sup>3</sup> / ha   | 4,75 b  | 1,05 b  | 2,25 b  | 5,75   | 13,00   |
| 150 m <sup>3</sup> / ha | 20,00 a | 3,43 ab | 73,25 a | 5,00   | 31,75   |
| 350 m <sup>3</sup> / ha | 18,25 a | 5,40 a  | 91,00 a | 6,25   | 16,50   |
| Nivel Critico           | 10 - 40 | 3 - 15  | 5 -50   | 1 - 20 | 10 - 50 |

Como se indicó con el aporte de sales solubles por parte de la vinaza los suelos tienden a presentar una alta salinidad, la cual afecta al cultivo y su productividad. La conductividad eléctrica es un parámetro para medir el grado de salinidad de los suelos, el resultado de dicha medición presento valores de conductividad eléctrica muy superiores al nivel crítico de 0,4 mS/cm, en esta variable demostrando con ello el poder de salinización que presenta la vinaza y que obliga a tomar medidas al respecto cuando se aplican altas cantidades y continuas de vinaza en el campo de cultivo.

**Cuadro 39.**  
**Otras variables evaluadas a los suelos tratados con vinaza.**

| Dosis Vinaza            | CE(mS /cm) | % MO | D.A (gr/cm <sup>3</sup> ) | CICE   |
|-------------------------|------------|------|---------------------------|--------|
| 0 m <sup>3</sup> / ha   | 0,29 c     | 0,47 | 1,31                      | 29,59  |
| 150 m <sup>3</sup> / ha | 8,72 b     | 0,52 | 1,21                      | 35,84  |
| 350 m <sup>3</sup> / ha | 16,49 a    | 0,57 | 1,21                      | 44,91  |
| Nivel Critico           | 0,4        |      |                           | 5 - 25 |

Respecto al contenido de la materia orgánica, esta no sufrió cambios importantes como se observa en el Cuadro 39, aumentando con la dosis máxima de vinaza en un 0,1 %.

La densidad aparente también sufrió un cambio, importante en un suelo Vertisol porque la disminución en  $0,10 \text{ gr/cm}^3$  representa una mayor aireación, infiltración y percolación en suelos como los Vertisoles con serios problemas físicos. Un dato importante y de difícil apreciación en el campo es que los suelos tratados con la vinaza y en proporción al incremento en la dosis crecieron en volumen (12%) respecto al testigo sin vinaza, una posible causa de este comportamiento es que se debe a la alta cantidad de potasio el cual pasa a incorporarse (fijarse) entre las capas de arcillas expandibles 2:1 típicas en estos suelos.

Con el objetivo de evaluar el efecto del acumulo de vinaza sobre el crecimiento inicial de la caña de azúcar se sembraron dos esquejes de 3 yemas en cada micro parcela tratada con vinaza y los resultados se presentan en el Cuadro 40, donde en el análisis de varianza expresa diferencias altamente significativas en cada uno de los brotes germinados en cada tratamiento.

Como se observa es evidente un retraso en la germinación de los brotes de la caña de azúcar al incrementarse las dosis de vinaza posiblemente por efecto de la alta salinidad presente en las micro parcelas aplicadas. En la Figura 25 se observa el pobre desarrollo y el síntoma visible de la afección mencionada.

**Cuadro 40.**

**Análisis de varianza y medias obtenidas de la altura en cm de los brotes emergidos de los esquejes sembrados en los suelos tratados con diferentes dosis de vinaza.**

| ANDEVA       | G.L. | Brote 1 |      | Brote 2 |      | Brote 3  |      | Brote 4  |      |
|--------------|------|---------|------|---------|------|----------|------|----------|------|
|              |      | CM      | P(f) | CM      | P(f) | CM       | P(f) | CM       | P(f) |
| F. Varianza  |      |         |      |         |      |          |      |          |      |
| Tratamientos | 2    | 288,72  | 0    | 306,1   | 0    | 406,43   | 0    | 508,72   | 0    |
| Error        | 15   | 15,79   |      | 16,16   |      | 17,8     |      | 8,12     |      |
| Total SC     | 17   | 814,24  |      | 854,57  |      | 1.079,90 |      | 1.139,28 |      |
| CV %         |      | 20,94   |      | 30,47   |      | 51,84    |      | 48,4     |      |
| DMS          |      | 4,86    |      | 4,92    |      | 5,16     |      | 3,49     |      |
| Dosis Vinaza |      | MEDIAS  | SEP  | MEDIAS  | SEP  | MEDIAS   | SEP  | MEDIAS   | SEP  |
| 0 m3 / ha    |      | 25,58   | a    | 21,08   | a    | 17,58    | a    | 16,5     | a    |
| 150 m3 / ha  |      | 19,58   | b    | 11,33   | b    | 4,33     | b    | 1,17     | b    |
| 350 m3 / ha  |      | 11,75   | c    | 7,17    | b    | 2,5      | b    | 0        | b    |



**Figura 25. Sintomatología presente en las plantas afectadas por la aplicación continua de vinaza.**

**EFFECTO DEL PENETRANTE DE SUELO (ROOTPLEX) EN LA EFECTIVIDAD DE VARIOS  
HERBICIDAS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE *Rottboellia cochinchinensis*  
A DISTINTAS PROFUNDIDADES EN EL PERFIL DEL SUELO.**

Las semillas de la maleza **Rottboellia cochinchinensis** después de ser depositadas en el suelo son expuestas a su incorporación por parte de la maquinaria en las labores habituales del cultivo, la mayoría de los herbicidas de acción pre emergente utilizados para el control de esta perniciosa maleza presentan dificultad de penetrar en el perfil del suelo y ubicarse al alcance de las plantas al germinar. Existen en el mercado de los agroquímicos algunos adyuvantes que tienen la capacidad de arrastrar rápidamente las moléculas de los herbicidas en el perfil del suelo, mejorando con ello su accionar y este es el caso del coadyuvante **Rootplex**, el cual según su fabricante y distribuidor le otorgan dicha cualidad. Por este motivo el objetivo del presente estudio fue valorar la capacidad del **Rootplex** como agente penetrante del suelo en arrastrar un herbicida pre emergente en el perfil del suelo en condiciones de invernadero.

El experimento se estableció en un invernadero de 102 m<sup>2</sup> ubicado en las instalaciones de DIECA en Santa Gertrudis Sur del cantón de Grecia, Alajuela. El mismo se encuentra ubicado a 10° 05' 18' Latitud Norte y 84° 17' 09' Longitud Oeste, a una altitud de 1.000 msnm, una temperatura media 23 °C.

La semilla de *Rottboellia* fue recolectada del campo y previo a su siembra se realizaron pruebas de germinación para conocer de antemano su viabilidad. Cada unidad experimental estuvo constituida por una caja plástica de 70 cm de largo, 36 cm de ancho y 25 cm de alto para un área de 0,2552 m<sup>2</sup>. En cada una de estas cajas se depositó una capa de 2 cm de arena para permitir un mejor drenaje y evitar la sobresaturación, posteriormente se colocó una capa compacta de suelo de 20 cm de profundidad.

En cada caja se marcaron 5 hileras de siembra y se depositaron 5 semillas por hilera a diferentes profundidades 2, 4, 6, 8 y 10 cm y se sembraron tres cajas por tratamiento. La aplicación de los herbicidas se realizó, utilizando una bomba de espalda prevista de un

regulador de presión de 2,7 Bar (40 lbs Psi) y una boquilla marca TeeJet DG 8003 calibrada para una descarga de agua de 416 litros por hectárea.

Los tratamientos se detallan en los Cuadros 41 y 42 y para la evaluación se contabilizaron las plantas germinadas por hilera y se obtuvo el porcentaje de germinación. De acuerdo a los resultados, es posible observar que en general la semilla depositada a una profundidad de 2 cm la germinación de la semilla no se vio afectada por el herbicida.

A partir de los 10 cm el herbicida actuó más drásticamente sobre la germinación de las plantas tanto cuando este se aplicó solo como en presencia del coadyuvante. Pareciera que el coadyuvante en una de las repeticiones ayudo al herbicida pero no presento la contundencia esperada.

**Cuadro 41.**  
**Porcentaje de germinación de la semilla de *Rottboellia cochinchinensis* en cada profundidad de siembra y tratada con y sin Rootplex.**

| TRATAMIENTOS                              | % GERMINACION |      |      |      |       |
|---|---------------|------|------|------|-------|
| PROF. DE LAS SEMILLAS                     | 2 cm          | 4 cm | 6 cm | 8 cm | 10 cm |
| DIURON 80 WG 3 kg/ha                      | 100           | 100  | 100  | 100  | 40    |
|   | 100           | 100  | 100  | 100  | 0     |
|   | 100           | 100  | 40   | 20   | 0     |
| DIURON 80 WG 3 kg/ha +<br>ROOTPLEX 1 l/ha | 100           | 100  | 100  | 100  | 40    |
|   | 60            | 80   | 100  | 80   | 40    |
|   | 100           | 80   | 80   | 100  | 40    |
| TESTIGO ABSOLUTO                          | 100           | 100  | 100  | 80   | 100   |
|   | 100           | 100  | 100  | 100  | 60    |
|   | 100           | 100  | 100  | 100  | 100   |

En el cuadro 42, se presenta el resultado de una segunda evaluación utilizando los coadyuvantes Rootplex y Agrex RP y los herbicidas Hexazinona 75 WG y Pendimetalina 50 EC.

Como se observa en dicho cuadro tanto los adyuvantes Rootplex y Agrex RP no incrementaron el poder de penetración de los herbicidas en el perfil del suelo como si lo hizo el herbicida Pendimetalina, cualidad observada tanto en el suelo como sobre el rastrojo.

**Cuadro 42.**  
**Resultado de la evaluación de Rooplex y Agrex RP como penetrantes de dos herbicidas en el perfil del suelo en condiciones de invernadero.**

| TRATAMIENTOS                                 | Promedio % germinación |      |      |      |       |
|--|------------------------|------|------|------|-------|
|  | 2 cm                   | 4 cm | 6 cm | 8 cm | 10 cm |
| Hexazinona 75 WP 0,8 kg/ha                   | 6,6                    | 53,3 | 93,3 | 86,6 | 93,3  |
| Hexazinona 75 WP 0,8 kg/ha + ROOTPLEX 1 l/ha | 20                     | 53,3 | 86,6 | 93,3 | 93,3  |
| Hexazinona + AGREX RP                        | 20                     | 40   | 86,6 | 86,6 | 100   |
| Pendimetalina 3 L/ ha                        | 0                      | 0    | 0    | 0    | 0     |
| TESTIGO ABSOLUTO                             | 100                    | 100  | 100  | 100  | 100   |

## **EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA DE CUATRO VARIEDADES COMERCIALES DE CAÑA DE AZÚCAR A SEIS HERBICIDAS POST EMERGENTES EN LA REGIÓN SUR (Tercera Cosecha).**

Los herbicidas son aplicados al cultivo de la caña de azúcar con la finalidad de protegerlo de las malas hierbas que compiten con él por luz, agua y nutrientes. Sin embargo aunque muchos de ellos son selectivos al cultivo algunas moléculas tienden a afectar seriamente a algunas variedades de caña que presentan susceptibilidad a algunos herbicidas.

