

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Tesis de Grado

Presentada al H. Consejo Directivo previo a la obtención del Título de

Ingeniero Agropecuario

TEMA

“Determinación del efecto de microelementos en combinación con un programa de fertilización química, sobre el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*), variedad INIAP 15 bajo sistema de riego en la zona de Babahoyo”.

AUTOR

Marco Antonio Bravo Castro

DIRECTOR

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete

BABAHOYO - LOS RIOS- ECUADOR

2011

Agradecimiento

- A Dios y de igual manera a mis padres que me dieron mis estudios, y a mi familia en general.
- Agradezco también a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por la formación técnica que me ha brindado en mi tiempo de estudio.
- Al Ing. Eduardo Colina Navarrete, por su ayuda brindada como Director de mi tesis.

Dedicatoria

La presente Tesis está dedicado a Dios y especialmente a mis padres que me supieron apoyar en mis estudios y darme el amor y el sacrificio y el ejemplo para guiarme por el buen camino para salir adelante y a mis hermanos: Alfonso, Violeta, Teresa, Raquel, Rita, Alba, y a mis sobrinos que en todo momento estuvieron conmigo para darme fuerza y sabiduría y el amor para mis estudios.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TEMA:

“Determinación del efecto de microelementos en combinación con un Programa de Fertilización Química, sobre el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), variedad INIAP 15 bajo sistema de riego en la zona de Babahoyo”.

TESIS DE GRADO

Presentada al H. Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

Ingeniero Agropecuario

Tribunal de sustentación

Ing.Agr. Carlos Rodriguez Carpio

Ing.Agr. Jorge Livingston Camacho

Ing.Agr. Orlando Olvera Contreras

BABAHOYO - LOS RIOS - ECUADOR

2011

INDICE

CAPÍTULO	PÁGINA
1- INTRODUCCIÓN.....	01
2- REVISIÓN DE LITERATURA.....	03
3- MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
4- RESULTADOS.....	18
5- DISCUSIÓN.....	29
6- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
7- RESUMEN.....	33
8- LITERATURA CITADA.....	37
9- ANEXOS.....	40

1. INTRODUCCIÓN

El Arroz (*Oryza sativa* L.), es una monocotiledónea perteneciente a la familia *Poaceae*. A nivel mundial, es uno de los cultivos de mayor importancia dentro del sector agrícola por ser el alimento básico para más de la mitad de la población mundial.

En el Ecuador el cultivo de esta gramínea se realiza en dos ciclos productivos: Invierno y Verano. Históricamente, se ha sembrado una superficie anual de alrededor de 400.000 hectáreas, principalmente en las provincias de Guayas y Los Ríos. Genera un excedente de producción en el ciclo productivo de invierno; el pico de cosecha se presenta en los meses de abril y mayo. El rendimiento promedio por hectárea bordea las 3.2 tm.^{1/}

Además de N, P y K, las plantas necesitan de otros elementos del suelo y materia orgánica para su desarrollo, los cuales son requeridos en mayor o menor cantidad según su etapa fenológica. Entre ellos, los más utilizados son el Calcio (Ca), el magnesio (Mg) y el azufre (S), además de microelementos que pueden ser incorporados al suelo, los cuales regulan ciertos procesos químicos y fisiológicos de la planta, y en ciertos casos mejorando las condiciones de mineralización de otros. ^{2/}

La aplicación de los micronutrientes sobre los suelos es de vital importancia en los métodos de producción moderna de cultivos. El contenido de estos elementos es fundamental ya que muchos de ellos son claves en el desarrollo de tejidos específicos, variando y mucho dependiendo en cada uno de los suelos debido principalmente a las condiciones climáticas, prácticas de cultivos, rotación de las cosechas y residuos de cosechas.

^{1/} Disponible en: ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTécnicas/FonaiapDivulga/fd65/texto/arroz

