

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRICOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRICOLAS CON ENFASIS EN GERENCIA AGRICOLA

EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN FOLIAR EN
ARROZ VARIEDAD CFX-18; TAXISCO, SANTA ROSA
TESIS DE GRADO

PEDRO JOSE BRIZ MENDOZA
CARNET 12485-06

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, SEPTIEMBRE DE 2015
CAMPUS CENTRAL

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN FOLIAR EN
ARROZ VARIEDAD CFX-18; TAXISCO, SANTA ROSA
TESIS DE GRADO

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

POR
PEDRO JOSE BRIZ MENDOZA

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO
ACADEMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, SEPTIEMBRE DE 2015
CAMPUS CENTRAL

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

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

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

MGTR. ADÁN OBISPO RODAS CIFUENTES

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. EDGAR AMÍLCAR MARTÍNEZ TAMBITO
MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN
MGTR. RODOLFO ESTUARDO VÉLIZ ZEPEDA

Guatemala 19 de Junio de 2015.

Miembros del Consejo
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar
Campus Central

Estimados Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado al estudiante Pedro José Briz Mendoza, carné 1248506, en la ejecución de su trabajo de graduación, titulado: "Efecto de tres programas de fertilización foliar de micronutrientes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*, L) con la variedad CFX-18 en secoano".

Considero que el trabajo cumple con los requisitos establecidos por la Facultad, por lo que sugiero su aprobación y se emita la autorización para la impresión del mismo.

Atentamente:

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Adán Rodas Cifuentes". The signature is stylized and written in a cursive script.

Ing. Agr. M. Sc. Adán Rodas Cifuentes
Colegiado 1004. Código URL 11113



Universidad
Rafael Landívar
Tradicón Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06327-2015

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante PEDRO JOSE BRIZ MENDOZA, Carnet 12485-06 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus Central, que consta en el Acta No. 0673-2015 de fecha 8 de agosto de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN FOLIAR EN
ARROZ VARIEDAD CFX-18; TAXISCO, SANTA ROSA

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

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 7 días del mes de septiembre del año 2015.


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



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios por estar conmigo y guiarme en cada momento de mi vida, dándome sabiduría para poder terminar mis estudios y cumplir mis metas.

Mi familia por el apoyo incondicional.

La Universidad Rafael Landívar

Al equipo de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, por el apoyo y asesoría durante todo el proceso.

Ing. Adán Rodas por la asesoría para realizar mi tesis.

A mi esposa Gabriela Soto de Briz, por su apoyo que me ha brindado a lo largo de mi carrera universitaria.

A Everardo Sandoval, creando el espacio para incursionar en la investigación de arroz en seco en la finca San José Los Llanos. Y a todos los colaboradores que me proporcionaron ayuda en campo.

DEDICATORIA

- A DIOS:** Por ser el principal motor y guía en mi diario vivir y en quien encomiendo mis pasos.
- A MIS PADRES:** Dr. José Fidel Briz García
Julia Patricia Mendoza Hernández
Por ser unos grandes padres de bendición para mi vida y por la buena enseñanza que me dieron para poder terminar mis estudios. También por su amor y apoyo en todo momento.
- A MIS HERMANAS:** Ing. Ana Lucia Briz Mendoza
Ing. Julia María Briz Mendoza
Por su apoyo y amor incondicional.
- A MI ESPOSA:** Gabriela Ester Soto de Briz
Por ser parte de mi vida, estar en toda mi carrera Universitaria brindándome su apoyo en todo momento y su amor incondicional.
- A MIS ABUELOS:** Jesús Briz
Lic. María Teresa García de Briz
General. Rene Mendoza Palomo
Julia Hernández de Mendoza
Por su amor y apoyo conmigo.
- A MI ASESOR:** Ing. Agr. Adán Rodas
Por toda su dedicación, tiempo y apoyo en la elaboración de éste documento.
- A MIS AMIGOS:** Por todo su apoyo y amistad

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	I
SUMARY	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE ARROZ	3
2.1.1 Descripción de la planta	3
2.1.2 Clasificación taxonómica (Croquist, 1976)	4
2.1.3 Requerimiento de clima y suelo	4
2.1.4 Establecimiento del cultivo de arroz	5
2.1.4.1 Preparación del terreno	5
2.1.5 Siembra	5
2.1.6 Plagas del arroz	6
2.1.7 Enfermedades del arroz	6
2.1.8 Control de malezas	7
2.1.9 Fertilización del arroz	7
2.1.10 Fertilización de elementos mayores	8
2.1.11 Cosecha	9
2.1.12 Comercialización de arroz	10
2.2 APLICACIÓN DE FERTILIZACIÓN FOLIAR	11
2.3 DIFERENCIAS DE FERTILIZACIÓN FOLIAR	11
2.4 EFECTOS DEL MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN ARROZ DE RIEGO, SOBRE LA EXPRESIÓN DEL POTENCIAL DEL RENDIMIENTO DE LÍNEAS ÉLITE Y CULTIVARES COMERCIALES	12
2.4.1 Aplicación de nitrógeno en seco	12
2.4.2 Aplicación de nitrógeno en pre-siembra o antes de inundación con lámina permanente	13
2.5 REQUERIMIENTOS DE LA VARIEDAD CFX-18 PARA LA PRODUCCIÓN DE 5,000 kg/ha DE ARROZ	14
2.5.1 Características de la variedad de arroz CFX 18	15
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	16
IV. OBJETIVOS	17
4.1 OBJETIVO GENERAL	17
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
V. HIPÓTESIS	18
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	19
6.1 LOCALIZACIÓN DEL AREA DEL TRABAJO	19
6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL	20
6.3 FACTOR ESTUDIADO	20
6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	21
6.4.1 Descripción del tratamiento 1	21

6.4.2	Descripción del tratamiento 1 de fertilización de micronutrientes	22
6.4.3	Descripción del tratamiento 2	23
6.4.4	Descripción del tratamiento 2 de fertilización de micronutrientes	24
6.4.5	Descripción del tratamiento 3	25
6.4.6	Descripción del tratamiento 3 de fertilización de micronutrientes	25
6.4.7	Descripción del testigo	26
6.5	DISEÑO EXPERIMENTAL	26
6.5.1	MODELO ESTADÍSTICO	26
6.6	UNIDAD EXPERIMENTAL	27
6.7	CROQUIS DE CAMPO	27
6.8	MANEJO DEL EXPERIMENTO	28
6.8.1	Preparación del terreno	28
6.8.2	Siembra	28
6.8.3	Fertilización granulada	28
6.8.4	Fertilización foliar de micronutrientes	29
6.8.5	Control de malezas	29
6.8.6	Control de plagas	29
6.8.7	Enfermedades	30
6.8.8	Cosecha	30
6.9	VARIABLES DE RESPUESTA	30
6.9.1	Listado de la estructura de costos /ha de arroz en la finca San José Los Llanos, Taxisco Santa Rosa	31
6.10	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	31
6.11	ANÁLISIS FINANCIERO	32
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
7.1	RENDIMIENTO DEL GRANO	33
7.2	ALTURA DE LA PLANTA	35
7.3	EVALUACIÓN FINANCIERA	37
VIII.	CONCLUSIONES	40
IX.	RECOMENDACIONES	41
X.	BIBLIOGRAFÍA	40
XI.	ANEXOS	45
11.1	Recomendaciones respecto al análisis del laboratorio	45
11.2	Informe de análisis de suelos, de la finca San José Los Llanos.	45
11.3	Programa de fertilización del tratamiento 1	47
11.4	Programa de fertilización del tratamiento 2	47
11.5	Programa de fertilización del tratamiento 3	48
11.6	Rendimiento de peso del grano de arroz	49
11.7	Altura de planta de arroz	51
11.8	Diferencias de peso grano (kg/ha) de los tratamientos evaluados versus testigo.	53
11.9	Diferencias en la rentabilidad de los tratamientos evaluados versus testigo.	53
11.10	Humedad	53

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Comercialización del arroz (Arrozgua, 2011).	10
Figura 2. Mapa de la localización de la finca San José Los Llanos	19
Figura 3. Distribución de los tratamientos en el campo	27

ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Resistencia a plagas y enfermedades de la variedad de arroz CFX-18	15
Cuadro 2.	Programa de fertilización del tratamiento 1 para el cultivo de arroz	21
Cuadro 3.	Programa de fertilización del tratamiento 2 para el cultivo de arroz.	23
Cuadro 4.	Programa de fertilización del tratamiento 3 para el cultivo de arroz.	25
Cuadro 5.	Estructura de costos por hectárea de arroz en secano en la finca San José Los Llanos.	29
Cuadro 6.	Rendimiento de grano de arroz (kg/ha) de los programas de fertilización foliar evaluados.	33
Cuadro 7.	Análisis de varianza para el rendimiento de grano de arroz (kg/10 m ²) en la investigación del efecto de tres programas de fertilización foliar. Taxisco, Santa Rosa, 2010.	33
Cuadro 8.	Prueba de medias tukey para la variable rendimiento de grano de arroz, cultivado con tres programas de fertilización foliar. Taxisco, Santa Rosa, 2010.	34
Cuadro 9.	Altura promedio de las plantas de arroz (cm) de los programas de fertilización foliar estudiados. Taxisco, Santa Rosa, 2010.	35
Cuadro 10.	Análisis de varianza para la variable altura de planta de arroz (cm), en la investigación del efecto de tres programas de fertilización foliar. Taxisco, Santa Rosa, 2010.	35
Cuadro 11.	Prueba de medias tukey para la variable altura de planta de arroz (cm), en la investigación del efecto de tres programas de fertilización foliar. Taxisco, Santa Rosa, 2010.	36
Cuadro 12.	Costos de producción de arroz (Q/ha) en la finca San José Los Llanos, Taxisco, Santa Rosa, 2010.	37
Cuadro 13.	Costo por kilogramo de grano de arroz producido en cada uno de los programas evaluados. Taxisco, Santa Rosa 2010.	38
Cuadro 14.	Ingreso por Venta por Producto	38
Cuadro 15.	Ingreso Neto	38
Cuadro 16.	Rentabilidad de los programas de fertilización foliar evaluados en cultivo de arroz. Taxisco, Santa Rosa 2010.	39
Cuadro 17.	Porcentaje de humedad en el grano de arroz de cada unidad experimental de cada tratamiento estudiado	54

EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN FOLIAR EN ARROZ VARIEDAD CFX-18; TAXISCO, SANTA ROSA

RESUMEN

La investigación se desarrolló en la finca San José Los Llanos, ubicada en carretera a Monterrico, km 121, Taxisco, Santa Rosa. El objetivo fue determinar el efecto de la aplicación foliar de micronutrientes, en el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). El diseño experimental utilizado fue bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en programas de fertilización foliar. El primero se estableció con base en los productos y recomendaciones de la casa comercial Gallina Ciega; el segundo correspondió a recomendación de la empresa Stoller, y el tercero fue la recomendación de la BASF; a estos tratamientos se les agregó un testigo absoluto. La variable respuesta fue: rendimiento de grano, altura de planta, costos e ingresos. De acuerdo a los resultados, todos los tratamientos de fertilización foliar superaron al testigo en rendimiento de grano y altura de planta. El análisis financiero indicó que la mayor rentabilidad correspondió al tratamiento 2 (30.16% vs 1.30% del testigo), cuyo coste de producción fue el más bajo. Para condiciones edafoclimáticas similares a las prevalecientes en el lugar donde se realizó la investigación, se recomienda utilizar el tratamiento 2; de no disponer de los insumos que involucra éste tratamiento, utilizar el tratamiento 1 (20.67% de rentabilidad).