La susceptibilidad de una determinada variedad a un herbicida puede manifestarse en síntomas visibles (quema, clorosis, decoloración etc), pero también puede no presentar ningún síntoma y afectar la productividad del cultivo. El lograr tener la variedad idónea, adaptada a las condiciones agroclimáticas del entorno donde se desarrolla la actividad es sumamente difícil por el costo y tiempo que esto representa, por lo que resultaría paradójico tener que cambiar la variedad por el simple hecho que se ve afectada por uno o varios herbicidas. Por tal motivo resulta imprescindible conocer cual o cuales herbicidas afectan a las variedades comerciales de caña que se cultivan en la Región Sur.

El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento productivo de las variedades comerciales de la Región Sur con cada uno de los herbicidas que componen las principales mezclas de esta Región.

El ensayo se estableció en finca "El Porvenir" en San Pedro de Pérez Zeledón y las variedades seleccionadas fueron : LAICA 03-805, Q-96, B 89-1351 y LAICA 04-825 y los herbicidas evaluados fueron Diuron 80 WG (4 kg/ha), Ametrina 50 SC (6 kg/ha), Terbutrina 80 WG (4 kg/ha), Hexazinona 75 WP ( 0,6 kg/ ha), MSMA 72 SL ( 2 l/ha) Triclopir ( 1 l/ha ) y un tratamiento testigo sin aplicación, a partir de esta segunda soca se realizó un cambio en los tratamientos, aplicándose en vez de herbicidas individuales mezclas como las indicadas en el Cuadro 43. En este cuadro se observa como las parcelas tratadas con los herbicidas individuales, fueron sustituidas por las mezclas indicadas en este cuadro. El diseño utilizado se mantiene en bloques completos al azar con tres repeticiones.

Las variedades se sembraron en parcelas de 5 surcos de 5 metros y cada uno de las mezclas se aplicaron con bomba de espalda, utilizando una boquilla AI 110 03 para una descarga de 460 l/ha, dirigiendo la aplicación al follaje de la caña cuando esta tenía aproximadamente 2 – 3 meses de edad posterior a la cosecha.

En el Cuadro 44 se presenta en resultado del análisis de varianza a las variables productivas de la tercera cosecha y se observa en el mismo, que se presentaron diferencias significativas en todas las variables agroindustriales al igual que en la cosecha anterior. Respecto a los herbicidas aplicados no se presentaron diferencias significativas ni en las interacciones con las variedades en ninguna de las variables agroindustriales.

**Cuadro 43.**  
**Mezclas de herbicidas aplicados a las diferentes parcelas del ensayo.**

|             |  |
|-------------|--|
| MSMA        | HEXAZINONA 75 WG 0.5 KG + MSMA 72 SL 1 L   |
| HEXAZINONA: | HEXAZINONA 75 WG 0.5 KG + DIURON 80 WG 2 KG + TRICLOPYR 48 EC 0.5 L + WK 1 CC/L        |
| TRICLOPYR   | HEXAZINONA 75 WG 0,5 kg + DIURON 80 WG 2 kg + 2,4-D 60 SL 2 L + WK 1 cc / l            |
| DIURON      | DIURON 80 WG 2 kg / ha + TERBUTRINA 80 WG 2 KG/HA + TRICLOPYR 48 EC 0,5 L + WK 1 cc /L |
| TERBUTRINA  | DIURON 80 WG 2kg + TERBUTRINA 80 WG 2 KG + 2,4-D 60 SL + WK 1cc/l                      |
| AMETRINA    | DIURON 80 WG 2 kg + AMETRINA 50 SC 3 L + TRICLOPYR 48 EC 0,5 L+ COSMO IN 1 CC/L        |

Cuadro. 44.

**Análisis de Varianza aplicado a los tratamientos en la evaluación de la tolerancia varietal a diferentes mezclas de herbicidas en la Region. Sur. (Tercera Cosecha).**

| ANDeVA                 |      | % Brix    |      | % Pol     |      | % pureza  |      | % Fibra   |      | Kg az/t   |      | t caña/ha |      | t az/ha   |      |
|------------------------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|
| F. DE V.               | G.L. | CM        | P(f) | CM        | P(f) | CM        | P(f) | CM        | P(f) | CM        | P(f) | CM        | P(f) | CM        | P(f) |
| BLOQUES                | 2    | 19,19     | 0    | 14,18     | 0    | 302,21    | 0    | 7,87      | 0    | 331,34    | 0    | 851,76    | 0,01 | 7,11      | 0,14 |
| VARIEDAD               | 3    | 1,25      | 0,32 | 2,4       | 0,08 | 38,49     | 0,03 | 0,16      | 1    | 109,98    | 0,08 | 3.162,87  | 0    | 48,97     | 0    |
| HERBICIDA              | 6    | 0,66      | 1    | 0,69      | 1    | 7,4       | 1    | 0,81      | 0,13 | 15,21     | 1    | 226,68    | 0,28 | 3,62      | 0,4  |
| VAR*HERB               | 18   | 1,17      | 0,36 | 0,83      | 1    | 12,77     | 0,45 | 0,44      | 1    | 38,43     | 1    | 98,3      | 1    | 1,58      | 1    |
| ERROR                  | 54   | 1,05      |      | 0,99      |      | 12,5      |      | 0,46      |      | 45,84     |      | 175,69    |      | 3,44      |      |
| TOTAL [SC]             | 83   | 123,83    |      | 108,31    |      | 1.668,85  |      | 54,11     |      | 4.250,88  |      | 23.808,94 |      | 397,26    |      |
| CV%                    |      | 4,59      |      | 5,1       |      | 3,99      |      | 4,77      |      | 5,1       |      | 16,16     |      | 17,1      |      |
| Variedades             |      | FACTOR A  | SEP  | FACTOR A  | SEP  | FACTOR A  | SEP  | FACTOR A  | SEP  | FACTOR A  | SEP  | FACTOR A  | SEP  | FACTOR A  | SEP  |
| B 891351               |      | 22,23     |      | 19,24     |      | 87,45     | a    | 14,19     |      | 130,67    |      | 84,34     | ab   | 11,03     | ab   |
| LAICA 03805            |      | 22,21     |      | 19,75     |      | 90,35     | a    | 14,38     |      | 133,9     |      | 89,97     | a    | 12,01     | a    |
| LAICA 04825            |      | 22,18     |      | 19,3      |      | 87,57     | a    | 14,27     |      | 130,73    |      | 89,7      | ab   | 11,72     | ab   |
| Q 96                   |      | 22,69     |      | 19,93     |      | 88,88     | a    | 14,35     |      | 135,21    |      | 64,01     | b    | 8,65      | b    |
| Herbicidas             |      | FACTOR B  | SEP  | FACTOR B  | SEP  | FACTOR B  | SEP  | FACTOR B  | SEP  | FACTOR B  | SEP  | FACTOR B  | SEP  | FACTOR B  | SEP  |
| Ametrina               |      | 22,18     |      | 19,58     |      | 89,05     |      | 14,4      |      | 133,35    |      | 76        |      | 10,16     |      |
| diuron                 |      | 22,19     |      | 19,28     |      | 87,56     |      | 14,08     |      | 131,44    |      | 82,07     |      | 10,78     |      |
| Hexazinona             |      | 22,43     |      | 19,59     |      | 88,09     |      | 14,17     |      | 133,18    |      | 82,02     |      | 10,89     |      |
| MSMA                   |      | 22,11     |      | 19,44     |      | 89,22     |      | 14,18     |      | 132,69    |      | 81        |      | 10,71     |      |
| Terbutrina             |      | 22,73     |      | 19,99     |      | 89,59     |      | 14,83     |      | 134,38    |      | 82,73     |      | 11,11     |      |
| Testigo                |      | 22,15     |      | 19,33     |      | 87,71     |      | 14,11     |      | 131,19    |      | 79,8      |      | 10,44     |      |
| Triclopir              |      | 22,51     |      | 19,66     |      | 88,73     |      | 14,3      |      | 132,17    |      | 90,42     |      | 11,89     |      |
| Variedad Herbicida     |      | INTER A*B | SEP  | INTER A*B | SEP  | INTER A*B | SEP  | INTER A*B | SEP  | INTER A*B | SEP  | INTER A*B | SEP  | INTER A*B | SEP  |
| B 891351 Ametrina      |      | 21,83     |      | 18,8      |      | 84,71     |      | 13,92     |      | 128,15    |      | 80,62     |      | 10,33     |      |
| B 891351 Diuron        |      | 22,73     |      | 19,49     |      | 89,24     |      | 14,43     |      | 131,4     |      | 80        |      | 10,51     |      |
| B 891351 Hexazinona    |      | 22,8      |      | 20,01     |      | 89,78     |      | 14,48     |      | 137,65    |      | 83,11     |      | 11,44     |      |
| B 891351 MSMA          |      | 21,47     |      | 18,7      |      | 87,97     |      | 13,69     |      | 127,61    |      | 81,51     |      | 10,44     |      |
| B 891351 Terbutrina    |      | 22,68     |      | 19,68     |      | 88,87     |      | 14,73     |      | 133,31    |      | 86,49     |      | 11,54     |      |
| B 891351 Testigo       |      | 21,76     |      | 18,83     |      | 86,29     |      | 13,94     |      | 126,57    |      | 81,78     |      | 10,4      |      |
| B 891351 Triclopir     |      | 22,36     |      | 19,13     |      | 85,3      |      | 14,1      |      | 130,03    |      | 96,89     |      | 12,56     |      |
| Interacción            |      |           |      |           |      |           |      |           |      |           |      |           |      |           |      |
| LAICA 03805 Ametrina   |      | 22,84     |      | 20,14     |      | 91,74     |      | 14,83     |      | 136,07    |      | 89,15     |      | 12,16     |      |
| LAICA 03805 Diuron     |      | 21,34     |      | 18,83     |      | 86,77     |      | 13,55     |      | 128,91    |      | 94,49     |      | 12,2      |      |
| LAICA 03805 Hexazinona |      | 21,58     |      | 19,04     |      | 89,08     |      | 13,68     |      | 131,02    |      | 90,13     |      | 11,72     |      |
| LAICA 03805 MSMA       |      | 22,56     |      | 20,28     |      | 91,1      |      | 14,64     |      | 137,63    |      | 87,82     |      | 12,08     |      |
| LAICA 03805 Terbutrina |      | 22,77     |      | 20,19     |      | 91,04     |      | 14,98     |      | 135,6     |      | 90,4      |      | 12,26     |      |
| LAICA 03 805 Testigo   |      | 22,27     |      | 19,99     |      | 92,07     |      | 14,54     |      | 136,5     |      | 78,49     |      | 10,7      |      |
| LAICA 03805 Triclopir  |      | 22,09     |      | 19,75     |      | 90,62     |      | 14,43     |      | 131,58    |      | 99,29     |      | 12,98     |      |
| Interacción            |      |           |      |           |      |           |      |           |      |           |      |           |      |           |      |
| LAICA 04825 Ametrina   |      | 21,13     |      | 19,35     |      | 90,05     |      | 14,55     |      | 132,88    |      | 78,22     |      | 10,49     |      |
| LAICA 04825 Diuron     |      | 22,16     |      | 19,15     |      | 87,32     |      | 14,34     |      | 130,26    |      | 96        |      | 12,53     |      |
| LAICA 04825 Hexazinona |      | 22,44     |      | 19,72     |      | 87,85     |      | 14,27     |      | 133,06    |      | 95,29     |      | 12,61     |      |
| LAICA 04825 MSMA       |      | 21,21     |      | 18,32     |      | 87,55     |      | 13,61     |      | 125,55    |      | 93,33     |      | 11,7      |      |
| LAICA 04825 Terbutrina |      | 23,3      |      | 20,17     |      | 88,88     |      | 14,89     |      | 134,27    |      | 85,78     |      | 11,52     |      |
| LAICA 04825 Testigo    |      | 22,38     |      | 18,79     |      | 83,69     |      | 13,85     |      | 127,38    |      | 84,44     |      | 10,71     |      |
| LAICA 04825 Triclopir  |      | 22,67     |      | 19,62     |      | 87,66     |      | 14,37     |      | 131,7     |      | 94,84     |      | 12,48     |      |
| Interacción            |      |           |      |           |      |           |      |           |      |           |      |           |      |           |      |
| Q 96 Ametrina          |      | 22,94     |      | 20,04     |      | 89,68     |      | 14,31     |      | 136,3     |      | 56        |      | 7,65      |      |
| Q 96 Diuron            |      | 22,51     |      | 19,63     |      | 86,92     |      | 14,02     |      | 135,18    |      | 57,78     |      | 7,86      |      |
| Q 96 Hexazinona        |      | 22,89     |      | 19,6      |      | 85,63     |      | 14,24     |      | 130,99    |      | 59,56     |      | 7,8       |      |
| Q 96 MSMA              |      | 23,2      |      | 20,46     |      | 90,25     |      | 14,79     |      | 139,96    |      | 61,33     |      | 8,61      |      |
| Q 96 Terbutrina        |      | 22,18     |      | 19,92     |      | 89,55     |      | 14,7      |      | 134,35    |      | 68,27     |      | 9,12      |      |
| Q 96 Testigo           |      | 22,2      |      | 19,71     |      | 88,77     |      | 14,1      |      | 134,32    |      | 74,49     |      | 9,96      |      |
| Q 96 Triclopir         |      | 22,93     |      | 20,13     |      | 91,33     |      | 14,29     |      | 135,37    |      | 70,67     |      | 9,53      |      |

