

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Evaluación de dos surfactantes para mejorar la eficiencia de la fertilización  
foliar en el cultivo de caña de azúcar.

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado por  
Hamilton Yurandir Ajtun Ruano para optar al grado académico de Licenciado  
en Ingeniería en Tecnología Agrícola y Pecuaria

Guatemala

2022



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Evaluación de dos surfactantes para mejorar la eficiencia de la fertilización  
foliar en el cultivo de caña de azúcar.

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado por  
Hamilton Yurandir Ajtun Ruano para optar al grado académico de Licenciado  
en Ingeniería en Tecnología Agrícola y Pecuaria

Guatemala


2022

Vo.Bo. :

(f)   
Ing. Agr. Santos Danilo Carrillo Barrera  
Asesor

Tribunal Examinador:

(f)   
Ing. Claudia Maria Meléndrez Garcia  
Evaluador

(f)   
Ing. Agr. Susana Abigail Garcia Escobar  
Director

(f)   
Ing. Agr. Santos Danilo Carrillo Barrera  
Asesor

Fecha de aprobación: Guatemala, 18 de octubre de 2022

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador por excelencia y habernos dado la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, Marta Luisa Ruano Cerda y Tedulo Yurandir Ajtun Acabal, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más. Por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años. Gracias a ustedes y a su dedicación he logrado llegar hasta aquí convirtiéndonos a mí y a mis hermanos en unas personas de bien. Ha sido un orgullo y un privilegio ser su hijo. Son los mejores padres.

A mis hermanos Luis Ajtun y Katheryn Ajtun por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso y por estar conmigo en todo momento.

A toda mi familia, porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A la empresa Pantaleón S, A., por brindarme el apoyo de realizar mi trabajo de graduación en sus terrenos en conjunto con la autorización que me aportan mis superiores Ing. Alex Soto y el Ing Miguel Aguilar que son egresados de la misma universidad.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

También quiero dedicar esta tesis a Karla Yaneth Ortiz López quien es una persona muy especial y me apoyó cuando más la necesité, por extender su mano en momentos difíciles y por el afecto brindado cada día a mi persona.

## **PREFACIO**

La elaboración de la presente investigación fue posible gracias a la ayuda incondicional de Dios y Universidad del Valle de Guatemala *quien tuvo a bien proveerme la oportunidad de capacitarme a lo largo de la carrera académica.*

Mi eterna Gratitud a Dios *por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.*

Agradezco a mis padres Marta Luisa Ruano Cerda y Tedulo Yurandir Ajtun Acabal *por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.*

Agradezco a Ing. Santo Carrillo *mi asesor de tesis quien con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación. por sus consejos, enseñanzas, apoyo y sobre todo amistad brindada en los momentos más difíciles de mi vida.*

Agradezco a Alex Soto y Miguel Aguilar, *personas que me apoyaron a realizar mi tesis dentro de la empresa Pantaleón S, A., Ing., que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional.*

Agradezco a Karla Yaneth Ortiz López, *por brindarme su apoyo en los momentos difíciles, dándome motivación en el transcurso de mi tesis.*

## CONTENIDO GENERAL

RESUMEN .....	i
ABSTRACT.....	ii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS.....	2
A. General.....	2
B. Específicos .....	2
III. HIPÓTESIS.....	3
A. Hipótesis nula .....	3
B. Hipótesis alternativa .....	3
IV. JUSTIFICACIÓN.....	4
V. MARCO TEÓRICO.....	6
A. Surfactante.....	6
B. Variables condicionantes.....	6
C. Anfifilos:.....	7
D. Tensioactivos y surfactantes:.....	7
E. Clasificación de tensoactivos: .....	8
F. Tensoactivos aniónicos:.....	9
G. Tensoactivos catiónicos:.....	9
H. Tensoactivos anfóteros o anfotéricos: .....	9

I. Tensoactivos no-iónicos: .....	9
J. Constitución química. ....	10
VI. METODOLOGÍA .....	11
A. Ubicación geográfica.....	11
B. Zona de vida: .....	11
C. Equipo y materiales: .....	11
D. Diseño experimental .....	12
E. Modelo estadístico.....	13
F. Descripción de los productos que se utilizaron en los tratamientos: .....	15
1. Surfactante Agrex. ....	15
2. Surfactante Megasur .....	16
3. Croquis de campo .....	17
4. Variables de respuesta ppm/ nutriente. ....	17
5. Biometría .....	18
6. Q. Costo/ Beneficio.....	18
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
A. Determinación del beneficio de la aplicación de cada surfactante en el estado nutricional de las plantas en cada tratamiento. ....	19
B. Recolección de muestras foliares .....	19
C. Análisis de Varianza .....	22

1. Elemento Nitrógeno.....	22
2. Elemento Fósforo.....	23
3. Elemento Calcio.....	23
4. Elemento Magnesio .....	24
5. Elemento Potasio .....	24
6. Elemento Cobre. ....	25
7. Elemento Zinc.....	25
8. Elemento Hierro.....	26
D. Media de los valores de biométricas por tratamiento .....	28
E. Análisis de Varianza.....	30
F. Estudio económico Beneficio / Costo por tratamiento.....	33
VIII.CONCLUSIÓN .....	37
IX. RECOMENDACIÓN.....	39
X. BIBLIOGRAFÍA.....	40

### **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Distribución de los distintos tratamientos y repeticiones que se llevaran.....	17
Figura 2: Recolección de la parte foliar del cultivo .....	19
Figura 3: Herramientas de medición de la biometría .....	32
Figura 4: Medición en campo.....	32

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Descripción de los tratamientos del experimento.....	13
Cuadro 2: Datos recolectados por repetición, Beneficio nutricional por tratamiento. ....	20
Cuadro 3: Matriz comparativa de la media de los niveles nutricionales por tratamiento. ...	20
Cuadro 4: Resultados de la biometría de los tratamientos (altura, diámetro, raíz y nudos). 28	
Cuadro 5: Dosis de aplicación por tratamiento .....	28
Cuadro 6: Análisis estadístico de la biometría por tratamiento.....	31
Cuadro 7: Rendimiento por tratamiento.....	33
Cuadro 8: Costo/Tratamiento.....	33
Cuadro 9: Índice financiero B/C.....	34
Cuadro 10: Resultado monetario por unidad.....	34

## LISTA DE GRÁFICAS

No. Grafica 1: Nivel nutricional de por tratamiento.....	21
No. Grafica 2: Parámetro biométrico .....	29
No. Grafica 3: Tendencia desarrollo diámetro de tallo y altura de planta por tratamiento. .	29
No. Grafica 4: Comparación de Longitud de raíz y entrenudos por tratamiento Ingenio Pantaleón (2022).....	30
No. Grafica 5: Comparativa generación de beneficio económico en referencia al testigo ..	35
No. Grafica 6: Rendimiento por tratamiento .....	36

## **RESUMEN**

Esta investigación tenía como finalidad generar información sobre la eficiencia de dos surfactantes con el fin de identificar las mejores alternativas en el campo de la agricultura no ha sido un secreto, ya que en los últimos tiempos se ha debido mejorar las condiciones para que se lleve a cabo una buena absorción y por lo tanto obtener un buen aprovechamiento de los insumos agrícolas abastecidos a la planta. Esto ha sido una de las preocupaciones más importantes, por ello nació la necesidad de utilizar productos que ayuden a que suceda una mejor absorción, pero no todos cuentan con la misma eficiencia, por ello se identificó la necesidad de experimentación la cual se tradujo en una oportunidad de aprovechamiento para un estudiante de ingeniería agrícola quien pudo ejecutar dicha investigación.

Ingenio Pantaleón fue la empresa privada donde se realizó el experimento, dando la oportunidad de divulgación de la información para que sea útil dicha información para los agricultores locales, es importante resaltar que muchos agricultores siembran caña de azúcar y venden su producción a los ingenios y la información de mucho valor es importante para el proceso de toma de decisiones.

## **ABSTRACT**

The purpose of this research was to generate information on the efficiency of two surfactants in order to identify the best alternatives in the field of agriculture. It has not been a secret, since in recent times it has been necessary to improve the conditions for it to be carried out. carry out a good absorption and therefore obtain a good use of the agricultural inputs supplied to the plant. This has been one of the most important concerns, for this reason the need to use products that help to achieve better absorption was born, but not all have the same efficiency, for this reason the need for experimentation was identified, which resulted in a opportunity to take advantage of an agricultural engineering student who was able to carry out said investigation.

Ingenio Pantaleon was the private company where the experiment was carried out, giving the opportunity to disseminate the information so that said information is useful for local farmers. It is important to highlight that many farmers plant sugar cane and sell their production to mills and the valuable information is important to the decision-making process.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Los surfactantes también conocidos como adyuvantes son sustancias químicas que se añaden directamente a las formulaciones de plaguicidas o a la solución para fertilización foliar, con el objetivo de mejorar la función del producto que se aplicará. Empresas desarrolladas con técnicos en el proceso de investigación y productividad usan productos surfactantes, sin embargo, a pesar de estar presentes en el mercado por mucho tiempo los productores pequeños e individuales carecen del conocimiento de los beneficios y el uso de estos surfactantes al incorporarlos a los programas fitosanitarios y nutricionales.