RESULTS ON FOLIAR FERTILIZATION PROGRAMS IN RICE VARIETY CFX-18 TAXISCO, SANTA ROSA

SUMMARY

The investigation went on at San Jose Los Llanos Ranch, located at km 121, Monterrico, Taxisco, Santa Rosa. The objective was to determine the effect of three foliar fertilization programs, in the outcome of the rice crop (*Oryza sativa*, L). The experimental design used was blocks at random with four treatments and four repetitions. The treatments consisted on three foliar fertilization programs, based on recommendation of three commercial industries. An absolute witness was added to these treatments. The response variable was: grain performance, height of the plant, costs, and income. According to these results, all foliar fertilization treatments exceeded the witness in grain performance and height of the plant. The financial analysis indicated that the greatest profitability corresponded to the second treatment (30.16% vs 1.30% witness), with the lowest cost production. For similar edaphoclimatic conditions to those prevailing on the site where the investigation went on, it is recommended to follow the second treatment; if the supplies involved in this treatment are not available, go for the first treatment (20.67% profitability).

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del arroz comenzó hace casi 10,000 años, en regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz, debido a que en ella abundaban los arroces silvestres. Pero el verdadero desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas y altas. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo. A Guatemala se introdujo en tiempo de la colonia (Arrozgua, 2011).

La demanda de arroz en el mundo es creciente y no se prevén saltos de producción en los próximos años. Por tal razón, las reservas vienen disminuyendo gradualmente y los precios mantienen una tendencia ascendente, agravándose debido al cambio climático (Arrozgua, 2011).

Se han hecho evaluaciones sobre la relación producción/consumo y se ha concluido que la región centroamericana no es autosuficiente en la producción de arroz. Por lo que se importa de Estados Unidos, China, Argentina y México. Para la región se importa 150,000 toneladas de arroz. La tendencia es a la ampliación de la brecha entre la zona de la producción y el consumo, lo que cada vez está siendo satisfecha con importaciones. La importación anual de arroz para Guatemala es de 36,100,000 kg/anuales (Arrozgua, 2011).

De acuerdo a estimaciones realizadas por la FAO, se considera que a nivel mundial el rendimiento promedio anual alcanza las 3,900 kg/ha. Las áreas cultivadas en Guatemala se localizan en Izabal, Jutiapa, San Marcos, **Retalhuleu**, Petén, **Escuintla**, **Chiquimula**, **Alta Verapaz** y Santa Rosa; alcanza los 3,100.1kg/ha en promedio nacional. En los últimos años ha disminuido la producción en aproximadamente 50% de lo que era anteriormente, debido principalmente al incremento de áreas cultivadas de caña de azúcar y palma africana (Arrozgua, 2011).

Sin embargo, con la tecnología nueva y semillas mejoradas, Guatemala está resurgiendo en la producción de arroz. Sin embargo, aún persiste el problema de bajos rendimientos por área cultivada de arroz en Guatemala. Con la finalidad de contribuir a mejorar los rendimientos de arroz, con esta investigación se evaluaron tres programas de fertilización foliar, los productos son de las empresas Gallina Ciega, Stoller y BASF.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL ARROZ

2.1.1 Descripción de la planta

El arroz (*Oriza sativa*) es una monocotiledónea perteneciente a la familia Poaceae. Las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas. Posee dos tipos de raíces, seminales, que se originan de la radícula y son de naturaleza temporal y las raíces adventicias secundarias, que tienen una libre ramificación y se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven. Estas últimas sustituyen a las raíces seminales. El tallo se forma de nudos y entrenudos alternados, siendo cilíndrico, con nudos, glabro y de 60-120 cm de longitud. Las hojas son alternas, envainadoras, con el limbo lineal, agudo, largo y plano. En el punto de unión de la vaina y el limbo se encuentra una lígula membranosa, bífida y erguida que presenta en el borde inferior una serie de cirros largos y sedosos. Las flores son de color verde blanquecino dispuestas en espiguillas, cuyo conjunto constituye una panoja grande, terminal, estrecha y colgante después de la floración. La inflorescencia es una panícula determinada que se localiza sobre el vástago terminal, siendo una espiguilla la unidad de la panícula, y consiste en dos lemmas estériles, la raquilla y el flósculo. El grano de arroz es el ovario maduro del grano descascarado de arroz (*cariopside*), con el pericarpio pardusco, se conoce como arroz café (Mazariegos, Orellana y Geroni, 2008).

2.1.2 Clasificación taxonómica (Cronquist, 1976)

Reino	Vegetal
Subreino	Embriobionta
División	Tracheophyta
Subdivisión	Magnoliophytina
Clase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Poacoideaceas
Género	<i>Oryza</i>
Especie	<i>Oryza sativa</i> L.

2.1.3 Requerimientos de clima y suelo

Se cultiva el arroz principalmente en regiones tropicales y subtropicales, desde el nivel del mar hasta los 1,600 metros. Tiene un buen desarrollo con temperaturas que estén dentro de 20°C y 38 °C. Su requerimiento de lluvia oscila entre los 1,000 a 1,500 mm anuales. El cultivo se siembra en suelos arcillosos o franco limosos, también en suelos arenosos, con un pH que oscile entre 5.5 a 7.2 (Pazos, 1983). Las principales zonas productoras se localizan en los departamentos de Jutiapa, Escuintla, Santa Rosa, Suchitepéquez, Retalhuleu, San Marcos, Alta Verapaz, Izabal y El Petén (Gudiel, 1987).

El arroz es una planta anual. Existen dos formas de cultivar el arroz, el que se cultiva en inundación y en suelos secanos; ésta última es la forma en que más se cultiva en Guatemala. En ciertas zonas se pueden obtener hasta dos cosechas por año, con una temperatura de 26-32 °C. La precipitación promedio debe ser de 380 mm mensuales, siendo indispensable este requerimiento de agua durante el período de floración y pre-maduración del grano. Se necesita mucho sol cuando se cosecha y esté listo para su recolección (Vergara, 1990).

2.1.4 Establecimiento del cultivo de arroz

2.1.4.1 Preparación del terreno

Es necesario mecanizar el terreno con una buena aradura, a una profundidad de unos 70cm, 20 a 30 días antes de la siembra, seguida de cuatro pasos de rastra (Gudiel, 1987). El suelo debe de prepararse convenientemente a fin de controlar eficientemente las malezas, proporcionándole una buena cama para que un porcentaje alto de semilla de arroz germine y que no sean necesarias resiembras (Arrozgua, 2011).

Los pasos para una buena siembra son: arar el suelo dependiendo de las condiciones físicas del suelo y debe efectuarse regularmente a pocos días después de la cosecha anterior, con implementos como arados pesados y livianos ó con bueyes. Para rastrear el suelo se recomienda realizar varias pasadas de rastra, es conveniente rastrear cruzado, con eso se logra eliminar gran parte de la maleza y dejar bien mullido el suelo. Se compactará el suelo con un rodillo o tronco, se logra así que el herbicida trabaje de forma homogénea, que la humedad sea uniforme en el campo para que la germinación obtenga un porcentaje alto (Arrozgua, 2011).

2.1.5 Siembra

La semilla constituye la base y el elemento más importante en la producción agrícola por ser la portadora del potencial de rendimiento del grano de buena calidad. Lo mejor es utilizar semilla certificada, con ello se garantiza la cosecha, cuando se compra semilla no certificada se recomienda realizar un prueba a la semilla antes de colocarla en el campo (Arrozgua, 2011).

Para la prueba de germinación se siembra 100 semillas de arroz en una caja con tierra húmeda, regándolas cada 24 horas. Para la determinación del porcentaje de germinación: entre el sexto y octavo día se observa la semilla germinada, con la radícula vigorosa y sana, se cuentan y debe de haber por lo menos 85 semillas germinadas. El tratamiento a la semilla tiene como fin proteger al grano para que

germine correctamente, debe de tratarse con productos que existen en el mercado para control de hongos, insectos, etc. La siembra puede hacerse a mano o con máquina sembradora. A mano se tira al voleo la semilla. En el caso de hacerse en surcos, la distancia entre estos puede ser de 10 a 18cm (Pazos, 1983).

Si se siembra con máquina, la distancia entre surcos es de 20 a 30cm. La semilla queda distribuida dentro del surco en forma continua (Pazos,1983).La cantidad de semilla para sembrar una hectárea es de 100 a 120 kg. La máquina sembradora posee una graduación aproximada de 20cm entre mangueras y se emplea aproximadamente entre 100-120 kg de semilla/ha (Gudiel, 1987).

2.1.6 Plagas del arroz

Las plagas más importantes que atacan este cultivo son las siguientes: en el suelo, gallina ciega (*Phyllophagasp.*), gusano alambre (*Agriotesp.*), gusano nochero (*Prodeniasp.*) En el follaje, masticadores, gusano medidor (*Alabama argillae*), falso medidor (*Trichoplusiasp.*), gusano soldado (*Spodoterasp.*), barrenador o novia del arroz (*Rupellaalbinella*). En el follaje (chupadores) pulgón (*Aphissp.*), chinche de la planta (*Blissussp.*), chinche del grano (*Tribacasp.* y *Solubeasp.*), lorito verde (*Hortensia similis*) (Pazos, 1983).

2.1.7 Enfermedades del arroz

Las enfermedades más importantes que pueden afectar al arroz son el tizón o añublo, causada por el hongo *Pyricullariaorizae*. Recibe también el nombre de fuego o quema del arroz; esclerosis, provocada por el hongo *Corticiumsasaki*; mancha parda, causada por el hongo *Cochliobolusmiyabeamus*; mancha de la hoja, provocada por el hongo *Cercosporaorizae*(Gudiel, 1987).

2.1.8 Control de malezas

Las malezas ocasionan problemas serios durante todo el ciclo vegetativo del cultivo. Esto se debe a que en general, las semillas de las malezas germinan y emergen más rápidamente que las semillas de arroz, consumen nutrientes y hacen uso de la humedad del suelo que las plantas necesitan, especialmente en la etapa inicial de crecimiento, durante los primeros 30 días después de la siembra. Muchos agricultores acostumbran limpiar sus terrenos manualmente, empleando azadones y machete (Pazos, 1983). Esta actividad resulta de enorme importancia económica en el cultivo de arroz en Guatemala. Dentro de las especies que más compiten con el arroz se presentan estas malezas: *Echinochloa colonum*, *Rottboellia exaltata*, *Cyperus* sp., *Digitaria sanguinalis*, *Commelina*, *Anailemanudiflora*, *Scleria pterota*. En la actualidad lo más usual en control de malezas es utilizar herbicidas para la eliminación de los competidores (Gudiel, 1987).