Como se observa en el Cuadro 45, y Figura 27 la mezcla que más afecto a todas las variedades fue Diuron + Ametrina + Triclopir con una baja reducción en el tonelaje de caña de un 3,8%, las demás mezclas no afectaron a las variedades, sobresaliendo por el contrario que se logró un incremento en la producción de caña de hasta un 10% con la mezcla Hexazinona + Diuron + 2,4 -D.

Entre las variedades las más afectadas por las mezclas de herbicidas fue Q-96 con una reducción del 12,22%, las demás variedades prácticamente no fueron afectadas por las mezclas de herbicidas.

**Cuadro 45.**  
**Diferencia porcentual respecto al testigo en las toneladas de caña /ha obtenida con la aplicación de las mezclas de herbicidas a las variedades comerciales en la tercera cosecha en la Región Sur.**

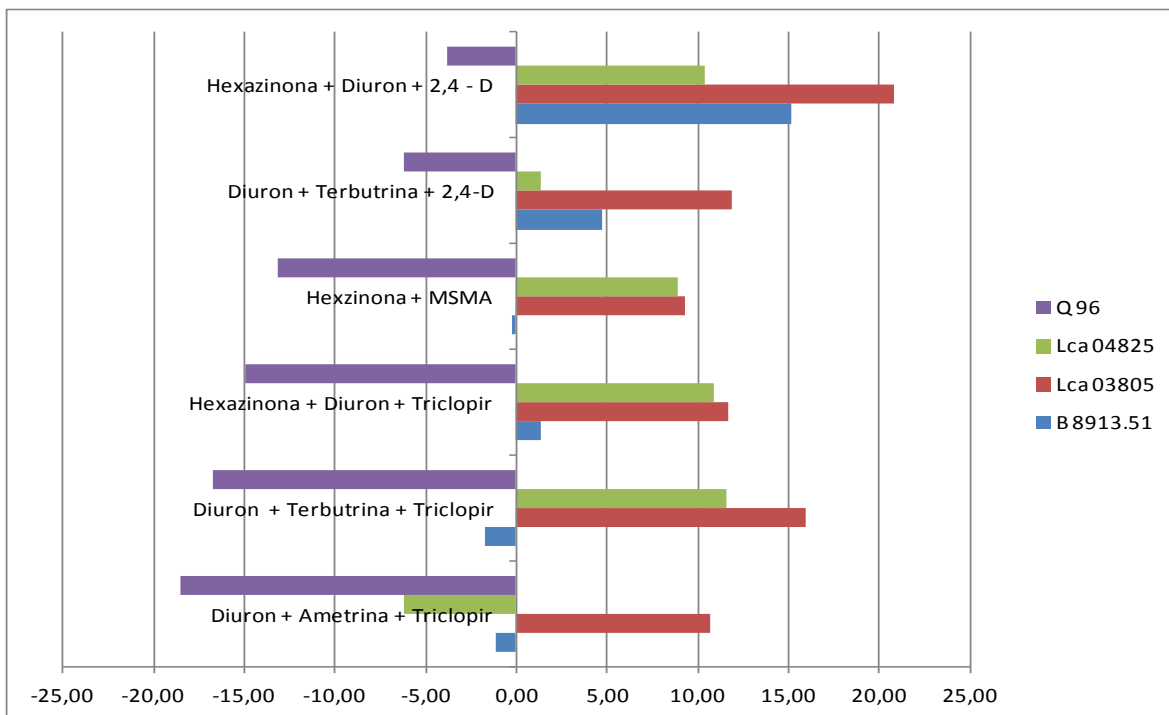
| t caña / ha                     | B 8913.51 | Lca 03805 | Lca 04825 | Q 96   | Promedio |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|----------|
| Diuron + Ametrina + Triclopir   | -1,16     | 10,66     | -6,22     | -18,49 | -3,80    |
| Diuron + Terbutrina + Triclopir | -1,78     | 16,00     | 11,56     | -16,71 | 2,27     |
| Hexazinona + Diuron + Triclopir | 1,33      | 11,64     | 10,85     | -14,93 | 2,22     |
| Hexazinona + MSMA               | -0,27     | 9,33      | 8,89      | -13,16 | 1,20     |
| Diuron + Terbutrina + 2,4-D     | 4,71      | 11,91     | 1,34      | -6,22  | 2,94     |
| Hexazinona + Diuron + 2,4 - D   | 15,11     | 20,80     | 10,40     | -3,82  | 10,62    |
| <b>Promedio</b>                 | 2,99      | 13,39     | 6,14      | -12,22 |          |

Con estos resultados preliminares es posible concluir que la variedad Q-96 es muy susceptible a los herbicidas en general por lo que se utilizar la mezcla Hexazinona + Diuron + 2,4-D, la cual fue la que menos impacto productivo le provocó a esta variedad. Contrariamente la variedad menos afectada por los herbicidas fue LAICA 03-805 la cual respondió en forma positiva a todas las mezclas.

Por ser la primera vez que se realiza la aplicación de mezclas en estas variedades, es necesario continuar aplicando dichas mezclas para obtener con cosechas sucesivas mejores conclusiones al respecto.



**Figura 26.** Aplicación de las mezclas a las diferentes parcelas del ensayo.



**Figura 27.** Diferencias porcentual en la producción de caña (t/ha) respecto al testigo provocado por las diferentes mezclas de herbicidas aplicadas al estudio.

**EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA DE TRES VARIEDADES COMERCIALES DE CAÑA DE AZÚCAR A SEIS HERBICIDAS POST EMERGENTES Y SUS MEZCLAS EN LA REGIÓN NORTE. (Segunda Cosecha).**

La región norte cuenta también con una cantidad importante de variedades de caña adaptadas a las diferentes condiciones de suelo y microclimas de la región, sin embargo algunas de ellas se ven afectadas variablemente a la aplicación de algunos herbicidas.

Estas diferencias por lo general son detectables pero no cuantificables en los rendimientos agroindustriales que nos indiquen de acuerdo al grado de afectación poder suprimir el o los herbicidas aplicados a una variedad determinada.

Por este motivo y bajo los mismos principios y metodología aplicada en la región sur se estableció este ensayo en esta región específicamente en una finca del Ingenio Quebrada Azul, la precipitación media es de 2.526,3 mm anuales y una temperatura media anual de 27,9 C.

Las variedades seleccionadas para el ensayo fueron: B 76-385, LAICA 01-604, LAICA 96-02 y PR 80-2068 y los herbicidas evaluados fueron Diurón 80 WG ( 4 kg/ha), Ametrina 80 WG (4 kg/ha ), Terbutrina 80 WG (4 kg/ha), Hexazinona 75 WP ( 0,6 kg/ ha), MSMA 72 SL ( 2 l/ ha), Triclopir 48 EC ( 1 l/ha ) y un tratamiento testigo sin aplicación.

Las variedades se sembraron en parcelas de 4 surcos de 6 metros y cada uno de los herbicidas se aplicó con bomba de espalda, utilizando una boquilla AI 11003 para una descarga de 368 l/ha dirigiendo la aplicación al follaje de la caña cuando esta tenía aproximadamente 2 – 3 meses de edad. Las dosis de los herbicidas se duplicaron para que se manifieste su fitotoxicidad y se acumule el producto en la planta.

El diseño experimental utilizado fue un bloques completos al azar con tres repeticiones y se analizó en arreglo factorial  $4^7$ . En dicho cuadro se presentan las variables agroindustriales analizadas después de la cosecha de las parcelas en estudio y tratadas con los diferentes herbicidas.

En el Cuadro 46 se presenta el análisis de varianza de los tratamientos evaluados en todas las variables agroindustriales, como se aprecia en dicho cuadro entre las variedades se encontró diferencias significativas en todas las variables y según la prueba de medias la variedad de mayor producción de azúcar (kg/ha) fue la variedad PR 80-2038, la cual supero al tratamiento testigo en más de 3 toneladas de azúcar por hectárea.