^{2/} www.sica.gov.ec

El principal problema de los micronutrientes es el desconocimiento de su importancia y sobre todo su aplicación en épocas oportunas y dosis muy precisas especialmente en cultivos de gramíneas que son muy rápidos en su crecimiento. Por este motivo la importancia de este presente trabajo, ayuda a despejar dudas sobre los beneficios de los mismos en el desarrollo y producción del cultivo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Determinación del efecto de microelementos en combinación con una fertilización química sobre el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) en la zona de Babahoyo.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Determinar el comportamiento agronómico del cultivo de arroz INIAP 15 en aplicación de dosis de microelementos.
2. Evaluar la o las dosis adecuadas de los tratamientos.
3. Realizar un análisis económico con relación al beneficio/ costo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La nueva variedad de arroz INIAP 15, muestra menos posibilidad de quebrarse, y su rendimiento por hectárea es mayor a lo normal, clase de grano cuyas características son superiores al INIAP 7, INIAP 11, INIAP 12, INIAP 14 y INIAP 415. Aunque el rendimiento por hectárea es de tres sacas adicionales, su calidad es mayor, como lo exige el mercado actual. Las investigaciones del nuevo híbrido, señalan que el porcentaje de centro blanco de este arroz es menor en comparación a los anteriores tipos, esto es que tendrá menos probabilidades de quebrarse en el momento de que pase por la piladora. El tamaño del grano es extra largo, es decir que es mayor a los 7,5 milímetros y ha mostrado más resistencia a ciertas condiciones climáticas y a la 'hoja blanca', que es transmitida por el insecto *Tagosodesorizicolus*.(INIAP, 2006).

Rodríguez citado por García (2006), menciona que el arroz es una planta muy exigente en agua, luminosidad y temperatura. El nitrógeno determina el macollamiento y el nivel de producción, siendo el fósforo importante para un buen enraizamiento. Sus exigencias de elementos, en relación a la producción, son inferiores a los de los demás cereales. Las dosis totales pueden variar entre 120 – 200 Kg/ha de nitrógeno, 90 – 120 de fósforo y 60 – 120 Kg/ha de potasio, en función de las condiciones de fertilidad del suelo y la posibilidad de producción en la zona.

Mestanza, S. y Alcívar, A. (2006), informan que el arroz, como todas las especies vegetales cultivables, para su nutrición, necesita disponer de una cantidad adecuada y sobre todo de nutrientes, suministrado por el suelo o por una fertilización balanceada.

Los mismos autores mencionan que cada uno de los nutrientes minerales juegan un rol específico en el metabolismo vegetal (Ley de la esencialidad), ninguno de ellos puede ser reemplazado por otro, de tal manera que no importa

que las plantas dispongan de suficiente cantidad de todos ellos, si sólo uno está en cantidad o proporción deficiente: ese es el que determina el crecimiento y rendimiento del cultivo (Ley del mínimo).

Según INIAP (2008), las respuestas del cultivo de arroz a la fertilización, depende del estado o nivel de fertilidad del suelo (estado físico – químico) que se conoce a partir de los distintos análisis, dentro de los factores climáticos se debe tener en cuenta las temperaturas extremas, sequías estacionales, heladas, el agua disponible y el ciclo del cultivo.

La fertilización es un factor decisivo en los cultivos y determinan los siguientes objetivos económicos: a) Reducción de costos; b) Aumento del beneficio por unidad de superficie y por unidad de fertilizante aplicado. Los efectos en el cultivo y su relación con los objetivos económicos determinan los puntos a seguir en lo referente a dosis, tipos de fertilizantes y su forma de aplicación de acuerdo a las condiciones reales de la explotación agrícola.

USDA (2005), manifiesta que las plantas ejercen fuertes demandas de nutrientes, en los períodos críticos de desarrollo como es la floración e inicio de la fructificación; en otras palabras, las plantas crecen más rápido de lo que pueden absorber los nutrientes del suelo.

El propósito de una aplicación de fertilizantes, es suministrar una cantidad razonable de nutrientes, cuando la planta lo demande, durante sus etapas de desarrollo. Además, señala que la mayor o menor cantidad de granos, es el resultado de la fotosíntesis y la respiración, éstas son actividades que están influenciadas directa o indirectamente por el contenido de nutrientes, (CIAT, 2010).

Barbieri *et. al.* (2008), indican que las aplicaciones de macro y microelementos simples, sobre un determinado periodo, puede causar deficiencias de otros microelementos por procesos antagónicos, por lo que se recomienda efectuar análisis de suelos y de plantas para determinar una adecuada fertilización.

Guerrero (2002), indican que para los macroelementos en especial el nitrógeno su mayor parte proviene de los compuestos orgánicos vegetales. Entre los compuestos nitrogenados se encuentran los aminoácidos, los ácidos nucleicos, numerosas enzimas y materiales transportadores de energía como la clorofila, ADP (adenosindifosfato), ATP (adenosintrifosfato). Las plantas no pueden desarrollar sus procesos vitales si carece de nitrógeno, para construir sus procesos esenciales.