El trabajo de investigación consistió en someter a una evaluación diferentes dosificaciones de dos surfactantes, uno conocido en el mercado llamado Agrex y otro creado por la planta Ferteco de ingenio Pantaleón, ambos con la misma funcionalidad, adherente.

El impacto de la investigación fue y sigue siendo de importancia, ya que esta información se puede trasladar a muchos productores de caña de azúcar en la región la cual también se puede utilizar en producción de pastos y de maíz.

En la sección metodológica de la presente investigación se detalla cada uno de los tratamientos a evaluar.

## **II. OBJETIVOS**

### **A. General**

Evaluar dos surfactantes tensioactivos (Megasurf-Agrex) en la labor de fertilización foliar en el cultivo de caña de azúcar.

### **B. Específicos**

1. Determinar el beneficio de la aplicación de cada surfactante en el estado nutricional de las plantas en cada tratamiento.
2. Determinar el efecto de los diferentes tratamientos sobre las variables biométricas (Lámina foliar, diámetro de tallo, longitud de raíz, longitud de entre nudo).
3. Establecer la relación beneficio/costo para cada uno de los tratamientos a evaluar.

### **III. HIPÓTESIS**

#### **A. Hipótesis nula**

Ninguno de los tratamientos (surfactante megasur y agrex) presentará diferencia estadística en la potencialización otorgada los fertilizantes foliares aplicados en el cultivo de caña de azúcar.

Hipótesis nula  $H_0: T_1=T_2=T_3$

#### **B. Hipótesis alternativa**

Al menos uno de los tratamientos (surfactante megasur y agrex) a evaluar mostrará una diferencia estadística en la potencialización otorgada a el fertilizante foliar aplicado en el cultivo de caña de azúcar

Hipótesis alternativa  $H_a: T_1 \neq T_2 \neq T_3$

#### **IV. JUSTIFICACIÓN**

La siguiente investigación se enfocó en estudiar el efecto potencializador del surfactante megasur, agro insumo producido por ingenio Pantaleón. El mismo se utilizó para mejorar el efecto de fertilizantes foliares utilizados en el cultivo de caña de azúcar, también se hizo una comparación con otro surfactante comercial (agrex) con el mismo fin potencializador de fertilizantes foliares. Se establecieron 3 tratamientos en cada uno de los productos surfactantes evaluados para un total de siete tratamientos incluyendo un testigo, cada tratamiento tuvo en una dosis diferente tres repeticiones de cada tratamiento.

El trabajo de investigación se llevó en finca Pantaleón lote 1001-801 bajo la admiración de ingenio Pantaleón, el surfactante mega sur se utilizó en fertilización foliar y cada tratamiento se evaluó en una parcela de 8 surcos de 500 mts de largo y cada tratamiento tuvo 3 repeticiones para mayor detalle posteriormente en el presente documento.

Las condiciones edafoclimáticas y de manejo agronómico que experimentó cada tratamiento fueron similares. Las liberaciones de moléculas con potencial contaminante del ambiente por la acelerada volatilización y falta de tiempo en la asimilación del producto por parte de la planta fue uno de los principales problemas, los cuales fueron efectos colaterales en las explotaciones agrícolas generando daño a la comunidad vegetal y animal por la degradación del ecosistema. Al mismo tiempo representó pérdida en los agricultores, para ello se utilizaron productos que potencializaron el efecto del fertilizante foliar mediante la mejora de las características de los mismos por la emulsión de los surfactantes para que las plantas pudieran asimilarlos mejor y así conseguir una mayor eficiencia y al mismo tiempo reducir la contaminación ambiental y pérdidas monetarias.

Se retomó de mucha importancia este estudio para determinar la dosis correcta y el producto ideal para mejorar la eficiencia de los insumos utilizados en la agroindustria cañera.

Por ello se consideró la oportunidad para que un estudiante de agronomía pudiera llevar a cabo la evaluación de los surfactantes ya mencionados.

## V. MARCO TEÓRICO

### A. Surfactante.

Productos que mejoran o facilitan la actividad de los agroquímicos o que modifican las características de la solución o el spray surfactante: productos que mejoran la emulsión, dispersión y mojado, a través de la modificación del comportamiento de los líquidos en superficie. Los surfactantes constituyen un tipo de surfactante, pero no todos los surfactantes presentan la propiedad de ser surfactantes. Estos productos pueden o no estar presentes en la formulación original del agroquímico a aplicar y aun cuando lo estén presentes, la combinación y proporción en la que se encuentran no puede contemplar todas las situaciones de aplicación. Esto lleva a que normalmente se deba suplementar la solución de pulverización con los aditivos específicos para optimizar cada situación particular (Arrospide, 2004).

### B. Variables condicionantes

- Calidad del agua
- Composición del agroquímico en cuanto a sus activos y aditivos
- Condiciones climáticas
- Características y estado de desarrollo de la plaga, maleza o necesidad

nutricional.

- Características y condición de los equipos de aplicación.

Dado que la efectividad de una aplicación está condicionada por múltiples variables, una única formulación no puede contemplar las diversas condiciones de los otros factores que intervienen. Los surfactantes y aditivos fueron usados para mejorar la efectividad de los productos a través del ajuste de los caldos de pulverización a las condiciones específicas de

aplicación, levantando así las restricciones que presenta el hecho de trabajar con una composición fija del agroquímico o mezcla de agroquímicos (Arróspide, 2004).

### **C. Anfífilos:**

La palabra anfífilo hace su aparición en el título del texto de P. Winsor hace más de 30 años. Se constituyó a partir de dos raíces griegas, de un lado el prefijo "anfi" que significa "doble", de los dos lados, "alrededor", como en anfiteatro o anfibio, de otra parte, la raíz "filo" que denota la amistad y la afinidad como en filántropo (el amigo del hombre), hidrófilo (afín al agua) o también filósofo (UTA, 2002).

Una sustancia anfífila posee una doble afinidad, que se define desde el punto de vista fisicoquímico como una dualidad polar-apolar. La molécula típica de un anfífilo tiene dos partes: un grupo polar que contiene heteroátomos como O, S, P o N que se encuentran en grupos alcohol, ácido, sulfato, sulfonato, fosfato, amina, amida, etc., y un grupo apolar o poco polar que es en general un grupo hidrocarbonado de tipo alquil o alquil benceno, y que puede contener eventualmente átomos de halógeno u oxígeno (UTA, 2002)

### **D. Tensioactivos y surfactantes:**

Del hecho de su doble afinidad, la molécula de anfífilo "no se siente bien" en el seno de un solvente, sea este apolar o polar, puesto que existirá siempre una interacción que no será satisfecha. Es por esto que las moléculas de anfífilo muestran una fuerte tendencia a migrar a las interfases, de forma tal, que su grupo polar se encuentre dentro del agua y su grupo apolar se encuentre orientado hacia un solvente orgánico o en la superficie (UTA, 2002)

En lo que sigue se llamará superficie el límite entre una fase condensada y una fase gaseosa e interfase el límite entre dos fases condensadas. Esta diferenciación es cómoda, pero no indispensable, y existen textos donde no se realiza (UTA, 2002)

Los ingleses utilizan la palabra "surfactante" (agente activo de superficie) para denotar una sustancia que posee una actividad superficial o interfacial. Es necesario hacer resaltar que todos los anfífilos no poseen tal actividad, para que esto suceda es necesario que la molécula posea propiedades relativamente equilibradas, quiere decir, que no sea ni demasiado hidrófila ni demasiado hidrófoba. La palabra "surfactante" no tiene una traducción exacta en español, lengua en la cual se usa el término genérico de "tensoactivo", que se refiere a una actividad o a una acción sobre la tensión superficial o interfacial, es decir sobre la energía libre de Gibbs. Este término es equivalente a surfactante solo si se supone que la actividad superficial o interfacial se traduce necesariamente por un descenso de la tensión, lo cual es verdad en la mayor parte de los casos que tienen un interés práctico, usaremos el neologismo "surfactante" (UTA, 2002)

En general, el término tensoactivo se refiere a una propiedad de la sustancia. Los anfífilos tiene muchas otras propiedades y se les califica según las aplicaciones: jabones, detergentes, dispersantes, emulsionantes, espumantes, bactericida, inhibidores de corrosión, antiestático, etc. o dentro de las estructuras de tipo: membrana, micro emulsión, cristal líquido, liposomas o gel. (INTA, 2013).

#### **E. Clasificación de tensoactivos:**

La clasificación se fundamenta en el poder de disociación del tensoactivo en presencia de un electrolito y de sus propiedades fisicoquímicas, pueden ser:

Iónicos: según la carga que posea la parte que presenta la actividad de superficie: (a) aniónicos, (b) catiónicos y (c) anfóteros No-iónicos.

Los iónicos, con fuerte afinidad por el agua, motivada por su atracción electrostática hacia los dipolos del agua puede arrastrar consigo a las soluciones de cadenas de hidrocarburos, por ejemplo, el ácido palmico, prácticamente no ionizable es insoluble,

mientras que el palmitato sódico es soluble completamente ionizado, dentro de los que se ionizan en agua.