2.1.9 Fertilización del arroz

Para obtener una excelente cosecha de arroz, la fertilización es necesaria, a fin de suministrar los elementos nutritivos indispensables para un buen desarrollo del cultivo y producción (Gudiel, 1987). Se recomienda aplicar diez días después de la siembra 220 kg/ha de la fórmula compuesta 15-15-15 por hectárea y dos aplicaciones de fertilizante nitrogenado, una a los 40 días después de la primera, a razón de 90 kg/ha y la otra, 30 días después de la segunda aplicación (Postigo, 1965).

El suelo proporciona los elementos adecuados en cantidades convenientes y en equilibrio apropiado para el crecimiento óptimo de las plantas; se conoce que para el crecimiento adecuado de las plantas se necesitan 16 elementos, mayores y menores. El carbono, hidrógeno y oxígeno lo toman las plantas del suelo, agua y aire, que comprenden el 90% de las necesidades de la planta (Arrozgua, 2011). Los elementos mayores que las plantas toman del suelo son el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. El nitrógeno produce buena formación de clorofila, sustancias

albuminoides, fomenta el crecimiento vegetal aumentando la producción. El fósforo es necesario en el crecimiento, sistema radicular, floración, formación del grano, su acción estimula la producción, acelera la madurez, la deficiencia se observa por el retraso en la formación de espigas. El potasio da resistencia a los tallos evitando el encamado, forma granos pesados, ricos en almidón y resistencia a algunas enfermedades. Los nutrientes requeridos en pequeñas cantidades son los elementos menores como manganeso, boro, zinc, cobre, hierro, molibdeno y cloro (Arrozgua, 2011).

2.1.10 Fertilización de elementos mayores

Los nutrimentos primarios el suelo no puede suministrarlos en las cantidades que se necesitan para el ejercicio agrícola de máximas utilidades. El fósforo (P) se establece como fosfato aprovechable (PO_4^{3-}). Estimula el crecimiento de las raíces, vigorosidad a la planta, acelera la maduración, ayuda a la formación de la semilla, les da vigorosidad a los granos para su almacenamiento. El nitrógeno (N) imparte un color verde intenso a las plantas, fomenta el crecimiento rápido, aumenta la producción de hojas, aumenta el contenido proteínico en los granos, la aplicación desbalanceada retarda la floración y la fructificación. El potasio (K) se establece como potasa aprovechable (K_2O). Imparte a la planta vigor y resistencia a enfermedades, ayuda la producción de proteína en las plantas, fortalece los tallos para reducir la necesidad de albergues, aumenta el tamaño y calidad del grano, ayuda a la formación y desplazamiento de almidones, azúcares y aceites (Gudiel, 1987).

Los nutrimentos secundarios se llaman así porque también los necesitan las plantas en cantidades bastante substanciales. El azufre (S), ingrediente esencial de la proteína, mantiene el color verde intenso, estimula la producción de semilla, da vigor a la planta, corrige la alcalinidad de la tierra. El calcio (Ca) activa la formación y crecimiento de las raicillas, mejora el vigor general de la planta, facilita el mejoramiento de la estructura del suelo, neutraliza los tóxicos producidos en la planta, estimula la producción de semilla y grano, aumenta el contenido de calcio en los alimentos. El magnesio (Mg) es un componente esencial de la clorofila. Es necesario para la formación de azúcar, ayuda a

regular la asimilación de otros nutrientes, es transportador de fósforo a la planta y promueve la formación de aceites y grasas.

Los micronutrientes se llaman así debido a que las plantas requieren de ellos en pequeñas cantidades, estos elementos se encuentran disponibles en el suelo, tienen funciones muy importantes en la nutrición de la planta, especialmente en los sistemas enzimáticos, cualquier deficiencia de micronutrientes se reflejará en los rendimientos de la cosecha. El zinc (Zn) es necesario para la producción de auxinas y para el crecimiento; a menudo es deficiente en su forma aprovechable, en suelos alcalinos o con encalados excesivos. El boro (B) aumenta el rendimiento o calidad de los granos, está ligado con la asimilación del calcio y con la transferencia del azúcar, dentro de la planta, brinda fertilidad y germinación al polen. El manganeso (Mn) acelera la germinación y la maduración, aumenta el aprovechamiento del calcio, del magnesio y del fósforo, fomenta la oxidación del suelo, ayuda en la síntesis de la clorofila y ejerce funciones en la fotosíntesis. Su deficiencia va asociada a menudo con la alcalinidad del suelo ó con suelos excedidos de cal (Gudiel, 1987).

El cobre (Cu) es importante para recuperar suelos trabajados intensivamente o de malas características, proporciona viabilidad al polen. El hierro (Fe) está ligado a la producción de la clorofila. Está encargado que se lleve a cabo el proceso de extracción de energía a partir de los azúcares. El molibdeno (Mo) es esencial para asimilar y fijar el nitrógeno en las plantas, importante en suelos ácidos, su deficiencia se presenta por manchas amarillas en las hojas. El cloro (Cl) es el elemento más recientemente añadido a la lista de los nutrimentos esenciales conocidos, muy rara vez es deficiente en las condiciones que prevalecen en el campo (Gudiel, 1987).

2.1.11 Cosecha

De acuerdo con la variedad, la cosecha podrá efectuarse alrededor de 95 ó 150 días después de la siembra, cuando el grano llegue a su punto de maduración deseado y el contenido de humedad oscile entre el 17 y 20%. La cosecha puede hacerse a mano o

con máquinas cosechadoras. El porcentaje de humedad deseado para almacenar el grano debe ser entre el 10 y 12 % de humedad (Gudiel, 1987). Los rendimientos que pueden obtenerse por hectárea van desde los 2300 hasta los 6800 kg/ha, esto dependiendo de la variedad sembrada y el manejo que se le haya dado al cultivo. La época de cosecha en Guatemala va de los meses de agosto a diciembre, el mes donde se cosecha la mayor parte de arroz en Guatemala es el mes de octubre (Gudiel, 1987).

2.1.12 Comercialización del arroz

En Guatemala se cosechan anualmente alrededor de 14,000 a 16,000 hectáreas de arroz, las que producen entre 43, 400,000 a 49, 600,000 kg/ha arroz de granza anuales. Además, el país importa anualmente 36, 100,000 kg de arroz pre cosido, principalmente de los Estados Unidos, dejando de producir en cultivo 11,645 ha de arroz. Se está exportando de 2,000 a 3,000 kg de arroz oro, principalmente a El Salvador (Arrozgua, 2011). La cadena comercial del arroz en Guatemala se visualiza en la figura 1.

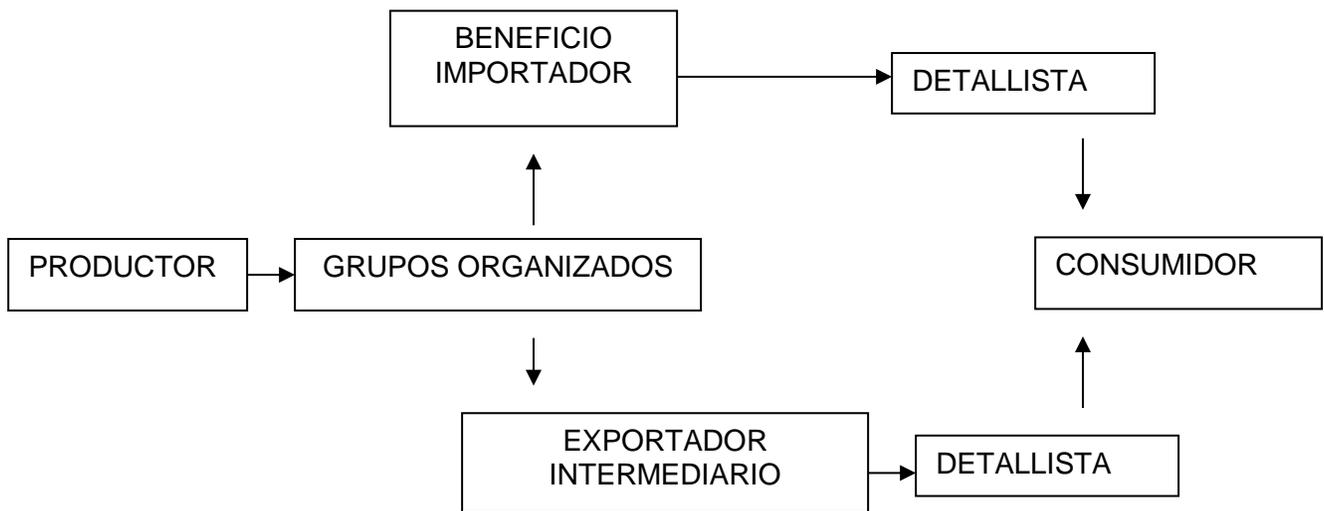


Figura 1. Comercialización de arroz (Arrozgua, 2011).

2.2 APLICACIÓN DE FERTILIZACIÓN FOLIAR

La fertilización foliar se considera una técnica suplementaria, complementaria a un programa de fertilización, se utiliza la fertilización foliar en periodos críticos de crecimiento o en momentos de demanda específica de algún nutriente. Estas técnicas se implementan manualmente con bomba de mochila, tractor con aguilones o aspersores (Rodríguez, 1999).

2.3 DIFERENCIAS DE FERTILIZACIÓN FOLIAR

En términos generales la nutrición foliar solamente puede complementar, y en ningún caso sustituir a la fertilización al suelo, principalmente debido a que las dosis que pueden administrarse por vía foliar son muy pequeñas. Por esta razón, la fertilización foliar es una excelente alternativa para aplicar micronutrientes, los cuales son requeridos en cantidades muy pequeñas por las plantas. Además, puede servir de complemento para el suministro de elementos mayores durante ciertos periodos de crecimiento, aunque en este caso la aspersion foliar no puede sustituirá la fertilización al suelo como sucede con los macronutrientes. La fertilización foliar puede brindar efectos adicionales como, el incremento en la eficiencia fotosintética, cambios en la fisiología de la planta, disminución de la senescencia y prolongación de la capacidad fotosintética de la hoja. La aplicación foliar de micronutrientes en arroz es algo relativamente reciente, en donde la información existente es escasa y se utiliza en este cultivo mayormente para suplir las siguientes necesidades (Rodríguez, 1999).

En la etapa de maduración se hace muy importante la aplicación foliar a la espiga con nutrientes como K, Mg, S, Zn y B, con el fin de darle las mejores condiciones para un alto rendimiento con limpieza del grano. Actualmente hay una gran diversidad de opciones en productos para la fertilización foliar; dividiéndose básicamente en sales y quelatos. Las sales fueron los primeros fertilizantes foliares que se utilizaron y están constituidos principalmente por cloruros, nitratos y sulfatos. De estos los sulfatos son la

fuelle más utilizada, debido a su menor índice salino, disminuyéndose así el riesgo de quemar el follaje (Rodríguez, 1999).