La absorción de nitrógeno, es rápida durante la primera etapa de su desarrollo hasta el final del período vegetativo, decae ligeramente durante el estado de máximo macollamiento y vuelve a ser absorbido con rapidez hasta la etapa de grano pastoso. La absorción de fósforo, es lenta hasta cuando se inicia el primordio floral, luego es un poco más rápida hasta poco después de la floración. El potasio, es absorbido según el crecimiento de la planta hasta el final de la etapa lechosa del grano y luego decae. (CIAT, 2008).

Gros, citado por Sucre (2002), menciona que la importancia del nitrógeno en las plantas queda suficientemente probada, puesto que se sabe que participa en la composición de las más importantes sustancias orgánicas, tales como la clorofila, aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos. Un suministro adecuado de nitrógeno en la planta produce: Rápido crecimiento, color verde intenso de las hojas, mejora la calidad de las hojas y aumento del contenido de proteínas y aumenta en la producción de hojas, frutos y semillas, etc.

Gutierrez *et al* (2002), menciona que cada vez es más frecuente, la aparición de síntomas de carencia de alguno o de varios elementos y estas deficiencias repercuten sobre los rendimientos de los cultivos. Las causas fundamentales, por las que se producen estas deficiencias son:

- No existe en el suelo la cantidad suficiente, para alimentar la planta
- El suelo tiene suficiente cantidad del elemento en cuestión, pero no en forma asimilable.
- Las condiciones anormales del suelo (acidez, basicidad, materia orgánica, salinidad, etc.), impiden que la planta pueda absorber el elemento, produciendo varias deficiencias al mismo tiempo.

Las altas concentraciones de K y NH_4 tienden a restringir la disponibilidad de magnesio. Los granos de arroz, contienen más magnesio que la paja pero menos K y Ca que ésta. El arroz de secano, tiene el mejor nivel de magnesio del suelo para el crecimiento de la planta cuando cerca del 10 por ciento de la capacidad de intercambio de cationes (CIC) está saturada con magnesio. En el caso del arroz en tierras húmedas, las deficiencias de magnesio son raras pero pueden aparecer cuando su concentración cae a menos de 3 - 4 por ciento del CIC y el pH es menor de 5,5. (FAO, 2006).

Según el IPNI (2002), las principales funciones de los microelementos y sus carencias, entre los principales:

Calcio

1. Su principal papel es estructural, constituye como pectatos de Ca en las laminas medias.
2. Forma membranas celulares y estructuras lapidas y posiblemente en el transporte de glucidas.
3. Activador de enzimas y se relaciona con la nodulacion y la fijación de N.

Efectos que causa el Ca en las plantas.

1. Proporciona rigidez.
2. Fomenta el desarrollo de raíces.
3. Aumenta la resistencia a la penetración de enfermedades y plagas.
4. Favorece el "cuaje" de las flores.
5. Impulsa la producción de semillas.
6. Ayuda a la fijación simbiótica del N.

Funciones del Mg

1. Forma parte de las moléculas de clorofila es determinante sobre la fotosíntesis.
2. Participa en el balance electro lítico dentro de la planta.
3. Activador enzimático especialmente en reacciones de fosforilacion del ATP en el metabolismo de los azucares y en síntesis de ácidos nucleicos y en síntesis de proteína.

Efectos que causa el Mg en las plantas.

1. Produce el color verde.
2. Ayuda en la absorción de P.

Funciones del S.

1. Forma parte de la proteína en los aminoácidos azufrados cisteína y metionina.
2. Constituyente de algunas enzimas de ciertas vitaminas (tiamina y biotina) y coenzima a que participa en el metabolismo de azucares, grasas y proteína.
3. Ayuda en la estabilización de la estructura de proteínas.

Efectos que causa el Azufre en la planta.

1. Aumenta el crecimiento vegetativo y la fructificación.
2. Estimula el crecimiento de raíz.
3. Propicia la formación de semilla.
4. Aumenta la cantidad de carbohidratos, aceites grasas y proteína.
5. Funciones de los elementos menores.
6. Activador enzimático en la respiración y en el metabolismo del N.
7. Participa en la síntesis proteínica y en la formación del ácido ascórbico (vitamina C.)
8. Actúa en la fotosíntesis, solo en la fase oscura.

Deficiencias del Azufre en la Planta:

Cuando el azufre se encuentra en escasa concentración para las plantas se altera los procesos metabólicos y la síntesis de proteínas. La insuficiencia del azufre influye en el desarrollo de las plantas.