#### **F. Tensoactivos aniónicos:**

En solución se ionizan, pero considerando el comportamiento de sus grupos en solución, el grupo hidrófobo queda cargado negativamente. Están constituidos por una cadena alquílica lineal o ramificada que va de 10 a 14 átomos de carbono, y en su extremo polar de la molécula se encuentra un anión, representantes de este grupo son derivados del ión sulfato o de sulfonatos como es el dodecil sulfato de sodio o dodecil bencen sulfonato de sodio (Laboratorio FIRP-ULA, 2002).

#### **G. Tensoactivos catiónicos:**

Son aquellos que en solución forman iones, resultando cargado positivamente el grupo hidrófobo de la molécula. Como representante de este grupo se encuentra el bromuro de cetil amonio; en general, son compuestos cuaternarios de amonio o una amina grasa en medio ácido. (Liva, Pedro.D, 2013)

#### **H. Tensoactivos anfóteros o anfotéricos:**

Como su nombre lo indica, actúan dependiendo del medio en que se encuentren, en medio básico son aniónicos y en medio ácido son catiónicos. Fórmula: alquil dimetil betaína. (Liva, Pedro.D, 2013)

#### **I. Tensoactivos no-iónicos:**

Los surfactantes o tensoactivos no-iónicos son aquellos que, sin ionizarse, se solubilizan mediante un efecto combinado de un cierto número de grupos solubilizantes débiles (hidrófilos) tales como enlace tipo éter o grupos hidroxilos en su molécula. Como representantes están los alcoholes grasos o fenoles a los que se les agregan una o varias

moléculas de óxido de etileno; ejemplo de ellos el nonil fenol etoxilado o el nonanol etoxilado (Liva, Pedro.D, 2013)

Las propiedades generales y comportamiento de los agentes tensoactivos se deben al carácter dual de sus moléculas (grupo hidrófilo y lipófilo); es así como el antagonismo entre estas dos secciones de su molécula y el equilibrio entre ellas es la que da al compuesto sus propiedades activas de superficie. El grupo hidrófilo ejerce un efecto solubilizantes y tiende a llevar a la molécula a disolución completa, el grupo hidrófobo, en cambio, debido a su insolubilidad tiende a contrarrestar la tendencia del otro, sí se logra el equilibrio adecuado entre los dos grupos se ve que la sustancia no se disuelve por completo, ni queda sin disolver del todo, concentrándose en la interfase con sus moléculas orientadas de tal forma que los grupos hidrófilos se orientan hacia la fase acuosa, mientras que los hidrófobos hacia la no acuosa o a la fase vapor (Fronidizi, 2018).

#### **J. Constitución química.**

Todos los agentes de superficie activa o tensoactivos contienen en su molécula, uno o varios grupos hidrofílicos, de tipo iónico y no iónico y generalmente una estructura hidrocarbonada lipofílica no polar. Es importante examinar algunos de los tipos más usuales de grupos lipofílicos e hidrofílicos que intervienen en la mayoría de los agentes tensoactivos comerciales (Fronidizi, 2018).

## VI. METODOLOGÍA

### A. Ubicación geográfica



**Coordenadas:** 14°19'15" N 90°59'36" W    **escala 1:1148**  
Finca Pantaleón registro (10001), lote 801.

### B. Zona de vida:

Una zona de vida clasificada según el sistema de clasificación de zonas de vida Holdridg como bosque húmedo tropical es una de las tres regiones de la faja tropical guatemalteca, que comprende unos 39,200Km<sup>2</sup> en el sur del país (Móbil, 2000).

Esta es la más grande de las tres regiones de la faja: cubre más de la tercera parte del territorio guatemalteco. Las principales actividades económicas de la región incluyen la extracción de materias como el hule y aceites y el cultivo de banano, caña de azúcar y café. Es también aprovechada para la crianza de ganado.

### C. Equipo y materiales:

- Bomba de presión constante
- Manómetro

- Surfactantes Megasur y Agrex (surfactantes)
- Fertilizante pre foliar
- Probeta de 500 ml para calibración
- Cinta métrica para calibración de equipo
- Cronometro
- Machete
- Nonio o vernier
- Bascula electrónica
- Bolsas

#### **D. Diseño experimental**

Se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar DBCA ya que este permite ejercer un control local de la variación dado la existencia de una material experimental heterogeneo.

Los bloques se definen como un conjunto de unidades experimentales homogéneas dentro de sí y heterogeneas entre sí. En los bloques están representados todos los tratamientos, entre las ventajas que este diseño ofreció estan las siguientes: a) eliminó una fuente de variación del error, aumentando de esta forma la precisión del ensayo, la cual se mide a través del coeficiente de variación  $CV (\%) = S/YX100$ , b) permitió una gran flexibilidad en la relación tratamiento bloque, siempre y cuando se haya reservado un número igual de tratamientos por unidad experimental, c: la pérdida de información por bloque o tratamiento no dificultó el análisis estadístico, d: permitió aplicar el principio de confusión al hacer coincidir los bloques con las variables que influyeron sobre la respuesta pero que no fueron de interés para el investigador.

Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Coadyuvante	Dosis
TF1	Megasur	0.15 Lts / ha
TF2	Megasur	0.20 Lts / ha
TF3	Megasur	0.25 Lts / ha
TF4	Agrex	0.15 Lts / ha
TF5	Agrex	0.20 Lts / ha
TF6	Agrex	0.25 Lts / ha
TF7	Testigo	0 Lts /ha

**Cuadro 1:** Descripción de los tratamientos del experimento.

(edición propia ,2021)

El Cuadro 1 detalla los factores y niveles evaluados, los factores fueron los surfactantes y los niveles las 3 dosis en cada uno de los productos para mejorar la eficiencia de los fertilizantes foliares en el cultivo de caña de azúcar .

**E. Modelo estadístico**

En la presente experimentación bifactorial con arreglo combinatorio en un diseño en bloques al azar, se utilizó dicho diseño de dos factores para poder probar la hipótesis acerca de la igualdad de los efectos de cada uno de los tratamientos.

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0$$

$$H_1 : \text{al menos una } \alpha_i \neq 0$$

Donde  $y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$   $\left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, n \end{array} \right.$

donde  $\mu$  es la media poblacional global,  $\alpha_i$  es el efecto principal del nivel  $i$  del factor  $A$ ,  $\beta_j$  es el efecto principal del nivel  $j$  del factor  $B$ , y  $(\alpha\beta)_{ij}$  es el efecto de la interacción del nivel  $i$  de  $A$  con el nivel  $j$  de  $B$ .

El factor A fue los tipos de Coadyuvantes involucrados en la evaluación (Agrex, megasur) (B es cada una de las diferentes dosis que se evaluaron, ya que en esta evaluación se tomó en cuenta la presencia de dos factores).

Cada uno de los factores contaban con niveles, en el factor A

Nivel 1. Coadyuvante Agrex

Nivel 2 Coadyuvante Megasur

Factor B

Nivel 1. 0.15 L/ ha

Nivel 2 0.20 L / ha

Nivel 3 0.25 L/ ha

Para determinar el número de tratamientos se procedió a la multiplicación de los niveles del factor A x los niveles del factor B ( $2 \times 3 = 6$ ) 6 tratamientos posteriormente se agregó un tratamiento como testigo absoluto. Posteriormente las unidades experimentales se determinaron multiplicando el número de tratamientos por las tres repeticiones que se realizaron en cada uno de los tratamientos. Fueron veintiún unidades (cada unidad consistió en un surco de 500 m).

## **F. Descripción de los productos que se utilizaron en los tratamientos:**

### **1. Surfactante Agrex.**

Es un surfactante no iónico de uso agrícola, posee una gran diversidad de cualidades, antiespumantes, humectante, adherente, dispersante y emulsificante.

Estas características le permiten una gran versatilidad de aplicaciones, de tal manera que puede usarse para activar la penetración de productos fertilizantes, biorreguladores entre otros productos de acción sistémica. Su acción dispersante garantiza un cubrimiento adecuado del follaje y su adherencia permite que el producto acompañante permanezca sobre el follaje el tiempo suficiente para que se produzca la acción deseada.

La propiedad humectante facilitó las mezclas con polvos, mientras que el efecto antiespumante permitió la formación de mezclas sin espuma, facilitó la carga de los depósitos de aspersión y propició un ahorro considerable de energía y tiempo de aplicación. La propiedad emulsificante permitió la elaboración de mezclas con productos que no se mezclan con agua, tales como la citrulina y otros productos similares.

Cuando se preparó la solución para el tratamiento previo a la siembra de papa que incluye polvos y líquidos, el *AGREX-F* que facilitó la mezcla y su homogenización y por lo tanto resultó en más facilidad para los tratamientos de inmersión, impregnación y la penetración de los productos en el tubérculo- semilla.

Es un surfactante no-iónico por lo que puede usarse para cualquier tipo de producto. Sus aceites refinados hacen que la solución aplicada tenga un mayor tiempo antes de secarse y que los ingredientes activos cuenten con una mejor penetración al tejido vegetal. Los ingredientes adherentes y dispersantes permiten un mayor contacto y permanencia de la solución aplicada, y sus agentes compatibiliza dotes le confieren la característica de mejorar las mezclas de distintos ingredientes.