Los que mejor han respondido a las aplicaciones foliares de arroz son los quelatos, que son compuestos orgánicos de origen natural o sintético, que acomplejan en su interior a un catión metálico, formando una estructura heterocíclica, resultando más fácilmente absorbidos y translocados que las sales. Su principal característica para facilitar su absorción es que son compuestos con carga neta 0, y al ser no iónicos no hay atracciones ni repulsiones al entrar a la planta, protegiendo al catión de otras reacciones químicas como oxidación-reducción, inmovilización y precipitación (Rodríguez, 1999).

2.4 EFECTO DEL MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN ARROZ DE RIEGO, SOBRE LA EXPRESIÓN DEL POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE LÍNEAS ÉLITE Y CULTIVARES COMERCIALES

2.4.1 Aplicación de nitrógeno en seco

Existen diversas opciones para aplicar los fertilizantes nitrogenados en arroz de riego: el método tradicional de 3 o 4 aplicaciones fraccionadas en condiciones de arcilla o sobre lámina de agua (FEDEARROZ, 2000) y el método de aplicación única óptima de nitrógeno en pre-inundación sobre condiciones de suelo de alta eficiencia (Wilson, Slaton, Norman y Miller, 1998). Investigaciones llevadas a cabo durante los últimos diez años por la Universidad de Arkansas, muestran que es el método único de fertilización temprana en condiciones de suelo seco, representa mejores rendimientos que el método tradicional de 3-4 aplicaciones sobre suelo húmedo y usualmente requiere menos nitrógeno total para adquirir máximos rendimientos (Wilson *et al.* 1998).

Sin embargo, dicha tecnología no ha sido validada en Colombia, ni modificada según las variedades existentes, las características edafológicas y climáticas del país. Cuando la urea es aplicada sobre barro o lámina de agua, hay grandes pérdidas por volatilización del nitrógeno amoniacal. Estas pueden ser superiores al 60% de la

cantidad total de nitrógeno aplicado, dependiendo de la temperatura del agua y del aire, así como de la radiación solar incidente. Cuando la urea es aplicada sobre suelo seco, la superficie de contacto de las arcillas (complejo de cambio ó adsorción) está totalmente receptiva a la atracción de cationes NH_4^+ . En contraste, cuando la superficie de contacto de la arcilla está inhibida en una matriz acuosa (condiciones de arcilla o suelo saturado), el área del complejo de adsorción se reduce significativamente, dejando menos espacio para la fijación de los iones NH_4^+ (Wilson *et al.* 1998).

Las condiciones de aerobios de la capa superficial de los suelos sumergidos, hacen que el NH_4^+ que no se encuentra fijado a la superficie del coloide entre en proceso de nitrificación u oxidación biológica del amonio, convirtiéndolo en NO_3^- (nitratos), que se perderán por lixiviación; si el proceso continúa estos nitratos descenderán por difusión a la capa anaeróbica del perfil entrando en proceso de nitrificación a N_2O y se perderán posteriormente por la volatilización del N_2 . Por esta razón se hace necesario la permanencia del estado de saturación hídrica de los suelos una vez haya sido realizada la aplicación temprana del nitrógeno sobre suelo seco. Una vez el amonio es fijado en la superficie de las arcillas, requiere de humedad para entrar en la solución del suelo y volverse disponible para la planta. En los últimos años la fertilización en seco es una práctica que ha sido adoptada satisfactoriamente por grandes países productores de arroz, como Estados Unidos, Brasil y Venezuela (Wilson *et al.* 1998).

A pesar de esto, en Colombia no se habían adelantado estudios de este tipo que permitieran la validación de estos resultados y contribuyeran a mejorar la competitividad del sector mediante transferencia de tecnología (Wilson *et al.* 1998).

2.4.2 Aplicación de nitrógeno en pre-siembra o antes de la inundación con lámina permanente

Entre los siete y los diez días después de la etapa de germinación, el desarrollo radicular de la planta de arroz le permite absorber nutrientes de la solución del suelo, que posteriormente serán determinantes en la obtención de altos rendimientos. Inicialmente la planta absorbe elementos como fósforo, nitrógeno y azufre,

principalmente utilizados en la formación del sistema radicular y órganos vegetativos(De Datta, 1981). Cuando la planta de arroz absorbe nitrógeno en forma amónica activamente en los estados tempranos de crecimiento, los productos de la fotosíntesis son preferencialmente usados para síntesis de proteínas, producción de macollas y vainas de las hojas (Yoshida, 1981).

Hay una correlación positiva entre la cantidad de nitrógeno absorbido en los estados tempranos de crecimiento y el número de macollas efectivas por m². El número de tallos fértiles se establece aproximadamente 10 días después de la etapa de máximo macollamiento. Un óptimo contenido de nitrógeno desde esta etapa hasta la formación de panícula asegura una adecuada densidad de panículas fértiles al momento de floración. La distribución, posición, longitud y grosor de las hojas son las características que más inciden en la fotosíntesis de la planta de arroz; estos rasgos dependen de la interacción genotipo por ambiente, siendo el nitrógeno contenido en los cloroplastos, la variable ambiental que más influye en la máxima capacidad fotosintética (De Datta, 1981).

2.5 REQUERIMIENTOS DE LA VARIEDAD CFX 18, PARA LA PRODUCCIÓN DE 5,000 kg/ha DE ARROZ.

Macronutrientes

227-315 kg/ha de nitrógeno

135-202.5 kg/ha de fósforo

180-227 kg/ha de potasio

30-20 kg/ha de azufre

Micronutrientes

3 kg/ha zinc

1 kg/ha de Manganeso

½ kg/ha de cobre

1 kg/ha de boro

2.5.1 Características de la variedad de arroz CFX-18

La variedad 'CFX-18' se distingue claramente de cualquier otra variedad debido a que tocando el envés y el haz se presenta una superficie lisa. La variedad 'CFX-18' es suficientemente homogénea comparado con las otras variedades existentes. La variedad 'CFX-18' es estable en sus características morfológicas, esencialmente de la planta (BASF, 2004).

Cuadro 1. Resistencia a plagas y enfermedades de la variedad de arroz CFX-18

Enfermedad / Plaga	Descripción
Piricularia (hoja)	Moderadamente tolerante
Rhizoctonia	Susceptible
Complejo de grano manchado	Susceptible
Virus de la hoja blanca	Susceptible
Sogata	Susceptible

(Baudrit M.BASF, 2004)

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Uno de los problemas del arroz en el sector agrícola es la deficiencia en los rendimientos y el bajo peso por área cultivada; de acuerdo con datos proporcionados por Arrozgua, Guatemala tiene una productividad promedio de 3,100 kg/ha. En la mayoría de las áreas en donde se cultiva arroz existen deficiencias de macronutrientes N, P, K, S, Ca, Mg y micronutrientes Zn, Mn, Cu, B, lo cual afecta y baja la rentabilidad del cultivo. Por esto es necesario aplicar micronutrientes, los cuales contribuyen a aumentar el peso del grano por área. A través de una mejor nutrición se beneficia la planta con mayor vigor y una mejor calidad de grano. Debido a la falta de evaluaciones y pruebas experimentales en fincas productoras de arroz, no existen datos que indiquen los beneficios de la aplicación de micronutrientes. Es necesario llevar a cabo investigación que permita evaluar el efecto de la utilización de éstos en el cultivo de arroz.

Considerando que el arroz es el tercer grano básico en la dieta del guatemalteco, la demanda de consumo per cápita es 5.9 kg anuales de arroz; se necesita producir buena calidad y a un precio accesible. La demanda nacional de arroz en Guatemala actualmente es de 82, 600,000kg de arroz anuales y solo se producen 46, 500,000 kg anuales. Con un pronóstico de crecimiento 2% anual.

En este estudio se evaluó el efecto de tres programas de aplicación de micronutrientes, a través de fertilización foliar, en el rendimiento del arroz. Según el informe del análisis de suelo de la finca San José Los Llanos, se observaron deficiencia en micronutrientes, los cuales pueden ser suministrados a través de fertilización foliar.

Se busca una alternativa que mejore las posibilidades de producción de grano de calidad, para un mercado cada día más demandante del grano.

IV. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la aplicación foliar de micronutrientes, en el rendimiento del cultivo del arroz, en la finca San José Los Llanos, Taxisco, Santa Rosa.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el efecto de tres programas de aplicación foliar de micronutrientes, en el rendimiento de arroz, en la finca San José Los Llanos, Taxisco, Santa Rosa.

Determinar el efecto de tres programas de aplicación foliar de micronutrientes, en altura de planta de arroz, en la finca San José Los Llanos, Taxisco, Santa Rosa.

Determinar la rentabilidad de tres programas de aplicación foliar de micronutrientes en arroz, en la finca San José Los Llanos, Taxisco, Santa Rosa.

V. HIPÓTESIS

Por lo menos un programa de fertilización foliar tendrá efectos diferentes en el rendimiento de grano de arroz.

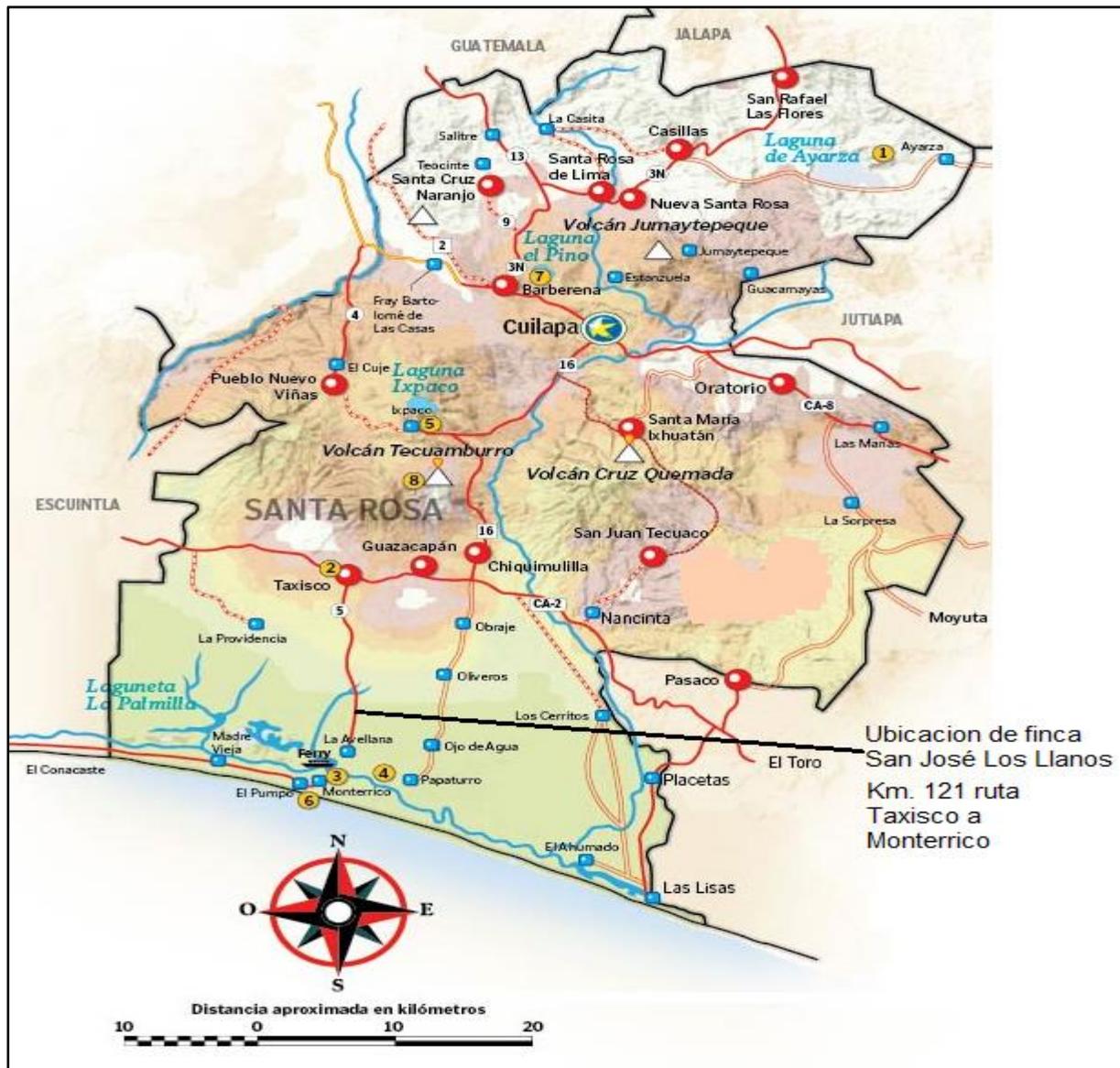
Por lo menos un programa de fertilización foliar tendrá efectos diferentes en la altura de las plantas de arroz.