Síntomas de Deficiencia de Azufre:

Los síntomas de deficiencia de azufre son debidos a los trastornos fisiológicos, manifestándose en los siguientes puntos:

- Crecimiento lento.
- Debilidad estructural de la planta, tallos cortos y pobres.
- Clorosis en hojas jóvenes, un amarillamiento principalmente en los "nervios" foliares e inclusive aparición de manchas oscuras (por ejemplo, en la papa).
- Desarrollo prematuro de las yemas laterales.
- Formación de los frutos incompleto.

Zinc.

- Activador de enzimas.
- Interviene en la síntesis de la hormona de crecimiento.
- Actúa en la síntesis proteica.

Hierro.

- Activador enzimático en síntesis de clorofila.
- Interviene en la síntesis de proteína.

Boro.

- Interviene en el transporte de azúcares.
- Participa en la diferenciación y desarrollo celular en el metabolismo del N.
- Actúa en la absorción activa de sales, en el metabolismo hormonal, en las relaciones hídricas, en el metabolismo del P y en la fotosíntesis.

Molibdeno.

- Actúa en el metabolismo del N.
- Interviene en la fijación del N.
- Está relacionado con los niveles de ácido ascórbico que protege el cloroplasto.

Según Snyder y Bruulsema(2007), el manganeso presenta las siguientes características:

Funciones del manganeso en la planta

El manganeso es absorbido por la planta como Mn^{2+} , tanto por la raíz como por las hojas.

Dada su capacidad de cambiar de estado de oxidación, participa en numerosos sistemas enzimáticos de óxido-reducción como la superóxidodismutasa.

1. Participa en la Fotosíntesis, formando parte de la mangano-proteína responsable de la fotólisis del agua y producción de O₂.
2. Interviene en la síntesis de proteínas, ya que participa en la asimilación del amonio (NH₄⁺).
3. Puede sustituir al Mg como co-factor en sistemas enzimáticos relacionados con reacciones redox, descarboxilaciones, hidrólisis y la transferencia de energía.
4. Regula el metabolismo de los ácidos grasos.
5. Fomenta la formación de raíces laterales.
6. Activa el crecimiento, influyendo el crecimiento alargador de las células.
7. Convierte los nitratos que forman las raíces en formas que la planta pueda utilizar.

Este microelemento está incluido en metaloproteínas, que actúan como co-factores de ciertas reacciones enzimáticas. Lo mismo que el Mg²⁺, el Mn²⁺ actúa como ión puente entre el ATP y el complejo enzimático; este es el caso de las fosfoquinasas y las fosfotransferasas.

Los mismos autores manifiestan que el manganeso también interviene de forma específica en la actividad hidroxilaminoreductasa, dentro de la fase de la reducción de los nitratos y en actividad ácido indol acético oxidasa.

La función metabólica del manganeso que está más documentada, es el transporte de electrones en la Fotosíntesis: dentro del fotosistema II, para efectuar la fotólisis del agua, se precisan cuatro átomos de manganeso, que se reducen cediendo cuatro electrones a cada unidad del pigmento P680.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación y descripción del campo experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en los terrenos de la granja experimental "San Pablo" de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el Kilómetro 7 ½ de la Vía Babahoyo Montalvo. Coordenadas geográficas del longitud Oeste 79° 32', latitud sur 01°49', Altitud 8msnm. 1/

3.2. Características climáticas.

La zona presenta un clima tropical húmedo según clasificación de HOLDRIBGE, con temperatura anual de 25.7° C, una precipitación de 2791.4 mm/año, humedad relativa de 76% y 804.7 horas de heliofaníade promedio anual.

3.3. Materiales de Siembra.

Se utilizó la variedad de arroz INIAP-15

Características agronómicas

Altura promedio de planta	: 0.8 m
Días promedio a la floración	: 60 días
Ciclo vegetativo promedio	: 110 días
Longitud promedio de panícula	: 22 c m
Índice de desgrane promedio	: 83%
Longitud de grano	: Largo
Rendimiento t/ha	: 6.00

1/Datos tomados en la estación meteorológica U T B- FACIAG, 2009

3.4. Factores de estudio.

Variable dependiente: Dosis y época de aplicación de dosis de microelementos.

Variable Independiente: Comportamiento del cultivo de Arroz INIAP 15.