Ingredientes activos:

Mezcla de agentes tensoactivos no iónicos-----	29.0 %
Dioctil sulfosuccinato -----	2.3 %
Diluyentes y acondicionadores -----	67.8 %

## **2. Surfactante Megasur**

Nombre comercial del producto: Megasur

Producto no iónico y adherente

Formulador: BIO ETANOL S.A, Planta Ferteco

Su apariencia es líquida con un color transparente y olor característico, soluble en agua con una densidad promedio a 25 °C de 0.7580 g/mL con un PH de 6.86

Es una surfactante que actúa como penetrante y permite tener una mayor eficiencia en el uso de agroquímicos ya que permite el rompimiento de la tensión superficial del agua, provocando una mayor retención de humedad, Así misma mejora las propiedades físicas del agua que se aplicará como vehículo en la aplicación de fertilizantes, herbicidas y plaguicidas.

Dosis y frecuencia de aplicación: La recomendación general es aplicar de 0.2 a 1.5 litros por hectárea o dependiendo del volumen de aplicación del cultivo, esto puede tener una variabilidad. La frecuencia de aplicación en caña de azúcar va a depender de las aplicaciones realizadas durante el manejo del cultivo al momento de la aplicación de fertilizantes, herbicidas y plaguicidas. Forma de aplicación: Su forma de aplicación con base en sus características de humectante, es al inicio de la preparación de la mezcla, y puede ser usado en otros tipos de cultivos. Con el método disponible de la finca, siendo este manual o mecánico. (Bombas de mochila, aguilón, bombas de presión, bombas maruyama, helicóptero y avioneta).

Ingredientes activos

Agentes tensioactivos -----25%

Diluyentes y acondicionadores-----75%

### 3. Croquis de campo



*Figura 2: Distribución de los distintos tratamientos y repeticiones que se llevaran*

### 4. Variables de respuesta ppm/ nutriente.

**Niveles nutricionales por tratamientos mediante diagnóstico nutricional foliar.**

Se hizo una comparativa en cada tratamiento y sus niveles nutricionales denotado en el análisis foliar que emitirá el laboratorio. Será una variable de respuesta muy importante para determinar la efectividad de la dosificación de cada producto.

## **5. Biometría**

La biometría fue la segunda variable de respuesta y consiste en medir los órganos durante el proceso de desarrollo, se realizaron cinco parcelas de 5 metros lineales, en las cuales se tomaron 5 tallos, cubriendo 100 metros lineales cada muestra, abarcando los 500 metros lineales de cada tratamiento con un 100 por ciento de cobertura, tomando las medidas de diámetros, longitud de tallo, raíz, longitud entre nudo. Se realizaron tres muestreos cada 15 días.

## **6. Q. Costo/ Beneficio**

El aspecto económico fue la tercera variable de respuesta en este trabajo de investigación para determinar el tratamiento con mayor factibilidad y beneficioso en todos los aspectos. La fórmula quedaría de la siguiente manera:

$$\mathbf{B/C = VAN / VAC \text{ o}}$$

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación fue realizada en el Ingenio Pantaleón el día 18 de septiembre del 2021, con el apoyo del personal de la empresa se realizaron aplicación foliar en la finca Pantaleón (10001) lote 801 con un área de 4 ha. Se hicieron muestreos para recolectar información, se delimitó cada tratamiento, se aplicaron la dosis requerida en cada parcela, el muestreo de la biometría se hizo de la siguiente manera, se realizaron parcelas de 5 metros lineales, en la cuales se hicieron cada 100 metros.

### **A. Determinación del beneficio de la aplicación de cada surfactante en el estado nutricional de las plantas en cada tratamiento.**

Para determinar la diferencia en cuanto al aporte nutricional se realizaron muestreos y colecta de material vegetal para realizar un análisis foliar. Posteriormente los datos fueron comparados para determinar los resultados entre tratamientos.

Estos datos proporcionados por el laboratorio en ppm fueron convertidos a gramos por kilogramos para una mejor comprensión y posteriormente se procedió a realizar un histograma con los resultados obtenidos de laboratorio.

### **B. Recolección de muestras foliares**

En la recolección de las hojas foliares, se recolocaron las hojas más jóvenes y se realizaron 3 muestreos, se llevaron las muestras al laboratorio para analizar su estado nutricional. El trabajo se realizó durante un año.



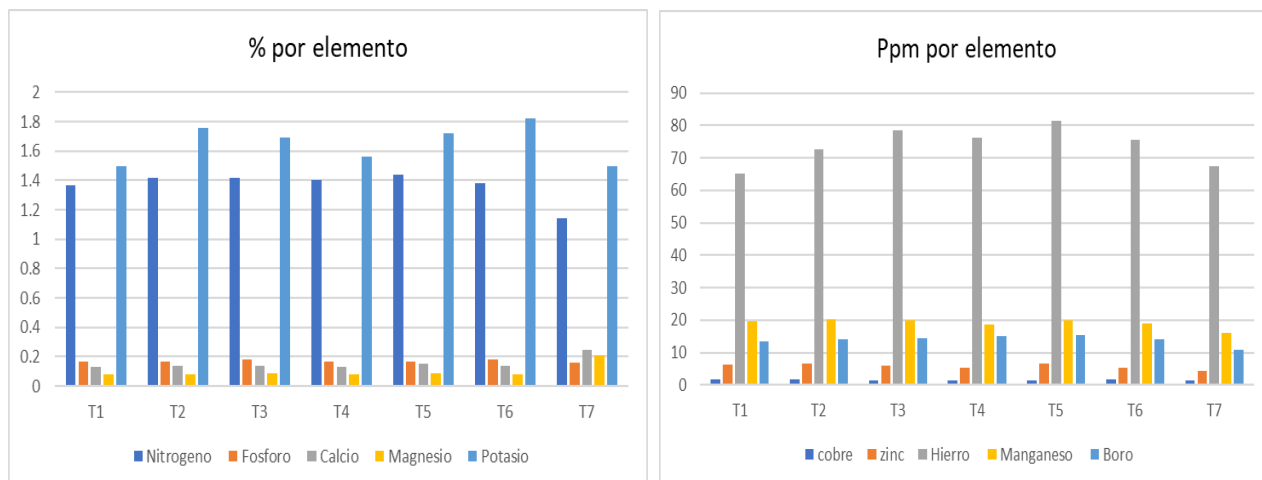
*Figura 3: Recolección de la parte foliar del cultivo*

Tratamiento	% por elemento					Ppm por elemento				
	Nitrógeno	Fosforo	Calcio	Magnesio	Potasio	Cobre	Zinc	Hierro	Manganeso	Boro
M1-R1-T1	1.23	0.11	0.10	0.10	1.47	1.55	6.96	82.14	22.16	15.84
M1-R2-T1	1.57	0.15	0.12	0.12	1.83	1.61	5.57	46.02	22.62	14.68
M1-R3-T1	0.93	0.11	0.12	0.10	1.66	2.43	8.69	62.79	23.92	15.18
M1-R1-T1	1.56	0.22	0.15	0.09	1.22	2.36	4.95	75.96	23.57	10.41
M1-R2-T1	1.42	0.19	0.14	0.04	1.40	1.84	5.32	62.32	9.87	10.52
M1-R3-T1	1.55	0.26	0.14	0.05	1.44	1.23	6.58	61.39	15.29	14.90
Media	1.37	0.17	0.13	0.08	1.50	1.84	6.34	65.10	19.57	13.59
M1-R1-T2	1.01	0.12	0.11	0.11	1.95	1.41	6.09	53.34	25.26	14.84
M1-R2-T2	1.43	0.18	0.12	0.11	1.98	1.73	4.05	85.59	21.87	15.75
M1-R3-T2	1.09	0.18	0.12	0.11	2.13	1.43	9.86	81.42	21.18	15.36
M1-R1-T2	1.65	0.16	0.15	0.07	1.63	1.35	7.73	52.76	25.05	12.30
M1-R2-T2	1.58	0.20	0.17	0.05	1.30	2.24	5.49	84.46	14.28	10.54
M1-R3-T2	1.75	0.18	0.15	0.04	1.56	1.61	6.22	78.57	13.34	15.94
Media	1.42	0.17	0.14	0.08	1.76	1.63	6.57	72.69	20.16	14.12
M1-R1-T3	1.19	0.14	0.15	0.13	1.73	1.64	6.86	54.75	23.80	16.00
M1-R2-T3	1.67	0.17	0.15	0.14	1.84	1.37	5.79	83.25	21.44	15.50
M1-R3-T3	0.97	0.10	0.12	0.11	2.51	1.81	6.97	80.52	24.10	15.02
M1-R1-T3	1.48	0.19	0.15	0.04	1.19	1.27	3.93	104.15	20.80	14.25
M1-R2-T3	1.48	0.24	0.14	0.09	1.33	1.94	6.20	80.81	15.64	12.81
M1-R3-T3	1.73	0.24	0.16	0.05	1.56	1.42	5.85	68.42	13.92	12.70
Media	1.42	0.18	0.14	0.09	1.69	1.57	5.93	78.65	19.95	14.38
M1-R1-T4	0.91	0.13	0.16	0.12	1.63	1.48	5.96	78.39	24.44	16.98
M1-R2-T4	1.18	0.13	0.13	0.13	2.02	0.94	4.87	73.74	20.92	17.16
M1-R3-T4	1.44	0.19	0.11	0.10	2.25	1.61	6.86	75.00	21.13	15.31
M1-R1-T4	1.73	0.16	0.14	0.04	1.16	1.28	3.97	105.30	19.75	12.70
M1-R2-T4	1.55	0.21	0.15	0.06	1.37	1.95	6.25	63.71	14.72	14.57
M1-R3-T4	1.61	0.22	0.11	0.03	0.91	1.38	4.53	62.12	11.52	12.98
Media	1.40	0.17	0.13	0.08	1.56	1.44	5.41	76.38	18.75	14.95
M1-R1-T5	1.08	0.13	0.16	0.13	2.01	1.45	7.59	81.09	23.74	16.82
M1-R2-T5	1.37	0.15	0.15	0.13	2.22	1.23	5.73	94.35	20.38	14.02
M1-R3-T5	1.46	0.16	0.16	0.13	2.34	1.48	7.53	68.43	24.64	20.44
M1-R1-T5	1.52	0.20	0.13	0.05	1.10	1.71	6.35	97.94	17.82	11.18
M1-R2-T5	1.59	0.21	0.16	0.06	1.29	1.35	6.72	53.58	18.16	15.02
M1-R3-T5	1.60	0.17	0.15	0.06	1.39	1.59	6.82	93.16	15.38	14.93
Media	1.44	0.17	0.15	0.09	1.72	1.47	6.79	81.42	20.02	15.40
M1-R1-T6	0.96	0.19	0.12	0.12	2.13	1.74	6.40	43.95	21.76	15.66
M1-R2-T6	1.17	0.16	0.12	0.12	2.03	1.39	5.93	76.59	25.24	16.13
M1-R3-T6	1.43	0.15	0.13	0.10	2.98	2.54	3.02	73.11	29.82	15.56
M1-R1-T6	1.47	0.19	0.13	0.05	1.13	1.97	4.66	81.31	11.53	13.97
M1-R2-T6	1.68	0.18	0.15	0.05	1.29	1.93	5.85	85.61	10.43	11.40
M1-R3-T6	1.59	0.22	0.16	0.05	1.36	1.68	7.05	92.41	14.63	12.80
Media	1.38	0.18	0.14	0.08	1.82	1.88	5.48	75.50	18.90	14.25
M1-R1-T7	0.75	0.12	0.12	0.90	3.00	1.10	6.00	50.00	20.00	12.00
M1-R2-T7	1.00	0.16	0.12	0.13	1.00	1.14	4.00	60.00	21.00	10.00
M1-R3-T7	1.10	0.10	0.80	0.08	2.00	1.00	3.00	60.00	22.00	11.00
M1-R1-T7	1.00	0.19	0.13	0.04	1.00	2.00	3.00	80.00	10.00	12.00
M1-R2-T7	1.68	0.18	0.18	0.04	1.00	2.00	5.00	65.00	11.00	10.00
M1-R3-T7	1.34	0.19	0.14	0.08	1.00	1.00	6.00	90.00	12.00	11.00
Media	1.14	0.16	0.25	0.21	1.50	1.37	4.50	67.50	16.00	11.00