Entre los herbicidas aplicados el tratamiento testigo fue el que presento la mayor producción de azúcar (t/ha), sin presentar en la prueba de medias diferencias significativas con los demás tratamientos, excepto con el herbicida Triclopir 48 EC el cual si afecto severamente la producción en esta variable. Respecto a la interacción herbicida –variedad se presentaron diferencias en la variable industrial donde la acción del herbicida no influyo directamente quedando supeditadas estas diferencias al aspecto genético.



Cuadro 46.

**Análisis de varianza aplicado a los tratamientos en la evaluación de la tolerancia varietal a diferentes mezclas de herbicidas en la Región Norte segunda cosecha.**

| F var                          | GL | %Brix     | PF   | % Sac     | PF  | % Pureza  | PF   | % Fibra   | PF  | Rend ind  | PF   | t caña /ha | PF   | t az/ha   | PF   |
|--------------------------------|----|-----------|------|-----------|-----|-----------|------|-----------|-----|-----------|------|------------|------|-----------|------|
| Bloques                        | 2  | 0,11      | 0,3  | 0,05      | 1   | 0,33      | 1    | 0,00      | 1   | 1,42      | 1    | 2,725,41   | 0    | 39,99     | 0    |
| <b>Variedades</b>              | 3  | 6,51      | 0    | 8,77      | 0   | 48,91     | 0    | 5,51      | 0   | 497,52    | 0    | 1,212,92   | 0,01 | 27,3      | 0    |
| <b>Herbicidas</b>              | 6  | 1,34      | 0    | 1,34      | 0   | 4,37      | 0,01 | 2,39      | 0   | 66,25     | 0    | 522,95     | 0,07 | 11,42     | 0,01 |
| <b>Variedades*Herbicidas</b>   | 18 | 2,03      | 0    | 3,14      | 0   | 16,23     | 0    | 1,06      | 0   | 184,63    | 0    | 327,84     | 0,23 | 6,45      | 0,06 |
| ERROR                          | 54 | 0,09      |      | 0,07      |     | 1,29      |      | 0,01      |     | 4,19      |      | 253,66     |      | 3,73      |      |
| total                          | 83 | 69,04     |      | 94,55     |     | 535,25    |      | 50,67     |     | 5,442,43  |      | 31,826,17  |      | 548,23    |      |
| CV %                           |    | 1,49      |      | 1,44      |     | 1,26      |      | 0,80      |     | 1,75      |      | 9,60       |      | 9,6       |      |
| <b>Variedades</b>              |    | FACTOR A  | SEP  | FACTOR A  | SEP | FACTOR A  | SEP  | FACTOR A  | SEP | FACTOR A  | SEP  | FACTOR A   | SEP  | FACTOR A  | SEP  |
| B 76385                        |    | 19,59     | ab   | 17,26     | ab  | 88,09     | ab   | 14,8      | ab  | 110,41    | ab   | 173,68     | a    | 19,91     | ab   |
| LAICA 01 604                   |    | 20,64     | a    | 18,7      | a   | 90,55     | ab   | 15,41     | a   | 118,98    | ab   | 164,13     | ab   | 20,34     | ab   |
| LAICA 96 02                    |    | 19,43     | ab   | 17,76     | ab  | 91,36     | a    | 14,67     | ab  | 115,87    | ab   | 156,05     | b    | 18,77     | b    |
| PR 802038                      |    | 20,16     | ab   | 18,41     | ab  | 91,27     | ab   | 14,17     | ab  | 121,76    | a    | 169,45     | ab   | 21,53     | a    |
| <b>Herbicidas</b>              |    | FACTOR B  | SEP  | FACTOR B  | SEP | FACTOR B  | SEP  | FACTOR B  | SEP | FACTOR B  | SEP  | FACTOR B   | SEP  | FACTOR B  | SEP  |
| Ametrina                       |    | 20        | ab   | 18,03     | bc  | 90,12     | ab   | 14,51     | ab  | 117,47    | bc   | 169,63     |      | 20,72     | ab   |
| Diuron                         |    | 20,13     | ab   | 18,18     | ab  | 90,3      | ab   | 14,99     | ab  | 117,05    | b    | 166,83     |      | 20,23     | ab   |
| Hexazinona                     |    | 19,88     | bc   | 18,18     | ab  | 91,62     | a    | 15,51     | a   | 115,81    | bc   | 165,93     |      | 20        | ab   |
| MSMA                           |    | 19,51     | ab   | 17,57     | c   | 89,85     | ab   | 14,22     | ab  | 115,39    | bc   | 161,44     |      | 19,37     | ab   |
| Terbutrina                     |    | 19,7      | ab   | 17,73     | bc  | 89,94     | ab   | 15,08     | ab  | 113,62    | c    | 171,83     |      | 20,32     | ab   |
| Testigo                        |    | 20,56     | a    | 18,59     | a   | 90,35     | ab   | 14,51     | ab  | 121,22    | a    | 171,76     |      | 21,69     | a    |
| Triclopir                      |    | 19,91     | ab   | 17,94     | bc  | 90,03     | ab   | 14,51     | ab  | 116,75    | bc   | 153,36     |      | 18,62     | b    |
| <b>Variedades * Herbicidas</b> |    | INTER A*B | SEP  | INTER A*B | SEP | INTER A*B | SEP  | INTER A*B | SEP | INTER A*B | SEP  | INTER A*B  | SEP  | INTER A*B | SEP  |
| B 76385 - Ametrina             |    | 19,75     | ABab | 17,53     | Bbc | 88,75     | Aab  | 14,78     | Ac  | 112,57    | Bbc  | 171,3      |      | 20,06     |      |
| B 76 385 - Diuron              |    | 19,6      | Bab  | 16,85     | Bc  | 85,99     | Bb   | 15,66     | Aa  | 103,89    | Bde  | 188,61     |      | 20,41     |      |
| B 76 385 - Hezaxinona          |    | 19,5      | BCb  | 16,93     | Bbc | 86,84     | Cb   | 14,83     | Cc  | 107,42    | Bcd  | 174,35     |      | 19,51     |      |
| B 76 385 - Msma                |    | 20,5      | Aa   | 18,62     | Aa  | 90,83     | Aa   | 14,74     | Ac  | 120,97    | Aa   | 156,48     |      | 19,72     |      |
| B 76 385 Terbutrina            |    | 18,3      | Cc   | 15,95     | Cd  | 87,16     | Bab  | 15,24     | Bb  | 100,17    | Ce   | 181,94     |      | 18,98     |      |
| B 76 385 - Testigo             |    | 19,65     | Bab  | 17,2      | Bbc | 87,52     | Bab  | 14,11     | Cd  | 111,81    | Bbc  | 167,87     |      | 19,49     |      |
| B 76 385 - Triclopyr           |    | 19,8      | Aab  | 17,74     | Bb  | 89,56     | Aab  | 14,26     | Cd  | 116,03    | ABab | 175,19     |      | 21,17     |      |
| LAICA 01 604 - Ametrina        |    | 20,5      | Aab  | 18,5      | Ab  | 90,24     | Aa   | 14,88     | Ad  | 119,35    | Ab   | 164,26     |      | 20,42     |      |
| LAICA 01 604 - Diuron          |    | 20,6      | Aab  | 18,77     | Aab | 91,11     | Aa   | 15,46     | Ac  | 119,6     | Aab  | 174,26     |      | 21,72     |      |
| LAICA 01 604 - Hexazinona      |    | 20,9      | Aa   | 18,69     | Aab | 89,41     | BCa  | 15,98     | Ab  | 116,27    | Ab   | 161,48     |      | 19,55     |      |
| LAICA 01 604 - Msma            |    | 20,7      | Aab  | 18,94     | Aab | 91,5      | Aa   | 13,97     | Be  | 126,16    | Aa   | 153,89     |      | 20,22     |      |
| LAICA 01 604 - Terbutrina      |    | 20,7      | Aab  | 18,68     | Aab | 90,23     | ABa  | 16,56     | Aa  | 114,72    | Bb   | 170,65     |      | 20,39     |      |
| LAICA 01 604 - Testigo         |    | 21,2      | Aa   | 19,37     | Aa  | 91,35     | Aa   | 15,56     | Ac  | 123,25    | Aab  | 166,3      |      | 21,37     |      |
| LAICA 01 604 - Triclopyr       |    | 19,9      | Ab   | 17,92     | ABb | 90,01     | Aa   | 15,47     | Ac  | 113,54    | Bb   | 158,06     |      | 18,71     |      |
| LAICA 96 02 - Ametrina         |    | 19,35     | Bbc  | 17,53     | Bc  | 90,53     | Ab   | 14,04     | Bcd | 115,99    | ABb  | 168,8      |      | 20,28     |      |
| LAICA 96 02 - Diuron           |    | 20,3      | ABab | 18,76     | Aa  | 92,39     | Ab   | 14,95     | Bb  | 122,06    | Aab  | 140,74     |      | 17,89     |      |
| LAICA 96 02 - Hexazinona       |    | 18,9      | Cc   | 18,43     | Aab | 97,83     | Aa   | 15,89     | Aa  | 119,44    | Aab  | 160,37     |      | 19,96     |      |
| LAICA 96 02 - Msma             |    | 16,8      | Bd   | 14,41     | Bd  | 85,79     | Bc   | 14,37     | Ac  | 92,06     | Bc   | 165,56     |      | 15,88     |      |
| LAICA 96 02 - Terbutrina       |    | 19,5      | Bbc  | 17,68     | Bbc | 90,68     | ABb  | 14,88     | Bb  | 114,33    | Bb   | 155,46     |      | 18,51     |      |
| LAICA 96 02 - Testigo          |    | 20,8      | Aa   | 18,81     | Aa  | 90,45     | ABb  | 13,79     | Cd  | 125,27    | Aa   | 166,67     |      | 21,75     |      |
| PR 80 2068 - Triclopyr         |    | 20,35     | Aab  | 18,7      | Aa  | 91,85     | Ab   | 14,77     | Bb  | 121,95    | Aab  | 134,72     |      | 17,1      |      |
| PR 80 2068 - Ametrina          |    | 20,4      | Aab  | 18,56     | Aa  | 90,96     | Aab  | 14,34     | Bb  | 121,99    | Aab  | 174,17     |      | 22,13     |      |
| PR 80 2068 - Diuron            |    | 20        | ABab | 18,34     | Aa  | 91,72     | Aab  | 13,88     | Cc  | 122,63    | Aa   | 163,71     |      | 20,91     |      |
| PR 80 2068 - Hexazinona        |    | 20,2      | ABab | 18,67     | Aa  | 92,41     | Ba   | 15,35     | Ba  | 120,1     | Aab  | 167,5      |      | 20,96     |      |
| PR 80 2068 - Msma              |    | 20,05     | Aab  | 18,3      | Aa  | 91,3      | Aab  | 13,81     | Bc  | 122,35    | Aa   | 169,82     |      | 21,65     |      |
| PR 802068 - Terbutrina         |    | 20,3      | ABab | 18,61     | Aa  | 91,68     | Aab  | 13,63     | Cc  | 125,24    | Aa   | 179,26     |      | 23,39     |      |
| PR 80 2068 - Testigo           |    | 20,6      | ABa  | 18,97     | Aa  | 92,1      | Aab  | 14,6      | Bb  | 124,53    | Aa   | 186,21     |      | 24,16     |      |
| PR 80 2068 - Triclopyr         |    | 19,6      | Ab   | 17,39     | Bb  | 88,7      | Ab   | 13,55     | Dc  | 115,47    | ABb  | 145,46     |      | 17,5      |      |

A pesar de no presentarse diferencias significativas en la producción de caña en el Cuadro 46 se presenta el porcentaje diferenciado respecto al testigo en esta variable, observándose que entre los herbicidas el Triclopir fue el herbicida que más afecto a las variedades estudiadas y entre las variedades las más afectadas fueron LAICA 01-604 y PR 80-2038.