3.5. Tratamientos.

Los tratamientos fueron los siguientes:

	Tratamientos	Dosis kg /ha /Aplicación	Época de Aplicación d.d.s
T1	NPK ^{1/} +S,Zn,Mn,B ^{1/}	30-3-15-1	20-35-50
T2	NPK+S,B.	30-1	20-35-50
T3	NPK+Zn,Mn,B.	3-15-1	20-35-50
T4	NPK+S, Zn, B.	30-3-1	20-35-50
T5	NPK+Mn, Zn.	15-3	20-35-50
T6	NPK ^{1/}		20-35-50
T7	Testigo	200 kg de urea, 50 kg de muriato de potasio	25-40

^{1/}N=140kg/ha; P 50kg/ha; K 60kg/ha;

d.d.s. días después de la siembra.

3.6. Diseño Experimental.

Para la realización de este trabajo se utilizó el diseño de bloques completos al azar con 7 tratamientos y 4 repeticiones.

3.7. Análisis de la Varianza (Andeva)

Fuente de variación	Grados libertad
Tratamientos	6
Repeticiones	3
Error experimental	18
Total	27

3.8. Análisis Funcional.

Para la evaluación de medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey con el 5% de probabilidades.

3.9. Manejo del ensayo.

Durante el desarrollo del ensayo se utilizó todas las labores y prácticas agrícolas que requiera el cultivo, así:

3.9.1 Análisis de suelo

Antes de la preparación del suelo, se tomó una muestra compuesta del mismo, para proceder a su análisis físico y químico.

3.9.2 Preparación del terreno

La preparación de suelo consistió en el sistema de fanguero con gavias para dejar el suelo listo y así obtener una buena germinación de la semilla.

3.9.3 Siembra

La siembra se la realizó con el método de siembra por trasplante. Se utilizó 60 kg/ha de semilla certificada, de la variedad INIAP 15

3.9.4 Control de malezas

Para el control de malezas se aplicó a la siembra en pre-emergencia Pendimetalin en dosis de 3 l/ha, Amina 0,3 l/ha y Paraquat 1 l/ha; entre los 20 y 25 días después de la siembra se aplicó 0,30 l/ha de Bispiribac sodium(Nominé 100), 0,15 g/ha de Bensulfuron y 0,3 l/ha de Amina, adicionalmente se colocó un fijador.

3.9.5 Control fitosanitario

Se realizó aplicaciones de insecticidas (cipermetrina 0.3 l/ha y diazinon 1 l/ha) para el control de langosta y chinches, que se presentaron en el desarrollo del cultivo.

3.9.6 Riego

El ensayo se lo realizó en condiciones de riego por tanto la aplicación de riego por sistema de inundación, se realizó cada 15 días, dejando una lamina de 5 cm sobre la superficie del terreno hasta 80 días después de la siembra, a partir de ese momento se suspendió el riego.

3.9.7 Fertilización

Las dosis de fertilizante químico (macroelementos) a utilizar, y la aplicación de los elementos a estudiar se encuentran en referencia en el cuadro número 3.4 que está en base a los resultados del análisis de suelo que se realizó.

Los macroelementos NPK, se incorporaron junto con la aplicación de los microelementos, con un fraccionamiento del 40% de N, 100% de P y 40% de K a los 20 días después de la siembra. A los 35 días después de la siembra se aplicó el 40% de N y el 60% de K; dejándose para el 20% final de N para los 50 días después de la siembra.

Las aplicaciones de los microelementos se realizaron a los 20 días después de la siembra en un 50% de la dosis, a los 35 días después de la siembra se aplicó un 30% de la dosis total y el 20% final de las dosis se aplicó a los 50 días después de la siembra, todo mediante el sistema de voleo.

3.9.8 Cosecha

La cosecha se realizó en cada parcela experimental de forma manual cuando los granos alcanzaron su madurez fisiológica.

3.10. Datos Evaluados.

3.10.1 Altura de planta.

Se tomó lecturas de diez plantas al azar y se registró en centímetros. Se evalúa a los 30, 60 días después de la siembra.

3.10.2 Número de macollos por m²

Dentro del área útil de cada parcela se tomó al azar 1 m² y se contó los macollos a la cosecha, tomando un marco de madera de 1m² y se lo lanzó al azar.

3.10.3 Número de panículas por m²

En el mismo metro cuadrado que se evaluó macollos, se contabilizó las panículas al momento de la cosecha.

3.10.4 Número de granos por espiga

Se evaluó escogiendo diez espigas al azar, contando todos los granos que en ella estuvieron.

3.10.5 Días a floración

Se tomó cuando el cultivo presentó el 50% de panículas emergidas de la planta.

3.10.6 Longitud de espigas.

En 10 espigas al azar se evaluó la longitud de las mismas desde su base hasta la punta apical de las mismas.