Al menos con uno de los programas de fertilización foliar se obtendrá una mayor rentabilidad en el cultivo de arroz.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 LOCALIZACIÓN DEL AREA DEL TRABAJO

La investigación se realizó en la finca San José Los Llanos, carretera a Monterrico, km 121, Taxisco, Santa Rosa, cuya localización geográfica es latitud norte 13° 53' 42.25'', longitud oeste 90°29'02.76''. En la figura 2 se presenta la ubicación de la finca.



(Santa-rosa, mapa 2011)

Figura 2. Mapa de la localización de la finca San José Los Llanos.

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

La variedad de arroz que se utilizó fue CFX-18. También se utilizaron diferentes fuentes de micronutrientes.

6.3 FACTOR ESTUDIADO

Se estudió un solo factor: programas de fertilización foliar de micronutrientes.

6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

6.4.1 Descripción del tratamiento 1

En el cuadro 2 se describe el programa de fertilización foliar de micronutrientes, correspondiente al tratamiento 1.

Cuadro 2. Programa de fertilización del tratamiento 1 para el cultivo de arroz.

Estados de Crecimiento	Momento de Aplicación	Producto	Dosis/ha	Método de aplicación
Germinación	Pre-siembra	Citoquininas 0.009%, Auxinas 0.005%, Giberelinas, 0.005%, Agente Quelatante Zn 5%	80cc 600cc	Tratamiento a la semilla
Establecimiento	6-15 DDS	Zn 5%	3,300cc	Aplicación foliar
Macollamiento	22-25 DDS	Mn 0.5%, Cu 0.5%, Fe 0.5%, Mn, Zn 0.5% Zn 0.5%	1,100cc 770cc	Aplicación foliar
Inicio de primordio	Al inicio del Embuchamiento	Mg 1%, Mo 1%, Fe 1% (N4%),(F17%), (P 17%)	1,100cc 770cc	Aplicación foliar
Espiga	Espiga	Mg 0.5%, Cu 0.5%, Fe 0.5%, Mg, Zn 0.5%	1,100cc	Aplicación foliar

Elaboración propia

6.4.2 Descripción del tratamiento 1 de fertilización foliar de micronutrientes

Los micronutrientes contenidos en el metalosate el cual es una estructura de aminoácidos orgánicos naturales forman quelatos igual como se hace en la naturaleza, los cuales pueden ser absorbidos y trasladados muy fácilmente, debido a su tamaño molecular que es inferior a los 5 ángstrom y su peso molecular es muy inferior a los 550 daltons, haciéndolos ideales para la nutrición vegetal. El metalosate aporta a la planta minerales y aminoácidos naturales, que pasan a formar parte de las rutas metabólicas de las proteínas. La estructura del metalosate es un ion de un metal y una molécula orgánica. El agente quelatante provee por lo menos dos grupos donadores para que se combinen con el mineral. El amino (NH_2) formado por una ligadura covalente compleja; el otro grupo donador es carboxilo (COOH) y que forman una ligadura iónica (Bio-agro Latinoamérica, 2009).

Característica del metalosate es el tamaño de las moléculas del quelato; en la estructura de los aminoácidos poseen un tamaño molecular menor a 5 ángstrom y facilita su penetración a la planta. La estabilidad en el proceso de penetración en la planta, porque la quelación garantiza un pH estable del complejo mineral, asegurando la biodisponibilidad, porque la molécula es absorbida e intacta. También la neutralidad es un proceso que la quelación da como resultado final un compuesto mineral neutro, sin carga eléctrica, evitando fitotoxicidad y facilitando la penetración por la hojas (Bio-agro Latinoamérica 2009).

6.4.3 Descripción del tratamiento 2

En el cuadro 3 se describe el programa de fertilización foliar de micronutrientes, correspondiente al tratamiento 2.

Cuadro 3. Programa de fertilización del tratamiento 2 para el cultivo de arroz.

Estados de Crecimiento	Momento de Aplicación	Producto	Dosis/ha	Método de aplicación
Germinación	Pre-siembra	Citoquininas 0.009%, Auxinas 0.005%, Giberelinas, 0.005%, Agente Quelatante Zn 5%	80cc 600cc	Tratamiento a la semilla
Establecimiento	6-15 DDS	Zn 5%	3,300cc	Aplicación foliar
Macollamiento	22-25 DDS	Citoquininas 0.04% Calcio, 6.0% Boro, 2.0%	1,100cc 3,300cc	Aplicación foliar
Inicio de primordio	Al inicio del Embuchamiento	Citoquininas 0.009%, Auxinas 0.005%, Giberelinas, 0.005%, Agente Quelatante. 6-18-6	550cc 3,300cc	Aplicación foliar
Espiga	Primera Espiga	Mg 15% 20-10-20	2,200cc 2,200cc	Aplicación foliar
	Segunda Espiga	6-18-6 Zn 1%, 1%	B 2,200cc 2,200cc	Aplicación foliar

Elaboración propia.

6.4.4 Descripción del tratamiento 2 de fertilización foliar de micronutrientes

Se utiliza quelatos de los productos orgánicos derivados del fenol. La manera de actuar químicamente es combinando su carga negativa con carga positiva de un catión como zinc, hierro, manganeso, cobre, magnesio, calcio con lo cual la molécula orgánica rodea y protege al catión quelatado, evitando que el mismo sea fijado en el suelo o en la solución para aplicarlo foliarmente. El fenólico orgánico se desarrolló para un mejor resultado en el nutrimento de la planta, los beneficios de los productos, es el resultado de absorción más eficientemente y rápido al aplicar los productos (Química Stoller de Centroamérica S.A, 2009).

6.4.5 Descripción del tratamiento 3

En el cuadro 4 se describe el programa de fertilización foliar de micronutrientes, correspondiente al tratamiento 3.

Cuadro 4. Programa de fertilización del tratamiento 3 para el cultivo de arroz.

Estados de Crecimiento	Momento de Aplicación	Producto	Dosis/ha	Método de aplicación
Germinación	Pre-siembra	Citoquininas 0.009%, Auxinas 0.005%, Giberelinas, 0.005%, Agente Quelatante	80cc	Tratamiento a la semilla
		Zn 5%	600cc	
Establecimiento	6-15 DDS	Zn 5%	3,300cc	Aplicación foliar
Macollamiento	22-25 DDS	14-7-17 + EM	0.75kg	Aplicación foliar
		Fe 5%, Zn 5%	2,200cc	
Inicio de primordio	Al inicio del	Mg 5%, B 15%,	2,200cc	Aplicación foliar
	Embuchamiento	Cu 1%	600cc	
Espiga	Espiga	B 5%	2,200cc	Aplicación foliar
		20-5-17	2,200cc	

Elaboración propia.

6.4.6 Descripción del tratamiento 3 de fertilización foliar de micronutrientes

Se utilizaron estimulantes químicos y orgánicos desarrollados en laboratorios de la compañía BASF, dándole a la planta estimulantes del metabolismo. Incrementar las funciones fisiológicas a nivel de la célula. De esta manera, bio estimula a la planta,

dando un aumento al desarrollo vegetal. Regula los diversos tipos de estrés, sequía, inundaciones, heladas, trasplantes y aplicaciones de herbicidas; logrando granos, frutos y vegetales de calidad y aumentando el rendimiento de las plantaciones. En estudios que se han desarrollado moléculas que refuerzan a la clorofila, por lo que lleva a la producción de carbohidratos en la planta, mejorando el vigor y los azúcares para los frutos y granos. Utilizando estos productos se puede ayudar al cultivo en el buen crecimiento inicial, macollamiento, espigamiento y la formación de panícula (BASF, 2004).

6.4.7 Descripción del Testigo.

Se sembró el arroz de forma tradicional sin aplicación de ningún programa de fertilizante foliar de micronutrientes, únicamente se le aplicó fertilizante al suelo.

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la investigación se utilizó un diseño de bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. La elección de este diseño se debe a que en el área existe una pendiente de aproximada 4% por lo que fue necesario bloquear en sentido contrario a esta.

6.5.1 MODELO ESTADÍSTICO

El modelo estadístico utilizado en la investigación fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

Y_{ij} = valor de la variable de respuesta correspondiente a la ij -ésima muestra sobre la unidad experimental que lleva el tratamiento i en la repetición j .

μ = Media general de la variable respuesta.

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j = Efecto del j -ésimo bloque.

ε_{ij} = error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

6.6 UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental fue una parcela cultivada con arroz de 7 m de ancho por 10 m de largo, con lo que tenía un área de 70 m².

6.7 CROQUIS DE CAMPO

En la figura 3 se presenta el croquis de campo del experimento.