**Cuadro 2:** Datos recolectados por repetición, beneficio nutricional por tratamiento.

Tratamiento	% por elemento					ppm por elemento				
	Nitrógeno	Fósforo	Calcio	Magnesio	Potasio	Cobre	Zinc	Hierro	Manganeso	Boro
T1	1.37	0.17	0.13	0.08	1.5	1.84	6.34	65.1	19.57	13.59
T2	1.42	0.17	0.14	0.08	1.76	1.63	6.57	72.69	20.16	14.12
T3	1.42	0.18	0.14	0.09	1.69	1.57	5.93	78.65	19.95	14.38
T4	1.4	0.17	0.13	0.08	1.56	1.44	5.41	76.38	18.75	14.95
T5	1.44	0.17	0.15	0.09	1.72	1.47	6.79	81.42	20.02	15.4
T6	1.38	0.18	0.14	0.08	1.82	1.88	5.48	75.5	18.9	14.25
T7	1.14	0.16	0.25	0.21	1.5	1.37	4.5	67.5	16	11

**Cuadro 3:** Matriz comparativa de la media de los niveles nutricionales por tratamiento. (UVG.2022)



**Gráfica 2:** Nivel nutricional de por tratamiento.

(Ruano, 2022)

Por cada tratamiento se realizaron dos eventos de muestreo y se obtuvieron dos análisis en cada evento se enviaron 3 repeticiones por cada tratamiento, por esta razón son 6 datos que aparecen en el Cuadro 2 de cada tratamiento.

Con relación a los resultados en la primera variable de respuesta de esta investigación se puede analizar las variaciones en la asimilación de los nutrientes en cada tratamiento.

En cuanto al elemento esencial Nitrógeno el tratamiento #5 fue el que mayor nivel de asimilación presentó de los 7 tratamientos en la evaluación, el tratamiento Testigo T7 fue quien menor asimilación de nitrógeno presentó con 1.14 ppm. En cuanto al elemento fósforo su asimilación presenta una dinámica uniforme ya que el tratamiento 3 y tratamiento 6 fueron los que presentaron mayor asimilación de este elemento con un valor de 0.18 ppm y el tratamiento 7 el testigo fue quien menos asimilación presentó de este elemento con un valor de 0.16 ppm, el elemento esencial Calcio tiene un valor mínimo con 0.13 ppm del tratamiento #1 y un valor máximo 0.25 del tratamiento 7 el testigo, el elemento esencial magnesio presenta un valor con una dinámica de asimilación uniforme, potasio presentó un valor de 1.82 ppm en el tratamiento 6. El hierro fue uno de los elementos con mayor

variación en la asimilación por parte de las plantas presentando el mayor dato el tratamiento el tratamiento 5, es importante mencionar que el tratamiento 5 fue uno de los que mantuvo niveles altos en todos los elementos esencial siendo el mejor tratamiento con relación a la asimilación de los nutrientes esencial.

### C. Análisis de Varianza

#### 1. Elemento Nitrógeno.

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.28	8	0.91	11.03	<0.0001
COADYUVANTES	6.84	2	3.42	41.50	<0.0001
DOSIS	0.15	2	0.07	0.90	0.4240
BLOQUE	0.07	2	0.04	0.45	0.6473
COADYUVANTES*DOSIS	0.21	2	0.11	1.27	0.3035
Error	1.48	18	0.08		
Total	8.76	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.28437

Error: 0.0824 gl: 18

COADYUVANTES	Medias	n	E.E.	
Megasur	1.23	9	0.11	A
Agrex	1.11	9	0.11	A
Testigo	0.11	9	0.11	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

En el análisis de Varianza se consideraron como factores los Coadyuvantes A y las dosis B y como variable de respuesta el beneficio nutricional, el análisis generó los resultados por cada elemento por ello hubo necesidad de agregarlos ya que como variable el análisis considero elemento por elemento. En cuando al elemento Nitrógeno entre la a absorción generada utilizando Megasur en sus diferentes dosis no hubo diferencia en comparación con el Agrex, lo que indica que si puede ingenio Pantaleón incorporar el Megasur (fabricado por

la empresa) y ya no comprar porque los resultados en cuanto a la asimilación de nitrógeno fueron realmente igual y comparado con el testigo absoluto si fue superior.

## 2. Elemento Fósforo.

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.56	8	0.07	1.96	0.1119
COADYUVANTES	0.22	2	0.11	3.15	0.0671
DOSIS	6.8E-04	2	3.4E-04	0.01	0.9906
BLOQUE	0.33	2	0.17	4.68	0.0230
COADYUVANTES*DOSIS	4.8E-04	2	2.4E-04	0.01	0.9933
Error	0.64	18	0.04		
Total	1.20	26			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.18715**

Error: 0.0357 gl: 18

COADYUVANTES	Medias	n	E.E.	
Testigo	0.34	9	0.07	A
Agrex	0.15	9	0.07	A B
Megasur	0.13	9	0.07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

En cuanto al elemento Fósforo no existió diferencia entre Megasur y Agrex tomando como referencia el testigo el Coadyuvante Agrex no presentó diferencia solamente el Megasur manifestó propiciar más asimilación por parte de la planta con el elemento Fósforo.

## 3. Elemento Calcio.

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.32	8	0.04	0.92	0.5216
COADYUVANTES	0.12	2	0.06	1.40	0.2725
DOSIS	5.8E-04	2	2.9E-04	0.01	0.9934
BLOQUE	0.20	2	0.10	2.26	0.1335
COADYUVANTES*DOSIS	2.2E-03	2	1.1E-03	0.02	0.9755
Error	0.79	18	0.04		
Total	1.11	26			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.20721**

Error: 0.0438 gl: 18

COADYUVANTES	Medias	n	E.E.	
Testigo	0.27	9	0.08	A
Agrex	0.14	9	0.08	A
Megasur	0.12	9	0.08	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

En cuanto a la asimilación del elemento Calcio no presentó ninguna diferencia entre cada uno de los factores considerando el tipo de coadyuvantes y sus dosis no hay diferencias que estadísticamente sea significativa.