3.10.7 Días a maduración fisiológica

Es la fase de maduración de la planta la cual se presenta entre la fecha de siembra y la fecha en que el 50% de las plantas presentó granos amarillos y secos en cada parcela experimental, es decir, cuando la planta alcanzó su madurez fisiológica

3.10.8 Días a la cosecha

Se evaluó desde el inicio de la siembra hasta la cosecha total por tratamiento

3.10.9 Peso de 1000 semillas

Se tomó 1000 granos en cada parcela experimental, teniendo cuidado de que los mismos no tuvieran dañados por insectos o enfermedades; luego se pesó en una balanza de precisión y su promedio se expresó en gramos.

3.10.10 Análisis Foliar

Se tomó una muestra de hoja al momento de la emergencia de la panícula, para determinar la cantidad de nutrientes existentes en las hojas.

3.10.11 Rendimiento por hectárea

Estuvo determinado por el peso de los granos provenientes del área útil de cada parcela experimental, el porcentaje de humedad se ajustó al 14% y su peso se transformó a kilogramos por hectárea. Se empleó la siguiente fórmula para ajustar los pesos.

$$P_u = P_a (100 - h_a) / (100 - h_d)$$

P_u = Peso uniformizado

P_a = Peso actual

h_a = Humedad actual

h_d = Humedad deseada

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el estudio se presentan a continuación:

4.1. Altura de planta.

En el Cuadro 1, se observan los promedios de altura de plantas evaluadas a los 30 y 60 días después de la siembra. Los valores lograron significancia estadística a los 30 días después de la siembra, no teniendo el mismo resultado a los 60 días.

En la evaluación de altura de planta realizada a los 30 días después de la siembra, se encontró que el tratamiento NPK + Microelementos 3 (30.5 cm) fue estadísticamente igual a los tratamientos NPK + Microelementos 1 (29.8 cm), NPK + Microelementos 2 (30.2 cm), NPK + Microelementos 4 (29.4 cm), NPK + Microelementos 5 (29.4 cm) y NPK (29.9 cm) y superior al testigo que tuvo 29.3 cm, siendo estadísticamente el menor. El coeficiente de variación fue 2.13 %.

La evaluación de altura de planta realizada a los 60 días, determinó que el tratamiento NPK + Microelementos 3 presentó la mayor altura (92.9 cm). El menor valor se encontró en el testigo con 89.1 cm. El coeficiente de variación fue 2.02 %.

Cuadro 1. Promedio de altura de plantas a los 30 y 60 días después de la siembra, con tratamientos de microelementos como complemento a la fertilización química. Babahoyo. 2011.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	
	30 d.d.s.	60 d.d.s.
NPK + Microelementos 1	29,8 ab	90,8 a
NPK + Microelementos 2	30,2 ab	91,9 a
NPK + Microelementos 3	30,5 a	92,9 a
NPK + Microelementos 4	29,4 ab	89,5 a
NPK + Microelementos 5	29,4 ab	89,7 a
NPK	29,9 ab	90,9 a
Testigo	29,3 b	89,1 a
Promedios	29.80	90.70
Significancia estadísticas	*	ns
Coeficiente de variación %	2.13	2.02

d.d.s: Días después de la siembra

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

4.2. Número de macollos por metro cuadrado.

En el Cuadro 2, se observan los promedios de la evaluación de número de macollos por metro cuadrado registrados durante el cultivo. No se registró significancia estadística al 5 % de probabilidad. El coeficiente de variación fue 14.67 %.

En la evaluación realizada se encontró que el mayor número de macollos se encontró en el tratamiento NPK + Microelementos 1 (340.7 macollos/m²). Se presentó el menor registro en el tratamiento NPK + Microelementos 2 (262.7 macollos/ m²).

4.3. Número de panículas por metro cuadrado.

En el Cuadro 2, se aprecian los promedios de número de panículas por metro evaluados en los tratamientos estudiados. No se encontró significancia estadística al 5 % de probabilidad, en la evaluación realizada.

Se encontró que el mayor número de panículas lo presentó el tratamiento NPK (289.3 panículas/m²). El menor valor se registró en el tratamiento NPK + Microelementos 2 (241.7 panículas/m²). El coeficiente de variación fue 14.44 %.

Cuadro 2. Promedios de número de macollos y número de panículas por metro cuadrado en ensayo, con tratamientos de microelementos como complemento a la fertilización química. Babahoyo. 2011.