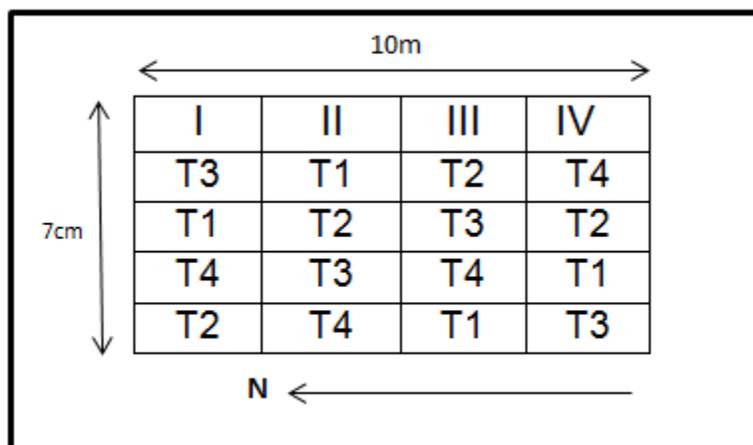


Figura 3. Distribución de los tratamientos en el campo. Elaboración propia

6.8 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.8.1 Preparación del terreno

Para la preparación del terreno se dieron dos pasos de arado, luego se le hicieron cuatro pasos de rastra, en distintas direcciones.

Se le aplicaron dos herbicidas, un (FOSFONICO 36%)+ (1.1-dimetil-4,4-bipiridilo 20%)+(ácido 2, 4-diclorofeno-xiacético 95%), de cada producto fue 1.5 litros/ha de herbicida.

6.8.2 Siembra

La siembra fue al día ocho después de la aplicación de los herbicidas. Previo a la siembra se trató la semilla con los productos (Citoquininas 0.009%, Auxinas 0.005%, Giberelinas, 0.005%, Agente Quelatante) 80cc y Zn 5% 600cc, para una buena germinación, repeler a las hormigas, zompopos y aves.

Se utilizó una sembradora que realizó la siembra a 13cm surcos, se utilizaron 16 kg/ha de semillas de arroz CFX-18.

6.8.3 Fertilización granulada

La fertilización granulada se aplicó a los tratamientos 1, 2, 3 y Testigo en la misma época, fueron aplicadas al voleo.

Cuando se realizó la siembra, se aplicó fertilizante granulado, en la cantidad de 150 kg/ha de 15-15-15.

A los 20 días se aplicó la segunda fertilización, con 190 kg/ha de 15-15-15

A los 38 días se aplicó la tercera fertilización, 85 kg/ha de 21-0-0-24.

A los 50 días se aplicó la cuarta fertilización, 50 kg/ha de 46-0-0 y 25 kg/ha 21-0-0-24

6.8.4 Fertilización foliar de micronutrientes

Los productos y las épocas de aplicación fueron variables de acuerdo al tratamiento, tal y como se indicó en los cuadros 2, 3, 4. Todos los productos adicionales para control de plagas, enfermedades se aplicaron con los fertilizantes foliares, en forma similar para todos los tratamientos.

6.8.5 Control de malezas

Se aplicaron herbicidas por aspersión, la dosis fue de 1.5 litros/ha de (FOSFONICO 36%)+ (1.1-dimetil-4,4-bipiridilo 20%) y 1.5 litros/ha de (ácido 2, 4-diclorofeno-xiacético 95%), antes de la siembra.

A los 60 días se aplicó una segunda de menor dosis de (FOSFONICO 36%) 0.5 litros/ha (con una baja concentración para el arroz CFX-18 que no afecta a su desarrollo vegetativo) y (ácido 2, 4-diclorofeno-xiacético 95%), 0.5 litros/ha para eliminar las malezas que aparecieron en el lapso de crecimiento del arroz 'CFX-18'.

6.8.6 Control de plagas

Se aplicaron los insecticidas teflubenzuron 15 % + permetrina 38% + F500® (pyraclostrobin) 13,3%, epoxiconazole 5% 1,725cc/ha de cada uno de los productos, son insecticidas para picadores y chupadores etc.

Se aplicó la primera vez a los 22 días como preventivo, luego a los 40 días preventivos. Al día 65 presentó insectos chupadores, por lo cual se aplicó el doble de la dosis 3,450cc/ha de cada producto. Al día 80 se aplicó dosis preventiva. En todas las aplicaciones se utilizaron los productos que se mencionan al principio.

6.8.7 Enfermedades

Se aplicó el fungicida carbendazim 50SC + metconazole 2,75% + apoxiconazole 3,75%, 1 litro/ha, cuando se observó la formación de panícula, alrededor del día 70 después de la siembra.

6.8.8 Cosecha

Cuando se acercó el tiempo de la cosecha se tomaron muestras de las parcelas y por diferencia de peso se pudo obtener la humedad del grano, luego se programó el corte, la prueba fue 118dds. La fecha que se programó la cosecha fue el día 135. Se segó a mano.

6.9 VARIABLES DE RESPUESTA

Rendimiento de grano de arroz. Se cosecho la totalidad de plantas de la parcela neta y se obtuvo el peso del grano (en granza). Este peso fue extrapolado para obtener kg/ha.

Altura de planta. En cada unidad experimental se midieron las alturas de cinco plantas (cm) y se obtuvo el promedio respectivo.

Costos e ingresos. Durante la investigación se llevaron registros económicos que permitieron conocer los costos e ingresos de cada uno de los tratamientos evaluados.

6.9.1 Listado de la estructura de costos por hectárea de arroz en la finca San José Los Llanos, Taxisco, Santa Rosa.

1. Renta de tierra
2. Mano de obra
 - a.) Preparación de terreno
 - b.) Fertilización
 - c.) Control de fitosanitario
 - d.) Cosecha

3. Maquinaria y equipo
 - a.) Arado
 - b.) Rastra
 - c.) Tractor
 - d.) Camión
 - e.) Sembradora
 - f.) Aspersion manual
 - g.) Aspersion mecanizado

4. Insumos
 - a.) Semilla
 - b.) Combustibles
 - c.) Fertilización nitrogenada

Fertilización foliar de micronutrientes / Programas

- d.) Tratamiento 1
- e.) Tratamiento 2
- f.) Tratamiento 3
- g.) Insecticidas
- h.) Fungicidas
- i.) Herbicidas

Elaboración propia

6.10 Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza, para las variables rendimiento de grano y altura de la planta. Posteriormente se procedió a realizar una prueba múltiple de medias con el comparador tukey.

6.11 Análisis financiero

Se determinaron los costos e ingresos de cada tratamiento y con dicha información se procedió a obtener la rentabilidad de los insumos.

Fórmulas de la rentabilidad:

Rentabilidad (%) = Ingreso Neto / Costo total (ha) * 100

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 RENDIMIENTO DE GRANO

En el cuadro 6 se muestran los resultados del rendimiento de grano de arroz, en cada uno de los tratamientos evaluados.

Cuadro 6. Rendimiento de grano de arroz (kg/ha) de los programas de fertilización foliar evaluados.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)
Tratamiento 1	3,430
Tratamiento 2	3,525
Tratamiento 3	3,245
Testigo	2,375

De acuerdo a los valores de rendimiento obtenidos, los tres programas de fertilización foliar de micronutrientes mostraron un incremento con respecto al testigo. El menor rendimiento correspondió al Testigo (2,375 kg/ha).

Los valores obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza, cuyos resultados se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el rendimiento de grano de arroz (kg/10 m²) en la investigación del efecto de tres programas de fertilización foliar. Taxisco, Santa Rosa, 2010.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloques	1	10.80	10.80	17.71	< .0001 **
Tratamientos	3	16.62	5.54	9.09	< .0001 **
Error	11	45.7	0.60		
Total	15	73.13			

** = Diferencia estadística altamente significativa.

Como se observa existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos en cuanto al rendimiento del grano de arroz (kg/ha), por lo cual se procedió a realizar una prueba de medias, utilizando el comparador tukey; los resultados de la misma se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Prueba de medias tukey para la variable rendimiento de grano de arroz, cultivado con tres programas de fertilización foliar. Taxisco, Santa Rosa, 2010.

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Grupo estadístico *
2	3,525	A
1	3,430	A
3	3,245	A
Testigo	2,375	B

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

De acuerdo con los resultados se forman dos grupos estadísticos. El primero de ellos integrado por los tratamientos 1, 2 y 3 los cuales superaron al Testigo. De esto se infiere que cualquiera de los programas de fertilización foliar evaluados provocaron un incremento en el grano (43.2% con respecto al promedio del grupo). El incremento observado se atribuye a que con la aplicación de los programas de fertilización foliar probablemente se le suministraron a las plantas algunos micronutrientes, elementos benéficos, reguladores de crecimientos y otros compuestos que contribuyeron a mejorar los procesos metabólicos de las mismas, lo cual se reflejó en una mejor expresión del rendimiento de grano. Es oportuno mencionar que el tratamiento 2, de acuerdo a su descripción, incluye además de nutrientes reguladores de crecimiento, tales como citoquininas, auxinas y gibelinas.

Es importante resaltar que de acuerdo con el análisis de suelo, el calcio se encuentra en niveles altos, así como su saturación en el complejo de cambio. Esto en determinado momento puede hacer más crítico la disponibilidad de micronutrientes como Zinc (Zn) y Manganeso (Mn). Por lo que la aplicación de micronutrientes contenida en los programas de fertilización foliar favoreció la respuesta de la planta manifestada en el rendimiento del grano, situación que no se dio en el testigo.

7.2 ALTURA DE PLANTA

En el cuadro 9 aparecen los resultados de los promedios de la altura de planta (cm) de cada uno de los tratamientos evaluados.

Cuadro 9. Altura promedio de planta de arroz (cm) de los programas de fertilización foliar estudiados. Taxisco, Santa Rosa, 2010.

Tratamientos	Alturas (cm)
Tratamiento 1	78.4
Tratamiento 2	78.6
Tratamiento 3	74.0
Testigo	66.8

De acuerdo con los resultados mostrados, las plantas de los programas de fertilización foliar con micronutrientes fueron más altas en comparación al testigo. Los diferentes valores cuantificados fueron sometidos a un análisis de varianza cuyos resultados se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable altura de planta de arroz (cm), en la investigación del efecto de tres programas de fertilización foliar. Taxisco, Santa Rosa, 2010.

F.V	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloques	1	61.25	61.25	1.34	0.2503 NS
Tratamientos	3	1831.00	610.33	13.38	< 0.0001 **
Error	11	3421.55	45.62		
Total	15	5313.80			

CV = 5%

NS Diferencia no significativa. ** Diferencia altamente significativa.

El valor del coeficiente de variación indica que esta variable fue determinada apropiadamente. Los resultados del andeva indican que la diferencia entre tratamientos fue altamente significativa, por lo que se procedió a realizar una prueba de medias,

utilizando para el efecto el comparador tukey, los resultados se muestran en el cuadro 11.

Cuadro 11. Prueba de medias tukey para la variable altura de planta de arroz (cm), en la investigación del efecto de tres programas de fertilización foliar. Taxisco, Santa Rosa, 2010.

Tratamientos.	Media	Grupo estadístico *
2	78.6	A
1	78.4	A
3	74.0	A
Testigo	66.8	B

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

De acuerdo con los resultados se forman dos grupos estadísticos. El primero de ellos está integrado por los tratamientos 1, 2 y 3, los cuales superaron al Testigo. De esto se infiere que cualquiera de los programas de fertilización foliar evaluados provocaron un mayor desarrollo en la altura de planta. Esto probablemente se deba, que se suministraron a las plantas algunos micronutrientes, elementos benéficos, reguladores de crecimientos y otros compuestos que contribuyeron a mejorar los procesos metabólicos de las mismas, lo cual se reflejó una mejora en el crecimiento y altura de planta.