#### 4. Elemento Magnesio

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23.93	8	2.99	11.18	<0.0001
COADYUVANTES	23.85	2	11.93	44.59	<0.0001
DOSIS	2.8E-04	2	1.4E-04	5.2E-04	0.9995
BLOQUE	0.08	2	0.04	0.14	0.8683
COADYUVANTES*DOSIS	8.8E-04	2	4.4E-04	1.6E-03	0.9984
Error	4.81	18	0.27		
Total	28.75	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.51219

Error: 0.2675 gl: 18

COADYUVANTES	Medias	n	E.E.	
Testigo	2.11	9	0.20	A
Agrex	0.12	9	0.20	B
Megasur	0.11	9	0.20	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

En cuanto al elemento Magnesio entre el Testigo y Agrex, hubo diferencia igualmente el Coadyuvante presentó diferencia comparado con el testigo, pero entre el coadyuvante Agre y el coadyuvante Megasur no se presentó diferencia.

#### 5. Elemento Potasio

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.92	8	0.86	17.64	<0.0001
COADYUVANTES	5.99	2	2.99	61.10	<0.0001
DOSIS	0.50	2	0.25	5.13	0.0173
BLOQUE	0.40	2	0.20	4.05	0.0354
COADYUVANTES*DOSIS	0.03	2	0.01	0.28	0.7558
Error	0.88	18	0.05		
Total	7.80	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.21926

Error: 0.0490 gl: 18

COADYUVANTES	Medias	n	E.E.	
Agrex	2.18	9	0.09	A
Megasur	1.90	9	0.09	B
Testigo	1.07	9	0.09	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Entre el testigo, agrex y el coadyuvante Megasur los valores fueron diferentes entre sí presentando un valor por debajo del valor Alfa 0.05 siendo igual a 0.0001.

## 6. Elemento Cobre.

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.92	8	0.86	17.64	<0.0001
COADYUVANTES	5.99	2	2.99	61.10	<0.0001
DOSIS	0.50	2	0.25	5.13	0.0173
BLOQUE	0.40	2	0.20	4.05	0.0354
COADYUVANTES*DOSIS	0.03	2	0.01	0.28	0.7558
Error	0.88	18	0.05		
Total	7.80	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.21926

Error: 0.0490 gl: 18

COADYUVANTES Medias n E.E.

Agrex	2.18	9	0.09	A
Megasur	1.90	9	0.09	B
Testigo	1.07	9	0.09	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Existió diferencia estadística entre cada uno de los coadyuvantes considerando sus dosis superando ambos al testigo y se puede decir que si existió diferencia con relación al testigo en ambos coadyuvantes para el elemento Cobre.

## 7. Elemento Zinc

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	85.62	8	10.70	4.49	0.0039
COADYUVANTES	70.98	2	35.49	14.88	0.0002
DOSIS	2.99	2	1.50	0.63	0.5454
BLOQUE	9.10	2	4.55	1.91	0.1774
COADYUVANTES*DOSIS	2.55	2	1.28	0.53	0.5947
Error	42.94	18	2.39		
Total	128.57	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.52970

Error: 2.3856 gl: 18

COADYUVANTES Medias n E.E.

Megasur	6.76	9	0.61	A
Agrex	5.99	9	0.61	A
Testigo	3.00	9	0.61	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Ambos coadyuvantes entre si no existió diferencia estadística ya que presentaron datos similares, pero ambos tomando como referencia al testigo absoluto si presentaron diferencia estadística con un valor del 0.0039 que estuvo por debajo del valor Alfa.

## 8. Elemento Hierro.

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3077.05	8	384.63	2.48	0.0526
COADYUVANTES	2017.04	2	1008.52	6.49	0.0075
DOSIS	270.72	2	135.36	0.87	0.4354
BLOQUE	443.23	2	221.61	1.43	0.2661
COADYUVANTES*DOSIS	346.05	2	173.03	1.11	0.3500
Error	2797.16	18	155.40		
Total	5874.20	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=12.34598

Error: 155.3975 gl: 18

COADYUVANTES Medias n E.E.

Agrex	73.85	9	4.89	A
Megasur	69.98	9	4.89	A
Testigo	53.89	9	4.89	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Para elemento hierro solo existió diferencia entre Agrex comparado con el testigo absoluto y Megasur tomando como referencia el testigo absoluto. Presentando un valor p de 0.0075.

## 9. Elemento Manganeso.

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	124.18	8	15.52	2.23	0.0752
COADYUVANTES	93.65	2	46.83	6.73	0.0066
DOSIS	11.47	2	5.74	0.82	0.4546
BLOQUE	10.70	2	5.35	0.77	0.4784
COADYUVANTES*DOSIS	8.36	2	4.18	0.60	0.5594
Error	125.31	18	6.96		
Total	249.49	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.61318

Error: 6.9619 gl: 18

COADYUVANTES Medias n E.E.

Agrex	23.56	9	1.03	A
Megasur	22.93	9	1.03	A
Testigo	19.33	9	1.03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El elemento Manganeso presentó valores superiores en ambos coadyuvantes sobre el testigo, pero entre sí, los coadyuvantes Agrex y Megasur no presentaron diferencias

significativas en relación con el elemento, presentando un valor P de 0.006 para la variable Dosis y 0.00752 para variable Coadyuvantes.

## 10. Elemento Boro

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	367.54	8	45.94	4.96	0.0023
COADYUVANTES	308.44	2	154.22	16.65	0.0001
DOSIS	0.96	2	0.48	0.05	0.9497
BLOQUE	56.41	2	28.21	3.04	0.0726
COADYUVANTES*DOSIS	1.74	2	0.87	0.09	0.9109
Error	166.73	18	9.26		
Total	534.28	26			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.01424**

*Error: 9.2630 gl: 18*

**COADYUVANTES Medias n E.E.**

Agrex	16.45	9	1.19	A
Megasur	15.35	9	1.19	A
Testigo	8.80	9	1.19	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)*

Entre cada uno de los coadyuvantes Megasur y Agrex se presentó diferencia, pero, en relación con el testigo ambos fueron superiores presentando una diferencia estadística.

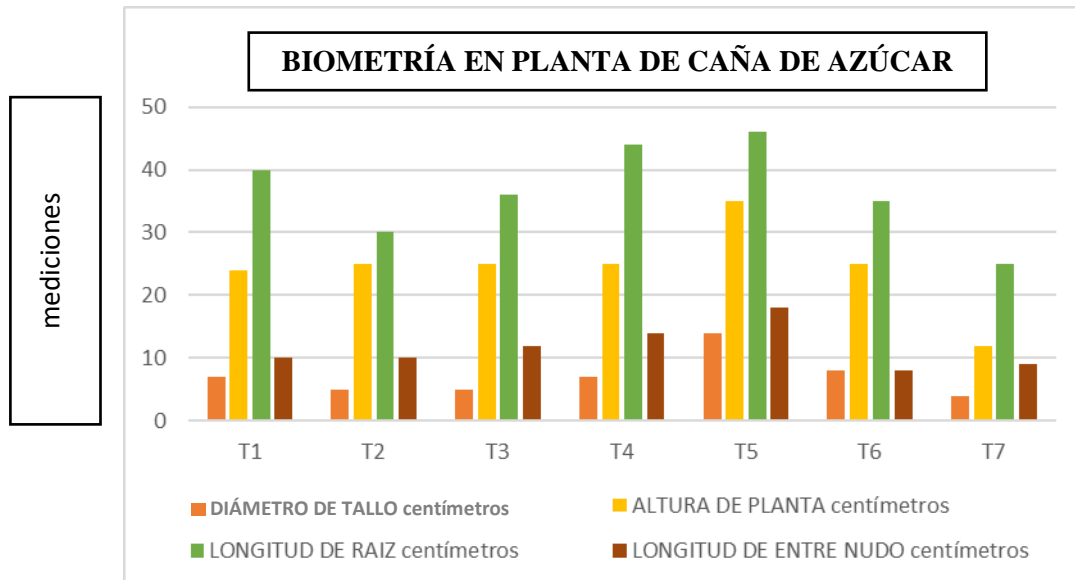
#### D. Media de los valores de biométricas por tratamiento

No. Repetición	Tratamiento	Diámetro de tallo (cm)	Altura de planta (Metros)	Longitud de raíz (cm)	Longitud de entrenudo (cm)
1	1	7	2.4	38	10
2	1	7	2.4	43	10
3	1	6	2.6	40	11
1	2	5	2.2	33	11
2	2	5	2.5	28	12
3	2	1	2.3	22	8
1	3	7	2.4	35	12
2	3	7	2.4	37	11
3	3	7	2.3	28	11
1	4	8	2.5	44	13
2	4	7	2.5	42	14
3	4	7	2.4	46	13
1	5	17	3.9	44	18
2	5	15	3.7	48	15
3	5	18	3.4	47	14
1	6	8	2.3	33	9
2	6	9	2.5	34	11
3	6	8	2.6	35	12
1	7	5	1.4	22	9
2	7	6	1.1	23	9
3	7	4	1.1	27	8