La variedad menos afectada productivamente fue B 76-385, y el herbicida que menos afecto a las variedades en general fue Diuron.

**Cuadro 47.**

**Diferencia porcentual respecto al testigo en las toneladas de caña / ha, obtenida con la aplicación de los herbicidas a las variedades en la segunda cosecha en la Región Norte.**

| HERBICIDAS                  | VARIETADES COMERCIALES |             |             |            | Promedio % |
|-----------------------------|------------------------|-------------|-------------|------------|------------|
|                             | B 76 385               | LAICA 01604 | LAICA 96 02 | PR 80 2038 |            |
|                             | %TM/Ha                 | %TM/Ha      | %TM/Ha      | %TM/Ha     |            |
| DIURON 80 WG (4KG/HA)       | 7,31                   | -0,72       | -2,61       | -1,53      | 0,61       |
| AMETRINA 80 WG (6 KG/HA)    | -1,11                  | -5,51       | -3,50       | 0,44       | -2,42      |
| TERBUTRINA 80 WG (4KG/HA)   | -3,38                  | -4,66       | 0,65        | -1,75      | -2,29      |
| HEXAZINONA 75 WP (0,6KG/HA) | 6,18                   | -3,39       | -5,61       | -3,77      | -1,65      |
| MSMA 72 SL(2LT/HA)          | 0,93                   | -4,66       | -1,20       | -2,63      | -1,89      |
| TRICLOPIR 48 EC (1.5 LT/HA) | 3,65                   | -13,78      | -9,97       | -13,38     | -8,37      |
| TESTIGO                     | 208,15                 | 218,33      | 184,91      | 211,11     |            |
| Promedio %                  | 1,94                   | -4,68       | -3,18       | -3,23      |            |

## **EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA DE TRES VARIEDADES COMERCIALES DE CAÑA DE AZÚCAR A HERBICIDAS POST EMERGENTES EN LA REGIÓN DEL VALLE CENTRAL (Primera Cosecha).**

Al igual que en el resto de las regiones cañeras las variedades de caña cambian obedeciendo a su capacidad productiva, y a su capacidad de adaptación a las diversas condiciones agroclimáticas imperantes en esta regiones.

Los herbicidas utilizados en general y sus mezclas no cambian por este motivo resulta importante evaluar el efecto fitotóxico que puedan provocar estos herbicidas sobre estas variedades. El primer objetivo planteado fue el de evaluar el efecto de los herbicidas individualmente para obtener información al respecto y que permita poder estructurar mejor las mezclas de herbicidas evitando con ello los perjuicios en la producción. Posteriormente después de dos cosechas se aplicaron mezclas de los herbicidas con sus respectivos coadyuvantes para de nuevo medir dicho efecto positivo o negativo en cada una de las variedades.

En la Región del Valle Central existe diferentes variedades comerciales sin embargo se seleccionaron para el estudio las variedades Mex 79- 431, RB 86-7515 y SP 78- 4764 por su área de cultivo y además por su proyección a futuro. Los herbicidas evaluados fueron Diuron 80 WG (2 kg/ha), Ametrina 80 WG (3 kg/ha), Terbutrina 80 WG (3 kg/ha), Hexazinona 75 WP ( 0,5 kg/ha), M.S.M.A 72 SL ( 1,5 l/ha), 2,4-D ( 2 l/ha ) y un tratamiento testigo sin aplicación .

Las variedades se sembraron en parcelas de 4 surcos de 6 metros y cada uno de los herbicidas se aplicaron con una bomba de espalda utilizando una boquilla AI 11003 para una descarga de 368 l/ha, dirigiendo la aplicación al follaje de la caña cuando esta tenía aproximadamente 2 – 3 meses de edad. Las dosis de los herbicidas aplicadas fueron las comúnmente aplicadas en mezcla.

El diseño experimental utilizado fue de un bloques completos al azar con tres repeticiones y se analizó en arreglo factorial 4<sup>7</sup>.

En el Cuadro 48 se presenta el resultado del análisis de varianza de la variable producción de caña (t/ha) únicamente ante la dificultad de obtener las variables industriales por motivos fuera de nuestro control. Como se observa en dicho cuadro se presentaron diferencias significativas entre las variedades donde la variedad RB 86-7515 sobresalió ampliamente a las otras variedades del estudio.

Respecto al efecto de los herbicidas, no se presentaron diferencias significativas entre ellos, pero en la interacción variedades y herbicidas si se presentaron diferencias significativas. En el Cuadro 49 se presenta la diferencia porcentual en la producción de caña respecto al testigo entre variedades y herbicidas. El herbicida M.S.M.A fue el que más afectó la producción de caña en un 11,57 % menos que el tratamiento testigo.

Entre las variedades la más afectada fue RB 86 75-15 con una reducción de un 17,89 % en las toneladas de caña por hectárea, a diferencia de la variedad Mex 79-431, la cual por el contrario incrementó su producción en más de un 10%, sin embargo a esta variedad el herbicida Terbutrina le disminuyó en más de un 12% la producción de caña.

La variedad RB 86 75-15 fue la más afectada por todos los herbicidas en general, pero el que menos la afectó fue Terbutrina con una disminución de un 3,26 %. Por otra parte en la variedad SP 78-4764 el herbicida que más la afectó fue M.S.M.A con una disminución de 29,74% en la producción de caña.

Resulta evidente el efecto varietal en el comportamiento ante los herbicidas comúnmente utilizados, por este motivo esta información parcial ayuda a tomar las decisiones más adecuadas en el momento de decidir que herbicidas utilizar en las plantaciones comerciales de esta variedades. Ante esto es necesario continuar por más cosechas en este y los otros experimentos establecidos en otras regiones cañeras del país.

Cuadro 48.

Análisis de varianza del resultado en la producción de caña (t/ha) en la primera cosecha

| Fuente de Variación            | G.L. | T Caña / ha      | P(f)       |
|--------------------------------|------|------------------|------------|
| Bloques                        | 2    | 3.433,88         | 0          |
| Variedades                     | 2    | 16.040,19        | 0          |
| Herbicidas                     | 6    | 772,38           | 0,17       |
| Var vs Herb                    | 12   | 1.468,03         | 0          |
| Error                          | 40   | 481,33           |            |
| Total                          | 62   | 80.451,90        |            |
| % CV                           |      | 14,11            |            |
| <b>Variedades</b>              |      | <b>FACTOR A</b>  | <b>SEP</b> |
| Mex 79 431                     |      | 139,95           | b          |
| RB 86-7515                     |      | 187,45           | a          |
| SP 78-4764                     |      | 139,22           | b          |
| <b>Herbicidas</b>              |      | <b>FACTOR B</b>  | <b>SEP</b> |
| 2,4-D                          |      | 159,81           |            |
| AMETRINA                       |      | 158,18           |            |
| DIURON                         |      | 153,4            |            |
| HEXAZINONA                     |      | 159,84           |            |
| MSMA                           |      | 135,53           |            |
| TERBUTRINA                     |      | 159,23           |            |
| TESTIGO                        |      | 162,78           |            |
| <b>Variedades * Herbicidas</b> |      | <b>INTER A*B</b> | <b>SEP</b> |
| MEX 79-431 * 2, 4 D            |      | 145,83           | Aa         |
| MEX 79-431* Ametrina           |      | 138,06           | Aa         |
| MEX 79-431 * 2, 4 D            |      | 160,28           | Aa         |
| MEX 79-431 * Hexazinona        |      | 161,39           | Aa         |
| MEX 79-431 * MSMA              |      | 133,33           | ABa        |
| MEX 79-431 *Terbutrina         |      | 112,68           | Ba         |
| MEX 79-431 * Testigo           |      | 128,06           | Ba         |
| RB 86-7515 * 2,4-D             |      | 174,72           | Aa         |
| RB 86-7515 * Ametrina          |      | 183,06           | Aa         |
| RB 86-7515 * Diuron            |      | 157,78           | Aa         |
| RB 86-7515 * Hexazinona        |      | 185,37           | Aa         |
| RB 86-7515 * MSMA              |      | 175,65           | Aa         |
| RB 86-7515 * Terbutrina        |      | 214,17           | Aa         |
| RB 86-7515 * Testigo           |      | 221,39           | Aa         |
| SP 78-4764 * 2,4-D             |      | 158,89           | Aa         |
| SP 78-4764 * Ametrina          |      | 153,43           | Aa         |
| SP 78-4764 * Diuron            |      | 142,13           | Aa         |
| SP 78-4764 * Hexazinona        |      | 132,78           | Aa         |
| SP 78-4764 * MSMA              |      | 97,59            | Ba         |
| SP 78-4764 * Terbutrina        |      | 150,83           | ABa        |
| SP 78-4764 * Testigo           |      | 138,89           | Ba         |

Letras mayúsculas agrupan en el sentido del primer factor

**Cuadro 49.**

**Diferencia porcentual respecto al testigo en las toneladas de caña / ha obtenida con la aplicación de los herbicidas a las variedades comerciales en la primera cosecha en la Región Valle Central.**

| HERBICIDAS                   | VARIETADES COMERCIALES |               |               | Promedio % |
|------------------------------|------------------------|---------------|---------------|------------|
|                              | Mex 79 431             | RB 86 7515    | SP 78 4764    |            |
|                              | % TM/Ha                | % TM/Ha       | % TM/Ha       |            |
| DIURON 80 WG (2 KG/HA)       | 25,16                  | -28,73        | 2,33          | -0,31      |
| AMETRINA 80 WG (3 KG/HA)     | 7,81                   | -17,31        | 10,47         | 0,24       |
| TERBUTRINA 80 WG (3 KG/HA)   | -12,01                 | -3,26         | 8,60          | -1,67      |
| HEXAZINONA 75 WP (0,5 KG/HA) | 26,03                  | -16,27        | -4,40         | 1,34       |
| MSMA 72 SL (1.5 LT/HA)       | 4,12                   | -20,66        | -29,74        | -11,57     |
| 2,4 -D (2 LT/HA)             | 13,88                  | -21,08        | 14,40         | 1,80       |
| <b>TESTIGO</b>               | <b>128,06</b>          | <b>221,39</b> | <b>138,89</b> |            |
| <b>Promedio %</b>            | <b>10,83</b>           | <b>-17,89</b> | <b>0,28</b>   |            |



**RESPUESTA DE LA CAÑA DE AZÚCAR A DIFERENTES DOSIS DE ABONO ORGÁNICO Y  
FERTILIZANTE QUÍMICO EN LA REGIÓN NORTE, FINCA “LA OLGA”, CUTRIS  
(Primera Cosecha).**

La producción de residuos orgánicos producidos durante el periodo de Zafra por parte del Ingenio Cutris supera las 7.000 toneladas que son aplicadas en el campo a la caña de azúcar como fertilizante orgánico. La utilización del abono orgánico conlleva dos objetivos primordiales como son el disponer de los efluentes sin contaminar el medio ambiente y reincorporar a los suelos nutrientes que eventualmente fueron extraídos por el cultivo.