7.3 EVALUACIÓN FINANCIERA

En los cuadros 12, 13, 14, 15 y 16 se desglosa la evaluación financiera realizada a los tratamientos evaluados.

Cuadro 12. Costos de producción de arroz (Q/ha) en la finca San José Los Llanos, Taxisco, Santa Rosa, 2010.

CONCEPTOS	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO(Q)	TOTAL (Q)
Costo directo				13,277.46
1. Renta de tierra	Hectárea	1	3,000.00	3,000.00
2. Mano de obra				780.00
a.) Preparación de terreno	Jornal	5	45	225.00
b.) Fertilización	Jornal	3	45	135.00
c.) Control fitosanitario	Jornal	4	55	220.00
d.) Cosecha	Hora	1	200	200.00
3. Maquinaria y equipo				4,885.00
a.) Arado	Hora	2	60	120.00
b.) Rastra	Hora	2	50	100.00
c.) Tractor	Hora	9	250	2,250.00
d.) Camión	Hora	3	300	900.00
e.) Sembradora	Hora	2	35	70.00
f.) Aspersor manual	Jornal	3	55	165.00
g.) Aspersor mecánica *	Hora	25	50	1,250.00
4. Insumos				
a.) Semilla	Kg	16	45	360.00
b.) Combustibles y lubricantes	Galón(3.785L)	45	28	1,260.00
c.) Fertilización nitrogenada	Kg	499.99	3.96 kg	1,979.96
Fertilización foliar de micronutrientes / Programas				
d.) Tratamiento 1	L	1	1,607.00	1,607.00
e.) Tratamiento 2	L	1	904.44	904.44
f.) Tratamiento3	L	1	1,385.00	1,385.00
g.) Insecticidas	L	1¾	463.5	463.50
h.) Fungicidas	L	1½	420	420.00
i.) Herbicidas	L	3	66-63	129.00
Costostotal ha	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Testigo *
	14,884.46	14,181.90	14,662.46	12,277.46

* El testigo solo tuvoaspersión mecanizada 5 horas que equivale a Q250.00 de costo. Elaboración propia

Cuadro 13. Costo por kilogramo de grano de arroz producido en cada uno de los programas evaluados. Taxisco, Santa Rosa 2010.

	Costo total por ha (Q)	Rendimiento de grano (kg/ha)	Costo/kg producido (Q)
Tratamiento 1	14,884.46	3,430	4.34
Tratamiento 2	14,181.90	3,525	4.02
Tratamiento 3	14,662.46	3,245	4.52
Testigo	12,277.46	2,375	5.17

Elaboración propia

De acuerdo los resultados del cuadro 13 la aplicación del programa de fertilización foliar de la tratamiento 2 permite producir arroz a un menor costo; situación similar ocurre al comparar cualquiera de los programas de fertilización foliar con el testigo absoluto. Con el resultado del testigo el costo por kilogramo producido es mayor con un valor 5.17 Q/kg eleva el costo de producción por área.

Cuadro 14. Ingreso por Venta por Producto

	Precio por quintal (Q) (1 quintal = a 45.45 kg)	Producción (qq) (1 quintal = a 45.45 kg)	Ingreso (Q)
Tratamiento 1	238.00	75.47	17,961.86
Tratamiento 2	238.00	77.56	18,459.28
Tratamiento 3	238.00	71.40	16,993.20
Testigo	238.00	52.26	12,437.88

Elaboración propia

Cuadro 15. Ingreso Neto

	Ingreso Bruto/ha (IB)	Costo Total/ha (CT)	Ingreso Neto (IB-CT)
Tratamiento 1	17,961.86	14,884.46	3,077.40
Tratamiento 2	18,459.28	14,181.90	4,277.38
Tratamiento 3	16,993.20	14,662.46	2,330.74
Testigo	12,437.88	12,277.46	160.42

Elaboración propia

El ingreso por venta, de los tratamientos 1, 2, 3 tuvieron un promedio 3,228.50 Q/ha más que testigo. Con los programas de fertilización foliar de micronutrientes se obtuvieron los mayores ingresos. Es oportuno mencionar que se observó un incremento del ingreso neto al utilizar cualquier de los tres programas de fertilización foliar, en comparación con el testigo.

Cuadro 16. Rentabilidad de los programas de fertilización foliar evaluados en cultivo de arroz. Taxisco, Santa Rosa 2010.

Tratamiento	Ingreso Neto/ha (IN)	Costo Total/ha (CT)	Rentabilidad [(IN/CT)*100]
Tratamiento 1	3,077.40	14,884.46	20.67%
Tratamiento 2	4,277.38	14,181.90	30.16%
Tratamiento 3	2,330.74	14,662.46	15.89%
Testigo	160.42	12,277.46	1.30%

Elaboración propia

Los tres programas de fertilización foliar permitieron obtener una mayor rentabilidad del cultivo de arroz, en comparación con el testigo; sin embargo, se mostraron diferencias marcadas entre ellos. Los resultados de rentabilidad indican que ésta fue mayor al utilizar el programa de fertilización foliar del tratamiento 2 con 30.16%, con el tratamiento 3, la rentabilidad alcanzó un valor de 15.89%.

La no utilización de fertilización foliar (testigo), de acuerdo al análisis financiero efectuado, permite inferir que la producción de arroz no es rentable y escasamente se recuperan los costos de producción (rentabilidad 1.30%). Lo que sucede en la realidad es que los productores al ser propietarios de las parcelas que utilizan no le dan ningún valor a la renta de la tierra; además, generalmente los productores de arroz no llevan registros económicos de sus campos de cultivo, por lo que no se dan cuenta de los resultados financieros de su proceso de producción.

VIII. CONCLUSIONES

Los tres programas de fertilización foliar evaluados tuvieron un efecto significativo al mejorar la producción de arroz en seco, dando un incremento promedio en el rendimiento de grano de 1,028 kg/ha con respecto al testigo.

Los tres programas de fertilización foliar evaluados tuvieron un incremento de altura en la planta significativo al mejorar el desarrollo de las mismas, siendo este un incremento promedio del 10% con respecto al testigo.

Financieramente si es viable el uso de fertilización foliar de micronutrientes en el cultivo de arroz, la aplicación de los fertilizantes foliares puede hacerse en combinación con los insecticidas y/o fungicidas para reducir el costo de producción.

Con base en los análisis estadísticos y financieros realizados a los tratamientos evaluados, se concluye que el programa de fertilización foliar dos es el que proporciona mayores beneficios, ya que se encuentra en el grupo estadístico de mayor rendimiento y con él se obtuvo la mayor rentabilidad (30.16% vs 1.30% del testigo).

IX. RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar cualquiera de los tres programas de fertilización foliar de micronutrientes porque son iguales estadísticamente. Con los programas de fertilización foliar de micronutrientes se obtiene mayor rentabilidad con respecto al testigo.

Se recomienda para futuros trabajos de investigación realizar análisis foliares de cada programa de fertilización foliar con micronutrientes.

Se recomienda para futuros trabajos de investigación aplicar las fuentes nitrogenadas incorporadas al suelo, debido a las pérdidas por volatilización, escorrentía superficial juntamente con las condiciones climáticas, siendo estas desarrolladas en la presente investigación.

Se recomienda hacer evaluaciones con micronutrientes en otras áreas como Izabal, Jutiapa, San Marcos, **Retalhuleu**, Petén, **Escuintla**, **Chiquimula** y **Alta Verapaz**, donde se cultiva el arroz en Guatemala.

X. BIBLIOGRAFÍA

Angladette, A (1975). El Arroz, Técnicas Agronómicas y Productivas. Madrid, España: Blume (10/8/09).

Asociación Guatemalteca de Arroz, -Arrozgua-(2011). Deficiencias en el suelo de los departamentos. <http://www.arroz.com.gt/www.arroz.com.gt/fertilizacion.html>(10/8/09).

BASF (2004). Guía de Semillas. Costa Rica Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M(10/8/09).

Bio-Agro Latinoamerica. (2009) Metalosate® Albion. Guatemala editorial Servi Color (10/8/09).

Cañavete, O (2003). Las Máquinas Agrícolas y su aplicación. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa (15/9/09).

Cardona, J; Lee, P (2000) Manual de Recomendaciones para Cultivar Arroz en Condiciones de Inundación. Guatemala, Cuyuta Escuintla (15/9/09).

Cronquist, A (1976) The evolution and classification of flowering plants, U.S.A Harper & Row, Publishers, INC (15/9/09).

DE DATTA, S.K; 1981: Principles and Practices of Rice Production. International Rice Research Institute (IRRI). Los Baños. Philippines.618 p.

FEDEARROZ (Federación Nacional del Arroz); 2000: Manejo y Conservación de Suelos para la Producción de Arroz en Colombia. Santafé de Bogotá.D.C, Colombia. 78 p.

Gudiel, V.M. (1987) Manual Agrícola SUPERB, Guatemala, Productos SUPERB (25/9/09).

Ingeniería Económica Aplicada a la Industria Pesquera (1998).<http://www.fao.org/docrep/003/v8490s/v8490s09.htm> (10/8/09).

Instructivo técnico cultural de arroz. (2006) instituto de investigación del arroz centro nacional de sanidad vegetal ministerio de agricultura de Cuba Pág. 5-80 (11/8/09).

Jaramillo, S., Pulver, E., & Duque, M. C. (2003). Efecto del manejo de la fertilización nitrogenada en arroz de riego, sobre la expresión del potencial de rendimiento de líneas élites y cultivares comerciales. En Red Disponible en http://scholar.google.com.gt/scholar?q=fertilizaci%C3%B3n+nitrogenada+en+arroz&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart&sa=X&ei=5FEnU4iRAoyw0QGU2IHoCg&sqi=2&ved=0CCgQgQMwAA

Lambour R. (1997) Manual de Matemáticas Para Uso Agrícola Pecuario y Forestal. Editorial ANZOATEGUI. Guatemala. 4 edición(25/9/09).

Mazariegos, L; Orellana, G; Geroni, M (2008) Tendencias y oportunidades para el mercado de Arroz. Revista Agro Negocios.2-19 (25/9/09).

MATSUO, T., KUMASAWA, K., ISHII, R., ISHIHARA, H., HIRATA.H. 1995: Science of Rice Plant. Vol II. Physiology. Food and Agriculture Policy Research Center. Tokio. 1240 p.

Pazos, R (1983), El cultivo del Arroz, Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (6/10/09).

Postigo, L (1965) Ciencias Física y Naturales. España, Graficas Ramón Sopena S.A. (6/10/09).

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) y CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Arroz: Investigación y Producción. Referencia de los cursos de Capacitación sobre Arroz dictados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical. Compilado y editado por Tascón, E., García, E: 1985. 696 p.