**Cuadro 4:** Resultados de la biometría de los tratamientos (altura, diámetro, raíz y nudos)

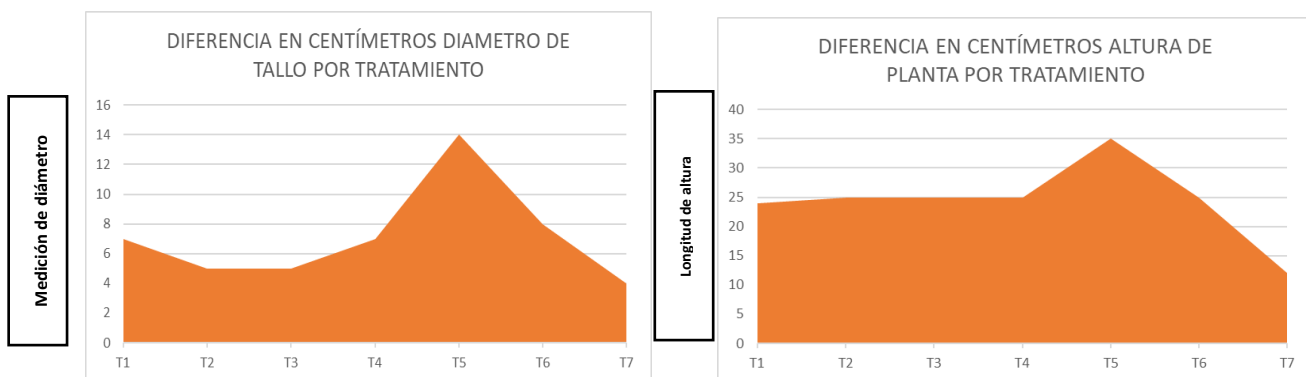
Tratamiento	Coadyuvante	Dosis
TF1	Megasur	0.15 Lts / ha
TF2	Megasur	0.20 Lts / ha
TF3	Megasur	0.25 Lts / ha
TF4	Agrex	0.15 Lts / ha
TF5	Agrex	0.20 Lts / ha
TF6	Agrex	0.25 Lts / ha
TF7	Testigo	0 Lts /ha

**Cuadro 5:** Dosis de aplicación por tratamiento

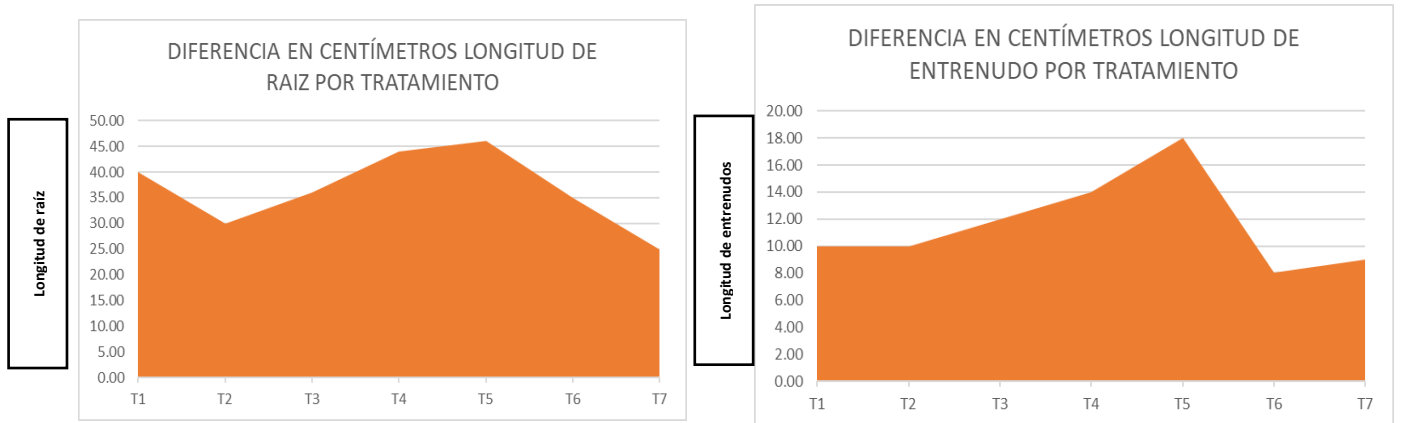


**Gráfica 3:** Parámetro biométrico

El tratamiento con un diámetro mayor fue el tratamiento 5 que consistió en aplicar una dosis de 0.20 Litros por hectárea del coadyuvante Agrex, en cuanto a la altura de tallo el tratamiento fueron los tratamientos 3, 4 y 6 fueron los que mayor altura presentaron las plantas en el experimento y en cuanto a la cantidad de laminar foliar el tratamiento 5 fue quien nuevamente presento mayor cantidad de lámina foliar.



**Gráfica 4:** Tendencia desarrollo diámetro de tallo y altura de planta por tratamiento.



**Gráfica 5:** Comparación de Longitud de raíz y entrenudos por tratamiento

(Ingenio Pantaleón 2022)

Se realizaron muestreos considerando 5 metros dentro de cada unidad experimental para determinar los datos comparados anteriormente, donde se evidencia una tendencia a superación del tratamiento 5.

### **E. Análisis de Varianza**

Utilizando como variable de respuesta la biometría (tasa de crecimiento relativo) de la planta se obtuvieron los siguientes resultados:

RGR (Tasa de crecimiento relativo)

$$(S1-S2-/T)$$

### Variables de Biometria

Indice de Crecimiento relativo por cada uno de los tratamientos. Frecuencia de muestre cada 15 dias

Tratamiento	Altura de la planta S1	Altura de la planta S2	Tasa de crecimiento Relativo de la planta
1	23	24	22.5
2	22	23	21.5
3	23	24	22.5
4	24	25	23.4
5	34	37	34.7
6	23	25	23.5
7	10	11	10.3

**Cuadro 6:** Análisis estadístico de la biometría por tratamiento.

(Ingenio Pantaleón, 2022)

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Caso	21	0.84	0.55	37.98

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	647.83	13	49.83	2.86	0.0847
INDICE DE CRECIMIENTO	647.83	13	49.83	2.86	0.0847
Error	122.17	7	17.45		
Total	770.00	20			

No se encontró una diferencia estadísticamente, se obtuvo un valor de 0.08447 siendo superior del valor alfa P 0.005.

Se presentaron los resultados de la comparación de las 3 repeticiones de cada tratamiento, donde se indicó para cada uno de los parámetros a medir en cada tratamiento. Indicando que entre tratamiento. (Ruano, 2022)

Se presentaron los resultados de la comparación de las 3 repeticiones de cada tratamiento, donde indica para cada uno de los parámetros a medir en cada tratamiento. Presentaron diferencia estadística. (Ruano 2022)



**Figura 4:** Herramientas de medición de la biometría



**Figura 5:** Medición en campo

Fuente: (Ingenio Pantaleón)

## F. Estudio económico Beneficio / Costo por tratamiento.

(0.02-0.07 m/ diamtro tallo = 1195 tallos / tonelada métrica) 0.08-0.18 m diametro = 980 tallos / tm						
Tratamiento	Metros Lieales/	Tallos	Población de tallos/	Población de tallos/	Tallos/Tm	Tm/ha CAÑA
1	500	8	4000	45712	diametro0.07=1195	38
2	500	9	4500	51426	diametro=0.05=1195	43
3	500	10	5000	57140	diametro=0.02=1195	48
4	500	7	3500	39998	diametro=0.04=1195	33
5	500	13	6500	74282	diametro=0.14=980	76
6	500	8	4000	45712	diametro=0.08=980	47
7	500	7	3500	39998	diametro=0.12=980	41

**Cuadro 7:** Rendimiento por tratamiento

Tratamiento	qq azúcar/ha AZÚCAR	Q/ha	\$/ha
1	383	Q147,627.35	Q19,709.93
2	430	Q165,743.50	Q22,128.64
3	478	Q184,245.10	Q24,598.81
4	335	Q129,125.75	<b>Q17,239.75</b>
5	758	Q292,171.10	<b>Q39,008.16</b>
6	466	Q179,619.70	Q23,981.27
7	335	Q129,125.75	<b>Q17,239.75</b>

(Ingenio Pantaleón, 2022) **Cuadro 8:** Costo/Tratamiento.

Cada tratamiento presento un rendimiento el cual fue comparado entre sí y también fue comparado en referencia al testigo, donde el tratamiento T5 (aplicación con Surfactante Agrex a una dosis de 0.20 Lts / ha) generó 35 toneladas de azúcar sobre el rendimiento que obtuvo el testigo, seguido el tratamiento T3 con 7 toneladas más y finalmente el tratamiento T6 con un rendimiento de 6 toneladas más en comparación al testigo. la superación que obtuvo cada tratamiento sobre el testigo se detalla tanto en el Cuadro #8.