A pesar de que se dispone de la materia prima para fabricar el abono orgánico existe el inconveniente de su alto costo de transporte y aplicación en el cultivo por lo que es necesario valorar desde una perspectiva técnico – económica su uso. Por este motivo se plantea como objetivo de este estudio evaluar el efecto en la producción de la caña de azúcar la combinación de diferentes dosis de abono orgánico y fertilizantes químicos convencionales.

El estudio se estableció en finca del Ingenio Cutris, San Carlos, Alajuela a una altitud 70 msnm, una temperatura media anual 25,7 °C, y una precipitación media anual de 2.750,50 mm. En el Cuadro 50 se presenta el análisis de suelo realizado al sitio donde se estableció este estudio y en él se observa: una alta acidez del suelo, bajos contenidos de bases cambiables (Ca, Mg, K), bajos contenidos de fósforo y zinc y el contenido de materia orgánica es relativamente bajo como para permitir una amplia respuesta productiva a la aplicación del abono orgánico.

**Cuadro 50.**  
**Resultado del análisis químico del suelo extraído del sitio del estudio.**

|     | cmoles / l |     |     |      |   | mg / l |    |    |    |      |
|-----|------------|-----|-----|------|---|--------|----|----|----|------|
| pH  | AL         | Ca  | Mg  | K    | P | Zn     | Mn | Cu | Fe | % MO |
| 4,8 | 0,65       | 1,7 | 0,6 | 0,18 | 5 | 1,6    | 71 | 10 | 89 | 3,55 |

En el Cuadro 51 se presenta el análisis químico realizado al fertilizante orgánico producido por la compañía y utilizado en el estudio. Se observa en este análisis el contenido porcentual de cada nutriente pero no necesariamente la disponibilidad del mismo. Para el análisis de las cantidades a reducir en la fertilización química convencional se utilizó la disponibilidad de los principales nutrientes presentados en el cuadro 52.

**Cuadro 51.**  
**Análisis químico realizado al abono orgánico utilizado en este estudio.**

| %    |      |      |      |      |      |       | mg / l |     |       |     |
|------|------|------|------|------|------|-------|--------|-----|-------|-----|
| N    | P    | Ca   | Mg   | K    | S    | Fe    | Cu     | Zn  | Mn    | B   |
| 0,75 | 0,57 | 1,29 | 0,36 | 0,64 | 0,31 | 538,4 | 115    | 216 | 204,4 | 123 |

**Cuadro 52.**

**Contenido y disponibilidad de nutrientes en el abono orgánico utilizado en este estudio.**

| pH  | mg/L                           |                                |       |      |      |     | mg/L |    |    |    |      |       | mS/cm |
|-----|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------|-----|------|----|----|----|------|-------|-------|
|     | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Ca    | Mg   | K    | P   | Fe   | Zn | Cu | Mn | Na   | S     | CE    |
| 6,2 | 1,7                            | 43,7                           | 120,8 | 34,9 | 55,3 | 0,9 | ND   | ND | ND | ND | 13,2 | 117,8 | 1,1   |

En el Cuadro 52 se presentan los tratamientos utilizados en el ensayo para la primera cosecha combinando dosis crecientes del fertilizante orgánico y a la vez reduciendo las dosis en porcentaje del fertilizante químico convencional aplicado por la compañía comercialmente en la fincas.



**Figura 28. Establecimiento del ensayo en finca “ La Olga “ en la Región Norte.**

**Cuadro 52.**  
**Combinación de diferentes dosis de abono orgánico y fertilizantes químico aplicados en este estudio en caña planta.**

| Número | Tratamientos   |
|--------|--|
| 1      | 0 t / ha de Abono Orgánico + 0 % reducción Fertilizante Químico    |
| 2      | 0 t / ha de Abono Orgánico + 25 % reducción Fertilizante Químico   |
| 3      | 0 t / ha de Abono Orgánico + 50 % reducción Fertilizante Químico   |
| 4      | 0 t / ha de Abono Orgánico + 75 % reducción Fertilizante Químico   |
| 5      | 0 t / ha de Abono Orgánico + 100 % reducción Fertilizante Químico  |
| 6      | 10 t / ha de Abono Orgánico + 0 % reducción Fertilizante Químico   |
| 7      | 10 t / ha de Abono Orgánico + 25 % reducción Fertilizante Químico  |
| 8      | 10 t / ha de Abono Orgánico + 50 % reducción Fertilizante Químico  |
| 9      | 10 t / ha de Abono Orgánico + 75 % reducción Fertilizante Químico  |
| 10     | 10 t / ha de Abono Orgánico + 100 % reducción Fertilizante Químico |
| 11     | 20 t / ha de Abono Orgánico + 0 % reducción Fertilizante Químico   |
| 12     | 20 t / ha de Abono Orgánico + 25 % reducción Fertilizante Químico  |
| 13     | 20 t / ha de Abono Orgánico + 50 % reducción Fertilizante Químico  |
| 14     | 20 t / ha de Abono Orgánico + 75 % reducción Fertilizante Químico  |
| 15     | 20 t / ha de Abono Orgánico + 100 % reducción Fertilizante Químico |
| 16     | 30 t / ha de Abono Orgánico + 0 % reducción Fertilizante Químico   |
| 17     | 30 t / ha de Abono Orgánico + 25 % reducción Fertilizante Químico  |
| 18     | 30 t / ha de Abono Orgánico + 50 % reducción Fertilizante Químico  |
| 19     | 30 t / ha de Abono Orgánico + 75 % reducción Fertilizante Químico  |
| 20     | 30 t / ha de Abono Orgánico + 100 % reducción Fertilizante Químico |
| 21     | 40 t / ha de Abono Orgánico + 0 % reducción Fertilizante Químico   |
| 22     | 40 t / ha de Abono Orgánico + 25 % reducción Fertilizante Químico  |
| 23     | 40 t / ha de Abono Orgánico + 50 % reducción Fertilizante Químico  |
| 24     | 40 t / ha de Abono Orgánico + 75 % reducción Fertilizante Químico  |
| 25     | 40 t / ha de Abono Orgánico + 100 % reducción Fertilizante Químico |

El ensayo se estableció en un lote de una primera soca con la variedad B 59-92 y se marcaron las parcelas de 5 surcos de 9 metros de largo, eliminando la caña presente en las divisiones

previstas entre parcelas en una distancia de 1,5 ms entre si y entre bloques de 3 m (eliminación de un surco completo), dejando una división de 3 metros entre repeticiones.

El ensayo se estableció en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y un total de 25 tratamientos en arreglo factorial de 5<sup>5</sup>. Para la aplicación del fertilizante químico convencional se utilizó la fórmula 21-5-18 aplicada en una sola fertilización en las socas.

Esta fórmula se aplicó en la dosis de 250 kg/ha, lo que representó la dosis del 100% de la dosis comercial utilizada por la finca, por lo que una dosis del 75% fue de 187,5 kg/ha, el 50% fue de 125 kg/ha y con el 25% se aplicó un total de 62,5 kg/ha de esta fórmula.

En el Cuadro 53 se presenta el resultado de la primera cosecha y su respectivo análisis de varianza aplicado a las variables agroindustriales, observándose en las mismas que no se presentaron diferencias significativas entre las dosis empleadas de abono orgánico, ni entre las dosis de fertilizante químico, por tal motivo tampoco se presentó diferencias en la interacción entre ambos.

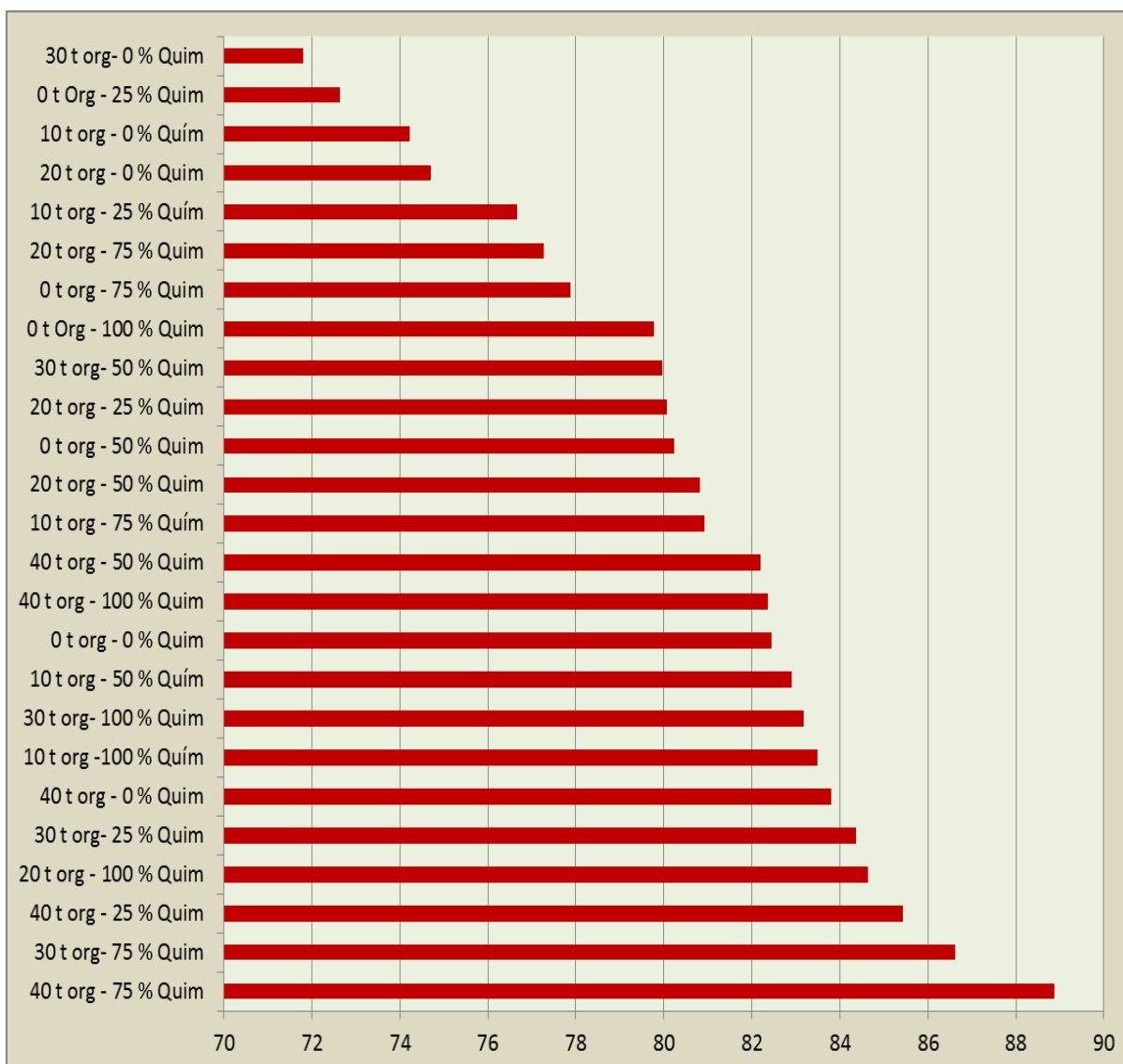
En la Figura 29 se presenta gráficamente el resultado en la producción de caña, observándose en general una leve respuesta positiva a la aplicación del abono orgánico y donde el tratamiento de mayor producción de esta variable fue el tratamiento compuesto por 40 toneladas de abono orgánico con un 75% de fertilizante químico, sin embargo aparentemente el segundo tratamiento en producción de 30 toneladas de abono orgánico combinado con un 75 % de fertilizante químico resulto económicamente más viable.