Rodríguez, J (1999) FERTILIZACION DEL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa*). En Red Disponible en http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_123.pdf

Rojas, M (1984). Manual Teórico-Practico de Herbicidas y Fitorreguladores. México: Editora Limusa, S.A. de C.V. 2da. Edición (6/10/09).

Santa-rosa, viajeaguatemala-mapa-(2011). Localización del departamento de Santa Rosa, Guatemala. http://www.viajeaguatemala.com/santarosa#.Vba1sfl_Oko(10/08/2011)

STOLLER (2009). Guía de Productos Stoller. Guatemala editorial Elipce (6/10/09).

UNAM (2008) Diseño completamente a lazar. En Red Disponible en http://www.dpye.iimas.unam.mx/patricia/disenos/notas/completamente_al_azar.pdf (18/8/2009)

Vergara, B (1990) Guía del Agricultor para el Cultivo de Arroz. México: Editora Noriega Limusa, S.A. de C.V. 3era. Edición (6/10/09).

WILSON, C., SLATON, N., NORMAN, R., and MILLER, D; 1998: Efficient Use of fertilizer. Rice Production Hand Book. University of Arkansas, Division of Agriculture, Cooperative Extension Service. Little Rock. Arkansas. U.S.A. 51-72 p.

YOSHIDA, S., 1981: Fundamentals of Rice Crop Science. International Research Institute, Philippines. 269 pp.

XI. ANEXOS

ANEXO1

11.1 RECOMENDACIÓN RESPECTO AL ANÁLISIS DEL LABORATORIO.

La recomendación de los exámenes de laboratorio, suelo en la finca.

Macronutrientes en forma granulados

- 227-315 kg/ha de nitrógeno
- 135-202.5 kg/ha de fósforo
- 180-227 kg/ha de potasio
- 30 kg/ha Azufre

Micronutrientes en forma foliar

- 3 kg/ha Zinc
- 1 kg/ha Manganeso
- 1 kg/ha Boro
- ½ kg/ha Cobre

11.2 Informe de análisis de suelos, de la finca San José los Llanos.

PARAMETROS DE SUELOS		RANGO ADECUADO
pH	6.07	5.50 _ 7.20
Concentración de Sales (C.S.)	0.05 dS/m	0.2 _ 0.8
Materia Orgánica (M.O.)	2.27%	2.0 _ 4.0
C.I.C.e	7.7 meq/100 ml	5.0 _ 15.0
Saturación K	3.92%	4% _ 6%
Saturación Ca	88.08%	60% _ 80%
Saturación Mg	7.99%	10% _ 20%
Saturación Al+H	0.00%	< 20%

ELEMENTO		CONC. ppm (p/v)	NIVELES			RANGO ADECUADO ppm (p/v)	DOSIS Kg/Ha *
			BAJO	ADECUADO	ALTO		
Fósforo	P	< 10.0	X			30 - 75	140 P ₂ O ₅
Potasio	K	118.0	XXXXXXX			150 - 300	90 K ₂ O
Calcio	Ca	1359.0	XXXXXXXXXXXXXX			1000 - 2000	
Magnesio	Mg	74.0	XXXXXXX			100 - 250	60 MgO
Azufre	S	7.0	XXXXXXX			10 - 100	50 S
Cobre	Cu	3.7	XXXXXXXXXXXXXX			1 - 7	
Hierro	Fe	155.0	XXXXXXXXXXXXXX			40 - 250	
Manganeso	Mn	2.0	XX			10 - 250	5 Mn
Zinc	Zn	0.5	XX			2 - 25	4 Zn
Aluminio	Al	< 8.0	X			< 100	

** No se tienen datos del rango adecuado para este elemento. * Kg/Ha x 1.54 = lbs/mz

11.3 PROGRAMA DE FERTILIZACION DEL TRATAMIENTO 1

Lista de productos de la casa comercial Gallina Ciega.

Costos de los productos por ha: Q1,607.00

Producto	Presentación	Costo (Q)
MetalosateCrop up	1 litro/ha	211.00
Metalosate NPK	1 litro/ha	182.00
Metalosatetropical	1 litro/ha	211.00
Metalosatemultimineral	1 litro/ha	211.00
Metalosate zinc	1 litro/ha	198.00
Metalosateboro	1 litro/ha	198.00
Metalosate calico	1 litro/ha	198.00
Metalosatepotasio	1 litro/ha	198.00

Elaboración propia.

11.4 PROGRAMA DE FERTILIZACION DEL TRATAMIENTO 2

Lista de productos de la casa comercial Stoller.

Costos de los productos por ha: Q 904.44

Producto	Presentación	Costo (Q)
Stimulate	1 litro/ha	420.00
Stoller Zinc	1 litro/ha	32.00
X-Cyte	1 litro/ha	222.51
Cab	1 litro/ha	29.50
Auge Cab	1 litro/ha	29.72
Fosmoly	1 litro/ha	71.71
Balancer	1 litro/ha	67.50
Xilex 6-18-6	1 litro/ha	31.50

Elaboración propia.

11.5 PROGRAMA DE FERTILIZACION DEL TRATAMIENTO 3

Lista de productos de la casa comercial BASF.

Costos de los productos por ha: Q 1,385.00

Producto	Presentación	Costo (Q)
BasfoliarAlgae	1 litro/ha	215.00
Entecperfeckt 14-7-17 +EM	110 Lb/ha	670.00
Dash	1 litro/ha	68.00
Basfoliar Boro	1 litro/ha	122.00
Basfoliar Potasio	1 litro/ha	115.00
KelpaK	1 litro/ha	195.00

Elaboración propia.

11.6 RENDIMIENTO DE PESO DEL GRANO DE ARROZ

En el cuadro 13 se muestran los resultados del rendimiento de grano de arroz en kg por 10 m², en cada una de las submuestras medidas en las unidades experimentales.

Cuadro 13. Rendimiento de grano de arroz (kg/10 m²) de los tratamientos de fertilización foliar estudiados.

Tratamiento	Bloque	Submuestra	Rendimiento (kg/10 m ²)
1	1	1	3.8
1	1	2	3.8
1	1	3	4.1
1	1	4	2.5
1	1	5	3.5
1	1	6	3.9
1	1	7	4.3
1	1	8	4.8
1	1	9	3.9
1	1	10	4
1	2	1	1
1	2	2	2
1	2	3	4
1	2	4	4
1	2	5	3
1	2	6	3
1	2	7	5
1	2	8	2.5
1	2	9	3.1
1	2	10	2.5
2	1	1	5
2	1	2	5
2	1	3	3
2	1	4	4
2	1	5	4
2	1	6	3
2	1	7	5
2	1	8	3
2	1	9	4.5
2	1	10	3
2	2	1	3.5
2	2	2	3
2	2	3	2
2	2	4	3.5
2	2	5	3
2	2	6	4

Tratamiento	Bloque	Submuestra	Rendimiento (kg/10 m ²)
2	2	7	4
2	2	8	3
2	2	9	3
2	2	10	2
3	1	1	5
3	1	2	4
3	1	3	3.9
3	1	4	3.5
3	1	5	3.5
3	1	6	3.5
3	1	7	4
3	1	8	3
3	1	9	5
3	1	10	3.5
3	2	1	2.5
3	2	2	3
3	2	3	2
3	2	4	3.5
3	2	5	3
3	2	6	3
3	2	7	2.5
3	2	8	2
3	2	9	2
3	2	10	2.5
4	1	1	2.5
4	1	2	3
4	1	3	2
4	1	4	1.5
4	1	5	2
4	1	6	1.5
4	1	7	3
4	1	8	2
4	1	9	2
4	1	10	4
4	2	1	3
4	2	2	2
4	2	3	2
4	2	4	2
4	2	5	3
4	2	6	1.5
4	2	7	3
4	2	8	2
4	2	9	2.5
4	2	10	3

Elaboración propia.

11.7 ALTURA DE PLANTA DE ARROZ

En el cuadro 16 se muestran los resultados de la altura de planta de arroz (cm) en cada una de las submuestras medidas en las unidades experimentales.

Cuadro 16. Altura promedio de las plantas de arroz (cm) de los tratamientos de fertilización foliar en estudio

Tratamiento	Bloques	Submuestra	Altura (cm/10 m ²)
1	1	1	85
1	1	2	84
1	1	3	85
1	1	4	72
1	1	5	80
1	1	6	83
1	1	7	80
1	1	8	75
1	1	9	85
1	1	10	82
1	2	1	60
1	2	2	75
1	2	3	80
1	2	4	84
1	2	5	75
1	2	6	80
1	2	7	75
1	2	8	70
1	2	9	73
1	2	10	85
2	1	1	75
2	1	2	80
2	1	3	72
2	1	4	79
2	1	5	75
2	1	6	82
2	1	7	80
2	1	8	83
2	1	9	85
2	1	10	80
2	2	1	95
2	2	2	82
2	2	3	68
2	2	4	85
2	2	5	74
2	2	6	76
2	2	7	78

Tratamiento	Bloque	Submuestra	Altura (cm/10 m ²)
2	2	10	73
3	1	1	85
3	1	2	75
3	1	3	79
3	1	4	80
3	1	5	72
3	1	6	68
3	1	7	75
3	1	8	72
3	1	9	82
3	1	10	70
3	2	1	75
3	2	2	70
3	2	3	63
3	2	4	87
3	2	5	60
3	2	6	80
3	2	7	73
3	2	8	70
3	2	9	74
3	2	10	70
4	1	1	70
4	1	2	53
4	1	3	66
4	1	4	75
4	1	5	69
4	1	6	65
4	1	7	80
4	1	8	70
4	1	9	67
4	1	10	68
4	2	1	80
4	2	2	62
4	2	3	65
4	2	4	64
4	2	5	71
4	2	6	60
4	2	7	72
4	2	8	56
4	2	9	53
4	2	10	70

Elaboración propia.

11.8 Diferencias de peso grano (kg/ha) de los tratamientos evaluados versus testigo.

Tratamiento evaluados	Diferencia (kg/ha)
Tratamiento 1	1,055 (kg/ha)
Tratamiento 2	1,150 (kg/ha)
Tratamiento 3	870 (kg/ha)

Elaboración propia.

11.9 Diferencias en la rentabilidad de los tratamientos evaluados versus testigo.

Tratamiento evaluados	Rentabilidad
Tratamiento 1	20.67%
Tratamiento 2	30.16 %
Tratamiento 3	15.89 %

Elaboración propia.

11.10 Humedad

En el cuadro 19 se presentan los datos de porcentaje de humedad del grano de arroz cosechado en cada unidad experimental de cada tratamiento, se tomó una muestra al azar de cada unidad experimental.

Cuadro 17. Porcentaje de humedad en el grano de arroz de cada unidad experimental de cada tratamiento estudio.

Tratamiento Humedad	Bloque	Sub-muestra
1	1	17.20%
1	2	16.60%
2	1	16%
2	2	17.20%
3	1	17%
3	2	16%
4	1	14.50%
4	2	15%
Pro-Medio	Todos los Bloques	16.19%

Elaboración propia.