Tratamientos	Macollos/ m²	Panículas/ m²
NPK + Microelementos 1	340,7 a	254,0 a
NPK + Microelementos 2	262,7 a	241,7 a
NPK + Microelementos 3	279,7 a	272,0 a
NPK + Microelementos 4	298,0 a	262,7 a
NPK + Microelementos 5	304,0 a	278,7 a
NPK	318,7 a	289,3 a
Testigo	270,0 a	251,3 a
Promedios	296.2	264.2
Significancia estadísticas	ns	ns
Coeficiente de variación %	14.67	14.44

4.4. Días a floración.

En el Cuadro 3, se aprecian los promedios de días a floración encontrados en el presente estudio. Se alcanzó alta significancia estadística al 5 % de probabilidad

Se encontró que el mayor número de días se presentó en el tratamiento NPK + Microelementos 2 (81.7 días), siendo estadísticamente igual a los tratamientos NPK + Microelementos 1 (77.7 días) y NPK + Microelementos 3 (78.3 días) y superior a los demás tratamientos. El menor número de días se registró en el tratamiento NPK + Microelementos 4 (74.7 días). El coeficiente de variación fue 2.08 %.

4.5. Días a maduración fisiológica.

En el Cuadro 3, se observan los promedios de días a maduración fisiológica evaluados en los tratamientos estudiados. El análisis de varianza no alcanzó significancia estadística al 5 % de probabilidad.

Se encontró que el mayor número de días se presentó en el tratamiento NPK (105.7 días). El menor número de días se registró en el tratamiento NPK + Microelementos 5 (102.7 días). El coeficiente de variación fue 1.32 %.

4.6. Días a la cosecha.

En el Cuadro 3, también se observan los promedios de días a cosecha evaluados en los tratamientos estudiados. Realizado el análisis de varianza se no alcanzó significancia estadística al 5 % de probabilidad.

Se encontró que el mayor número de días se presentó en el tratamiento NPK (113.7 días). El menor número de días se registró en el tratamiento NPK + Microelementos 5 (110.7 días). El coeficiente de variación fue 1.22 %.

Cuadro 3. Promedios de días a floración, maduración fisiológica y a cosecha, con tratamientos de microelementos como complemento a la fertilización química. Babahoyo. 2011.

Tratamientos	Días		
	Floración	Maduración Fisiológica	Cosecha
NPK + Microelementos 1	77,7 abc	103,0 a	111,0 a
NPK + Microelementos 2	81,7 a	105,0 a	113,0 a
NPK + Microelementos 3	78,3 abc	103,7 a	111,7 a
NPK + Microelementos 4	74,7 c	105,0 a	113,0 a
NPK + Microelementos 5	79,7 ab	102,7 a	110,7 a
NPK	76,7 bc	105,7 a	113,7 a
Testigo	77,0 bc	104,7 a	112,7 a
Promedios	78.00	104.20	112.2
Significancia estadísticas	**	ns	ns
Coeficiente de variación %	2.08	1.32	1.22

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

4.7. Longitud de panículas.

En el Cuadro 4, se observan los promedios de longitud de panícula obtenidos en los tratamientos evaluados. No se encontró significancia estadística al 5 % de probabilidad.

Se encontró que la mayor longitud se obtuvo en el tratamiento NPK + Microelementos 4 (24.1 cm). El menor tamaño se registró en el tratamiento NPK + Microelementos 5 (21.9 cm). El coeficiente de variación fue 7.07 %.

4.8. Granos por panícula.

En el Cuadro 4, se muestran los promedios de granos por panícula obtenidos en los tratamientos. No se encontró significancia estadística al 5 % de probabilidades.

Se encontró el mayor número de granos en el tratamiento NPK + Microelementos 4 (91.2 granos/panícula). El menor número de granos se registró en el tratamiento NPK + Microelementos 2 (81.9 granos/panícula). El coeficiente de variación fue 4.96 %.

Cuadro 4. Promedios de longitud de panículas y número de granos por panícula obtenidos, con tratamientos de microelementos como complemento a la fertilización química. Babahoyo. 2011.

Tratamientos	Longitud panícula (cm)	Número granos / panícula
NPK + Microelementos 1	22,1 a	87,9 a
NPK + Microelementos 2	22,7 a	81,9 a
NPK + Microelementos 3	22,9 a	89,1 a
NPK + Microelementos 4	24,1 a	91,2 a
NPK + Microelementos 5	21,9 a	85,0 a
NPK	22,2 a	82,3 a
Testigo	23,4 a	88,6 a
Promedios	22.8	86.6
Significancia estadísticas	ns	ns
Coeficiente de variación %	7.07	4.96

4.9. Peso de 1000 granos.

En el Cuadro 5, se observan los promedios del peso de 1000 semillas de los tratamientos estudiados. Se registró alta significancia estadística al 5 % de probabilidades.