Estos resultados no son suficientes como para obtener conclusiones más contundentes y que nos indiquen cual es el mejor tratamiento desde el punto de vista técnico – económico por lo que es necesario realizar más cosechas.

**Cuadro 53.**  
**Resultado del análisis de varianza realizado a las variables agroindustriales obtenidas en la primera cosecha de este estudio.**

| Andeva              | GL | % Brix           |            | % sacarosa       |            | % Pza            |            | % Fibra          |            | Kg az/t          |            | t caña / ha      |            | t az / ha        |            |
|---------------------|----|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|
| Bloques             | 3  | 1,38             | 0,02       | 1,37             | 0,11       | 39,86            | 0          | 0,59             | 0,1        | 58,01            | 0,2        | 778,78           | 0          | 5,23             | 0          |
| A.Org               | 4  | 0,69             | 0,15       | 0,8              | 0,31       | 2,3              | 1          | 0,23             | 1          | 43,14            | 0,32       | 109,83           | 0,16       | 1,25             | 0,28       |
| Fert Q              | 4  | 0,17             | 1          | 0,13             | 1          | 2,51             | 1          | 0,58             | 0,09       | 4,27             | 1          | 95,82            | 0,22       | 0,99             | 0,4        |
| A.org x Fert Q      | 16 | 0,24             | 1          | 0,81             | 0,26       | 11,95            | 0,02       | 0,35             | 0,22       | 49,21            | 0,19       | 61,08            | 1          | 0,81             | 1          |
| Error               | 72 | 0,39             |            | 0,66             |            | 5,94             |            | 0,27             |            | 36,43            |            | 65,46            |            | 0,97             |            |
| Total               | 99 | 39,53            |            | 68,05            |            | 757,5            |            | 30,33            |            | 3.774,26         |            | 8.849,62         |            | 107,2            |            |
| % CV                |    | 2,82             |            | 4,31             |            | 2,87             |            | 4,46             |            | 5,89             |            | 10,03            |            | 11,89            |            |
| <b>Tratamientos</b> |    | <b>FACTOR A</b>  | <b>SEP</b> | <b>FACTOR A</b>  | <b>SEP</b> | <b>FACTOR A</b>  | <b>SEP</b> | <b>FACTOR A</b>  | <b>SEP</b> | <b>FACTOR A</b>  | <b>SEP</b> | <b>FACTOR A</b>  | <b>SEP</b> | <b>FACTOR A</b>  | <b>SEP</b> |
| 0t orgánico         |    | 22,46            |            | 19,07            |            | 84,89            |            | 11,63            |            | 104,42           |            | 78,59            |            | 8,2              |            |
| 10t Orgánico        |    | 22,04            |            | 18,74            |            | 85,02            |            | 11,76            |            | 102,34           |            | 79,65            |            | 8,17             |            |
| 20t orgánico        |    | 22,1             |            | 18,69            |            | 84,56            |            | 11,62            |            | 102,16           |            | 79,5             |            | 8,11             |            |
| 30t orgánico        |    | 21,99            |            | 18,54            |            | 84,3             |            | 11,88            |            | 100,47           |            | 81,19            |            | 8,15             |            |
| 40t orgánico        |    | 22,19            |            | 18,88            |            | 85,12            |            | 11,68            |            | 103,32           |            | 84,54            |            | 8,71             |            |
| <b>Tratamientos</b> |    | <b>FACTOR B</b>  | <b>SEP</b> | <b>FACTOR B</b>  | <b>SEP</b> | <b>FACTOR B</b>  | <b>SEP</b> | <b>FACTOR B</b>  | <b>SEP</b> | <b>FACTOR B</b>  | <b>SEP</b> | <b>FACTOR B</b>  | <b>SEP</b> | <b>FACTOR B</b>  | <b>SEP</b> |
| 0% fert Químico     |    | 22,18            |            | 18,83            |            | 84,88            |            | 11,83            |            | 102,56           |            | 77,39            |            | 7,93             |            |
| 25% fert Químico    |    | 22,3             |            | 18,88            |            | 84,65            |            | 11,92            |            | 102,42           |            | 79,83            |            | 8,17             |            |
| 50% fert Químico    |    | 22,06            |            | 18,78            |            | 85,09            |            | 11,73            |            | 102,67           |            | 82,56            |            | 8,48             |            |
| 75% fert Químico    |    | 22,09            |            | 18,78            |            | 85,04            |            | 11,52            |            | 103,17           |            | 80,98            |            | 8,33             |            |
| 100% fert Químico   |    | 22,15            |            | 18,66            |            | 84,23            |            | 11,57            |            | 101,89           |            | 82,69            |            | 8,43             |            |
| <b>Tratamientos</b> |    | <b>INTER A*B</b> | <b>SEP</b> | <b>INTER A*B</b> | <b>SEP</b> | <b>INTER A*B</b> | <b>SEP</b> | <b>INTER A*B</b> | <b>SEP</b> | <b>INTER A*B</b> | <b>SEP</b> | <b>INTER A*B</b> | <b>SEP</b> | <b>INTER A*B</b> | <b>SEP</b> |
| 0t org - 0% Quim    |    | 22,62            |            | 19,35            |            | 85,52            | Aa         | 11,34            |            | 107,12           |            | 82,44            |            | 8,80             |            |
| 0t org - 25% Quim   |    | 22,44            |            | 18,57            |            | 82,74            | Aa         | 11,79            |            | 99,96            |            | 72,64            |            | 7,25             |            |
| 0t org - 50% Quim   |    | 22,44            |            | 19,40            |            | 86,41            | Aa         | 12,06            |            | 105,97           |            | 80,23            |            | 8,51             |            |
| 0t org - 75% Quim   |    | 22,31            |            | 19,09            |            | 85,57            | ABa        | 11,15            |            | 106,23           |            | 77,87            |            | 8,24             |            |
| 0t org - 100% Quim  |    | 22,50            |            | 18,95            |            | 84,21            | Aa         | 11,81            |            | 102,81           |            | 79,77            |            | 8,18             |            |
| 10t org - 0% Quim   |    | 21,87            |            | 18,48            |            | 84,50            | Aa         | 11,98            |            | 100,03           |            | 74,23            |            | 7,44             |            |
| 10t org - 25% Quím  |    | 22,16            |            | 18,88            |            | 85,19            | Aa         | 11,93            |            | 102,72           |            | 76,67            |            | 7,88             |            |
| 10t org - 50% Quím  |    | 22,09            |            | 19,07            |            | 86,33            | Aa         | 11,78            |            | 104,91           |            | 82,90            |            | 8,73             |            |
| 10t org - 75% Quím  |    | 22,25            |            | 19,10            |            | 85,84            | ABa        | 11,59            |            | 105,27           |            | 80,93            |            | 8,55             |            |
| 10t org - 100% Quím |    | 21,83            |            | 18,19            |            | 83,27            | Aa         | 11,55            |            | 98,79            |            | 83,50            |            | 8,25             |            |
| 20t org - 0% Quim   |    | 22,14            |            | 18,82            |            | 84,96            | Aa         | 11,40            |            | 103,79           |            | 74,70            |            | 7,71             |            |
| 20t org - 25% Quim  |    | 22,47            |            | 18,93            |            | 84,20            | Aa         | 11,76            |            | 102,88           |            | 80,07            |            | 8,23             |            |
| 20t org - 50% Quim  |    | 21,54            |            | 18,14            |            | 84,20            | Aa         | 11,81            |            | 98,38            |            | 80,83            |            | 7,95             |            |
| 20t org - 75% Quim  |    | 22,37            |            | 19,00            |            | 84,97            | ABa        | 11,61            |            | 104,05           |            | 77,27            |            | 8,05             |            |
| 20t org - 100% Quim |    | 22,00            |            | 18,58            |            | 84,47            | Aa         | 11,50            |            | 101,72           |            | 84,63            |            | 8,63             |            |
| 30t org - 0% Quim   |    | 22,10            |            | 19,12            |            | 86,57            | Aa         | 12,33            |            | 103,80           |            | 71,80            |            | 7,47             |            |
| 30t org - 25% Quim  |    | 22,15            |            | 19,07            |            | 86,11            | Aa         | 12,36            |            | 103,15           |            | 84,37            |            | 8,73             |            |
| 30t org - 50% Quim  |    | 21,87            |            | 18,42            |            | 84,21            | Aa         | 11,41            |            | 100,99           |            | 79,97            |            | 8,06             |            |
| 30t org - 75% Quim  |    | 21,84            |            | 17,65            |            | 80,78            | Ba         | 11,86            |            | 93,49            |            | 86,63            |            | 8,08             |            |
| 30t org - 100% Quim |    | 22,01            |            | 18,45            |            | 83,85            | Aa         | 11,43            |            | 100,90           |            | 83,17            |            | 8,42             |            |
| 40t org - 0% Quim   |    | 22,15            |            | 18,36            |            | 82,84            | Aa         | 12,11            |            | 98,05            |            | 83,80            |            | 8,23             |            |
| 40t org - 25% Quim  |    | 22,28            |            | 18,95            |            | 85,02            | Aa         | 11,78            |            | 103,42           |            | 85,44            |            | 8,79             |            |
| 40t org - 75% Quim  |    | 22,37            |            | 18,87            |            | 84,32            | Aa         | 11,56            |            | 103,12           |            | 88,87            |            | 9,15             |            |
| 40t org - 50% Quim  |    | 21,70            |            | 19,07            |            | 88,07            | Aa         | 11,40            |            | 106,82           |            | 82,20            |            | 8,74             |            |
| 40t org - 100% Quim |    | 22,43            |            | 19,14            |            | 85,33            | Aa         | 11,55            |            | 105,22           |            | 82,37            |            | 8,65             |            |

Letras mayúsculas agrupan en el sentido del primer factor



**Figura 29. Producción de caña (t/ha) obtenidas en la primera cosecha de la evaluación de dosis crecientes del abono orgánico en Cutris.**

**ESTUDIO DE DOSIS CRECIENTES DE ABONO ORGÁNICO EN INTERACCIÓN CON DOSIS DECRECIENTES DE FERTILIZANTE QUÍMICO EN LA REGIÓN NORTE, FINCA “SANTA TERESA”, LOS CHILES, ALAJUELA (Primera Cosecha).**

La producción de residuos orgánicos producidos durante el periodo de Zafra por parte del Ingenio Cutris supera las 7.000 toneladas que son aplicadas en el campo a la caña de azúcar como fertilizante orgánico. La utilización del abono orgánico conlleva dos objetivos primordiales como son, el disponer de los efluentes sin contaminar el medio ambiente y reincorporar a los suelos nutrientes que eventualmente fueron extraídos por el cultivo.