Tratamiento	Costo/ha	Rendimiento monetario/ha	utilidad	Indice beneficio/Costo
1	\$11,628.00	\$19,709.93	\$ 8,081.93	1.7
2	\$13,330.00	\$22,128.64	\$ 8,798.64	1.66
3	\$14,976.00	\$24,598.81	\$ 9,622.81	1.64
4	\$10,098.00	\$17,239.75	\$ 7,141.75	1.71
5	\$23,560.00	\$39,111.08	\$ 15,551.08	1.66
6	\$14,617.00	\$23,981.27	\$ 9,364.27	1.64
7	\$10,263.00	\$17,239.75	\$ 6,976.75	1.68

**Cuadro 9:** Índice financiero B/C.

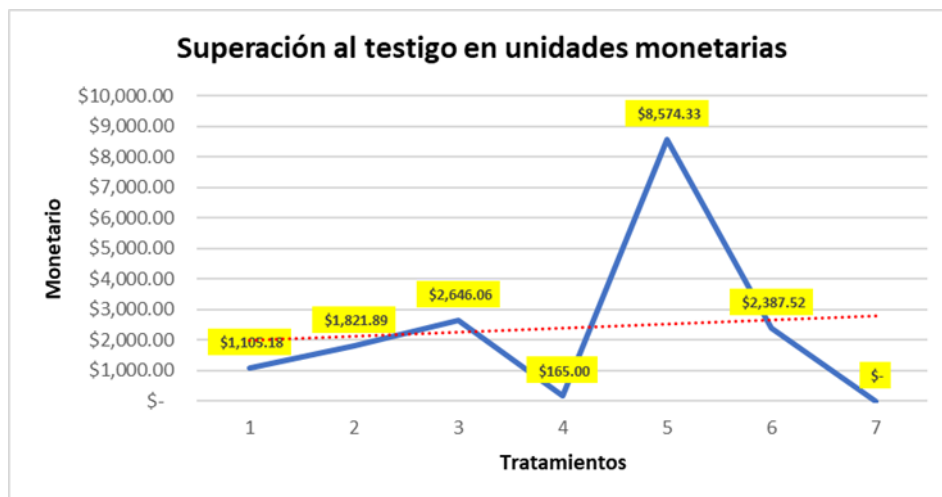
(Ingenio Pantaleón. 2022)

En la proyección del beneficio costo, los datos presenta positivamente en cada tratamiento, no teniendo perdidas que afecte en el costo, se analizó dos escenarios, que el tratamiento 1 y 4 son con mejores índices del B/C. representando los mejores números en cuando lo superioridad de los de más tratamientos.

Tratamiento	Superación al testigo en unidades monetarias	% superación
1	\$ 1,105.18	7%
2	\$ 1,821.89	11%
3	\$ 2,646.06	16%
4	\$ 165.00	1%
5	\$ 8,574.33	51%
6	\$ 2,387.52	14%
7	\$ -	0%
<b>Totales</b>	16699.98	100%

**Cuadro 10:** Resultado monetario por unidad

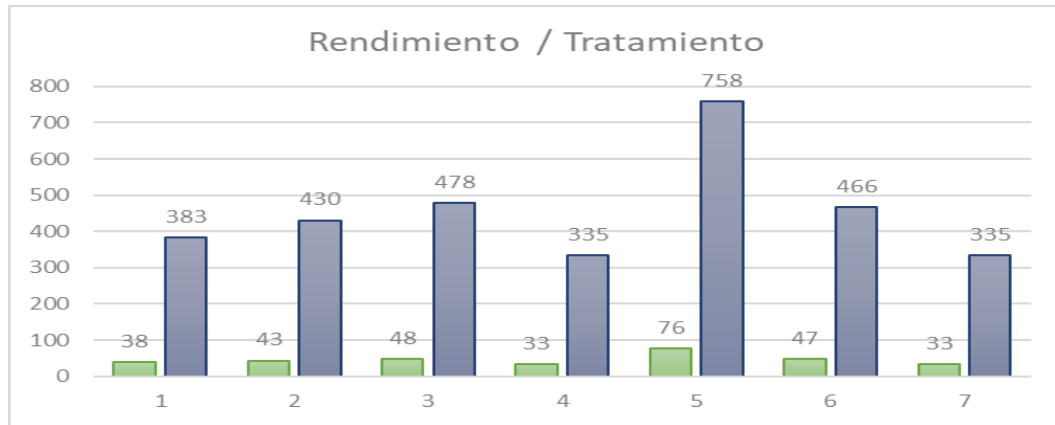
La superioridad de la unidad monetaria, con el porcentaje con mayor superioridad es el tratamiento 5 con el 51% sobrepasando la mitad del resto, retribuyendo una ganancia de 8574.33, el tratamiento 4 representa el menor índice de inferioridad contando solo con el 1% con una ganancia de 165.



**Gráfica 6:** Comparativa generación de beneficio económico en referencia al testigo.

(Hamilton, 2022)

Rendimiento por tratamiento (toneladas azúcar por hectárea y qq de azúcar por ha)(cuadro 7). El tratamiento con mayor utilidad fue el tratamiento T5 con 15,551.08 dólares condicionados por el alto rendimiento que obtuvo en campo en comparación al testigo hubo una superación de 8,574.33 dólares lo que significa que el uso del correcto coadyuvante y en la dosis correcta puede condicionar el rendimiento y mejorarlo significativamente. Considerando como una excelente alternativa para mejorar la penetración de sustancias tales como nutrientes a las plantas del cultivo de caña de azúcar.



**Gráfica 7:** Rendimiento por tratamiento

Verde= Toneladas de azúcar

Azul= quintales de azúcar

Hamilton, 2022

El tratamiento 5 superó a todos los tratamientos seguido del tratamiento 3 y tratamiento 6 ya que los rendimientos detallados en el Cuadro 7 evidencia los resultados obtenidos en toneladas de azúcar y quintales de azúcar en cada uno de los tratamientos.

## VIII. CONCLUSIÓN

La presente investigación se realizó con el objetivo de medir la asimilación de nutrientes e incremento de rendimiento que genera el uso de coadyuvantes en el manejo agronómico del cultivo de caña de azúcar, siendo una de las variables medidas las ppm y porcentaje de cada nutriente obtenidos mediante un análisis foliar por cada tratamiento, la segunda variable de respuesta fue parámetros de biometría, tales como altura de planta, diámetro de tallo, longitud de raíz, tamaño de entre nudo y, por último, se determinó el índice financiero beneficio costo, con los resultados de las tres variables de respuesta se concluye que el mejor coadyuvante en esta investigación fue el producto Agrex, ya que en el tratamiento 5 supero en un 36% al tratamiento 1 el cual fue el mejor de los 3 evaluados con Megasur y el mejor evaluado con Agrex, comparando ambos resultados se notó una diferencia significativa.

Estadísticamente fue poca la diferencia, pero representado financieramente los valores de superación son importantes, por ello se concluye que el coadyuvante Megasur producido y en procesos de experimentación debe sustituir al Coadyuvante Agrex ya que actualmente se compra y es un ahorro que se puede generar, además en comparación con el testigo supera al mismo siendo más viable para la planta presentado más asimilación de nutrientes reflejado en biometría.

Es importante considerar que se recomienda evaluar en otros cultivos, pero para los objetivos fijados en la presente investigación se obtuvieron resultados notorios de superación del producto agrex sobre el producto Megasur, también es importante mencionar que se debe considerar la dosis ya que en los 3 tratamientos con Agrex los cuales fueron T4, T5, T6 hubo variación en los resultados. En cuanto al índice financiero beneficio costo en el tratamiento T5 por cada dólar invertido genera 0.96 de dólar de utilidad, seguido por el tratamiento

Testigo que, aunque tubo menos rendimiento con relación a su costo fue el segundo con mejor índice beneficio costo donde por cada dólar invertido se genera 0.69 de dólar de utilidad, posteriormente le siguió el tratamiento T1 Y T4 ambos con una utilidad de 0.68 de dólar por cada dólar invertido.

## **IX. RECOMENDACIÓN**

Se recomienda que tanto el coadyuvante Megasur y Agrex se evalúen utilizando más dosis y en diferentes estratos altitudinales, así también es importante sea evaluado en cultivos de mayor importancia económica de la zona.

Según esta investigación se recomienda utilizar el coadyuvante Agrex en una dosis de 0.20 Litros por hectárea, tomando en cuenta que habrá una diferencia para cuando se utilice con herbicidas, insecticidas, fungicidas y fertilizantes.

En investigaciones futuras se recomienda medir parámetros como efecto de corcho, acame y tomar en cuenta edad del cultivo (si es plantilla o recepa), los datos de rendimiento puedan ser colectados en campo, ingreso a fábrica y beneficiado.

## X. BIBLIOGRAFÍA.

- Arropide, (2004). *Criterios para el uso de aditivos y coadyuvantes*. CALISTER S.A. Uruguay. Obtenido de [https://www.calister.com.uy/wp-content/uploads/2016/06/1311182916Criterios\\_para\\_el\\_uso\\_de\\_Aditivos\\_y\\_Coadyuvantes.pdf](https://www.calister.com.uy/wp-content/uploads/2016/06/1311182916Criterios_para_el_uso_de_Aditivos_y_Coadyuvantes.pdf)
- Fronidizi. (2018). *Aplicaciones agrícolas de calidad y uso de coadyuvantes de última generación*. Programa Gota protegida. Argentina Recuperado de: <https://gotaprotegida.com/wp-content/uploads/2020/06/Manual-gotaprotegida.pdf>
- INTA, (2013) *Coadyuvantes*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina Recuperado de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-aplicacin\\_eficiente\\_de\\_fitosanitarios\\_cap\\_9\\_coad.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-aplicacin_eficiente_de_fitosanitarios_cap_9_coad.pdf)
- Liva Pedro D, (2013). *Ámbito de recomendación de aditivos o Coadyuvantes en pulverizaciones Agrícolas*. Instituto nacional de tecnología agropecuaria. Argentina
- Reyes. (2009). *Aplicación del diseño experimental en el desarrollo de las prácticas internas, en el área de operaciones unitarias*. USAC. Guatemala Recuperado de: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1138\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1138_Q.pdf)
- UTA, (2002). *Evaluación de coadyuvantes botánicos y abono orgánico (biol) enriquecido con minerales en el cultivo de col*. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/5537>