A pesar de que se dispone de la materia prima para fabricar el abono orgánico existe el inconveniente de su alto costo de transporte y aplicación en el cultivo por lo que es necesario valorar desde una perspectiva técnico – económica su uso. Por este motivo se plantea como objetivo de este estudio evaluar la interacción de diferentes dosis de abono orgánico y fertilización química convencional.

El estudio se estableció en la finca “*Santa Teresa*” propiedad del Ingenio Cutris ubicada en el cantón de Los Chiles, provincia de Alajuela una altitud 50 msnm, una temperatura media anual 27 – 29 °C, y una precipitación media anual de 2.300 mm.

La variedad cultivada fue PR 8020 38 ampliamente sembrada en esta región, las parcelas se constituyeron de 5 surcos de 9 metros para un área de 72 m<sup>2</sup> y el diseño utilizado fue un bloques completos al azar con 4 repeticiones, los tratamientos evaluados se presentan en el cuadro 56 y dichos tratamientos se constituyeron por la interacción de dosis crecientes de abono orgánico con dosis reducidas de fertilizante químico convencional principalmente con los nutrientes nitrógeno y potasio.

En el Cuadro 54 se presenta el análisis químico realizado al fertilizante orgánico producido por la compañía y aplicado a los suelos cultivados con caña de azúcar y el utilizado en el estudio.

Se observa en este análisis el contenido porcentual de cada nutriente pero no necesariamente la disponibilidad del mismo. Para el análisis de las cantidades a reducir en

la fertilización química convencional se utilizó la disponibilidad de los principales nutrientes presentadas en el cuadro 55.

**Cuadro 54.**  
**Análisis químico realizado al abono orgánico utilizado en el estudio.**

| %    |      |      |      |      |      | ppm    |     |     |       |     |
|------|------|------|------|------|------|--------|-----|-----|-------|-----|
| N    | P    | Ca   | Mg   | K    | S    | Fe     | Cu  | Zn  | Mn    | B   |
| 0,75 | 0,57 | 1,29 | 0,36 | 0,64 | 0,31 | 538,34 | 115 | 215 | 204,4 | 123 |

**Cuadro 55.**  
**Disponibilidad de nutrientes aportados por el abono orgánico utilizado en el estudio.**

| pH  | mg/l                           |                                |       |      |      |     | mg/l |    |    |    |      |       | mS/cm |
|-----|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------|-----|------|----|----|----|------|-------|-------|
|     | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Ca    | Mg   | K    | P   | Fe   | Zn | Cu | Mn | Na   | S     | CE    |
| 6,2 | 1,7                            | 43,7                           | 120,8 | 34,9 | 55,3 | 0,9 | ND   | ND | ND | ND | 13,2 | 117,8 | 1,1   |

En el Cuadro 56 se presentan los tratamientos aplicados a cada una de las parcelas del ensayo, como se observa en dicho cuadro, las dosis de abono orgánico fueron de 0 a 25 toneladas por hectárea y las dosis de fertilizante químico disminuyeron en de 0 a un 100 %. Adicionalmente y como tratamientos testigos se incorporaron dos tratamientos adicionales con una dosis de abono orgánico de 12 t/ha por ser esta la cantidad de abono orgánico aplicado comercialmente a las plantaciones de caña de azúcar en las fincas de la empresa.

**Cuadro 56.**

**Dosis de fertilizante químico convencional y abono orgánico para cada uno de los tratamientos a evaluar en el ensayo establecido en Los Chiles caña planta.**

| Número<br>Tratamientos | Dosis Abono Orgánico | Nitrógeno (N)  |       | Fósforo(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) |       | Potasio(K <sub>2</sub> O) |       |
|------------------------|----------------------|--|-------|---|-------|---------------------------|-------|
|                        | t/ha                 | % Dosis  | Kg/ha | % Dosis                                 | Kg/ha | % Dosis                   | Kg/ha |
| 1                      | 0                    | 100  | 120   | 100                                     | 150   | 100                       | 140   |
| 2                      | 5                    | 95   | 114   | 100                                     | 150   | 95                        | 133   |
| 3                      | 10                   | 90   | 108   | 100                                     | 150   | 90                        | 126   |
| 4                      | 15                   | 85   | 102   | 100                                     | 150   | 85                        | 119   |
| 5                      | 20                   | 80   | 96    | 100                                     | 150   | 80                        | 112   |
| 6                      | 25                   | 0  | 0     | 100                                     | 150   | 0                         | 0     |
| 7                      | 12                   | 357 kg/ha 16-16-16 (siembra) + 250 kg/ha 21-5-18 (segunda fertilización) |       |   |       |                           |       |
| 8                      | 12                   | 357 kg/ha 16-16-16 (Siembra) + 357 kg/ha 21-5-18 (segunda fertilización) |       |   |       |                           |       |

El abono orgánico se dosificó por volumen (litros) con base en una densidad media de 0,637 kg/litro y en la fertilización a la siembra se aplicó la fórmula 11- 52 -0 para las parcelas aplicadas con dosis crecientes de abono orgánico. Para las parcelas correspondiente a los testigos fertilizados por la finca se utilizó al fondo del surco la fórmula 16 – 16 – 16. En la segunda fertilización todas las parcelas se fertilizaron con la fórmula 21 – 5 – 18 regada al voleo cuando la caña tenía aproximadamente unos 3 meses de edad.

En el cuadro 57 se presenta el análisis de varianza de los tratamientos y variables agroindustriales y en el mismo se observa que en esta cosecha se presentaron diferencias estadísticas significativas en la producción de caña (t/ha) y producción de azúcar (t/ha).

En la producción de caña y azúcar el mejor tratamiento fue el 4 correspondiente a 15 t/ ha de abono orgánico con un 85% de la fertilización correspondiendo a 102 kg/ha de nitrógeno y 126 kg / ha de potasio (K<sub>2</sub>O).superando al tratamiento de menor producción (1) sin abono orgánico y con un 100% de la fertilización química en más de tres toneladas de azúcar por hectárea.

Ante estos resultados es evidente el efecto positivo de la aplicación de abono orgánico en estos suelos Ultisoles sin embargo se requieren más cosechas y análisis económicos para conducir a una mejor conclusión al respecto.

**Cuadro 57.**  
**Resultado del análisis de varianza aplicado a las diferentes variables agroindustriales analizadas en la primera cosecha.**

| FVAR         | GL | % BRIX | Pf   | % Sac  | Pf  | % PZA  | Pf   | % FIBRA | Pf  | CAÑA/ha  | Pf   | Rend. Ind | Pf   | Azúcar/HA | Pf   |
|--------------|----|--------|------|--------|-----|--------|------|---------|-----|----------|------|-----------|------|-----------|------|
| BLOQUES      | 3  | 0,04   | 1    | 0,15   | 1   | 2,68   | 1    | 0,23    | 1   | 29,22    | 1    | 16,22     | 1    | 0,23      | 1    |
| Tratamientos | 7  | 0,13   | 0,08 | 0,46   | 0,1 | 4,08   | 0,42 | 0,14    | 1   | 119,49   | 0,01 | 21,81     | 0,31 | 1,43      | 0,02 |
| ERROR        | 21 | 0,06   |      | 0,22   |     | 3,83   |      | 0,35    |     | 29,83    |      | 17,23     |      | 0,44      |      |
| total        | 31 | 2,23   |      | 8,38   |     | 116,95 |      | 9,09    |     | 1.550,44 |      | 563,07    |      | 19,93     |      |
| CV %         |    | 1,08   |      | 2,42   |     | 2,22   |      | 4,79    |     | 5,49     |      | 3,89      |      | 6,24      |      |
| DMS          |    | 0      |      | 0      |     | 0      |      | 0       |     | 13,03    |      | 13,03     |      | 1,58      |      |
| TRAT         |    | MEDIAS | SEP  | MEDIAS | SEP | MEDIAS | SEP  | MEDIAS  | SEP | MEDIAS   | SEP  | MEDIAS    | SEP  | MEDIAS    | SEP  |
| 1            |    | 22,18  |      | 19,5   |     | 87,94  |      | 12,44   |     | 88,4     | b    | 106,36    |      | 9,42      | b    |
| 2            |    | 22,09  |      | 19,12  |     | 86,56  |      | 12,35   |     | 98,89    | ab   | 103,74    |      | 10,25     | ab   |
| 3            |    | 22,3   |      | 19,83  |     | 88,95  |      | 12,59   |     | 101,67   | ab   | 108,3     |      | 11,01     | ab   |
| 4            |    | 21,91  |      | 19,37  |     | 88,4   |      | 12,3    |     | 107,01   | a    | 106,28    |      | 11,36     | a    |
| 5            |    | 22,09  |      | 19,12  |     | 86,57  |      | 12,35   |     | 103,99   | ab   | 103,68    |      | 10,78     | ab   |
| 6            |    | 22,31  |      | 19,85  |     | 88,98  |      | 12,71   |     | 99,48    | ab   | 108,08    |      | 10,73     | ab   |
| 7            |    | 22,33  |      | 19,72  |     | 88,31  |      | 12,56   |     | 97,43    | ab   | 107,4     |      | 10,47     | ab   |
| 8            |    | 22,48  |      | 20     |     | 88,98  |      | 12,13   |     | 99,59    | ab   | 110,59    |      | 11,02     | ab   |