El tratamiento NPK (23.0 g) fue estadísticamente superior y diferente a todos los tratamientos. El menor peso se registró en los tratamientos NPK + Microelementos 1 (21.6 g), NPK + Microelementos 2 (20.9 g), NPK + Microelementos 3 (20.9 g), NPK + Microelementos 4 (21.4 g), NPK + Microelementos 5 (21.0 g) y Testigo absoluto (21.2 g). El coeficiente de variación fue de 1.91 %.

Cuadro 5. Peso de 1000 granos, con tratamientos de microelementos como complemento a la fertilización química. Babahoyo. 2011.

Tratamientos	Peso/g
NPK + Microelementos 1	21,6 b
NPK + Microelementos 2	20,9 b
NPK + Microelementos 3	20,9 b
NPK + Microelementos 4	21,4 b
NPK + Microelementos 5	21,0 b
NPK	23,0 a
Testigo	21,2 b
Promedios	21.4
Significancia estadísticas	**
Coeficiente de variación %	1.91

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5 % de significancia.

4.10. Rendimiento por hectárea.

En el cuadro 6 se registran los promedios del rendimiento por hectárea de los tratamientos. Se encontró alta significancia estadística al 5 % de probabilidad.

Los tratamientos NPK + Microelementos 3 (5552.7 kg/ha) y NPK + Microelementos 4 (5129.7 kg/ha), fueron estadísticamente iguales a los tratamientos NPK + Microelementos 1 (4794.9 kg/ha), NPK + Microelementos 2 (4355.6 kg/ha), NPK + Microelementos 5 (4979.4 kg/ha) y NPK (4964.4 kg/ha) y diferentes a los demás. El menor promedio se obtuvo en el tratamiento testigo con 3525.6 kg/ha. El coeficiente de variación fue de 12.33 %.

Cuadro 6. Promedios de rendimientos por hectárea con tratamientos de microelementos como complemento a la fertilización química. Babahoyo, 2011.

Tratamientos	Rendimiento kg/ha
NPK + Microelementos 1	4794,9 ab
NPK + Microelementos 2	4355,6 ab
NPK + Microelementos 3	5552,7 a
NPK + Microelementos 4	5129,7 a
NPK + Microelementos 5	4979,4 ab
NPK	4964,4 ab
Testigo	3525,6 b
Promedios	4757.5
Significancia estadísticas	**
Coeficiente de variación %	12.33

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

4.11. Análisis Foliar.

En el Cuadro 7, se observan los valores del resultado del análisis foliar realizado a cada grupo de los tratamientos.

Las resultados muestran que los tratamientos donde se aplicó uniformemente todos los microelementos adicionales a la fertilización química presentaron una cantidad adecuada de nutrientes en el tejido foliar.

Cuadro 7. Evaluación análisis foliar en el ensayo, con tratamientos de microelementos como complemento a la fertilización química. Babahoyo. 2011.

TRATAMIENTO	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
NPK + Microelementos 1	E	A	A	A	A	D	A	D	E	A	A
NPK + Microelementos 2	E	A	A	A	A	D	A	D	A	A	E
NPK + Microelementos 3	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
NPK + Microelementos 4	E	A	A	A	D	A	A	A	A	A	E
NPK + Microelementos 5	E	A	A	A	D	A	A	A	A	A	E
NPK	E	A	A	A	D	D	A	A	A	A	A
Testigo	E	A	A	A	D	D	E	A	E	A	E

Análisis de tejidos EEBSL..

E= Excesivo, A= Adecuado, D= Deficiente

4.12. Evaluación económica.

En el Cuadro 8, se observan los promedios de los resultados de la evaluación económica, realizada a los tratamientos, analizando ingresos y egresos

Se encontró que el tratamiento NPK + Microelementos 3 fue el que mayor utilidad reportó con \$654.71, mientras el menor ingreso lo tuvo el tratamiento Testigo (\$327.10).

Cuadro 8. Evaluación económica en ensayo con tratamientos de microelementos como complemento a la fertilización química. Babahoyo. 2011.

Tratamientos	Rendimiento kg/ha	Costos Variables	Costos Fijos	Costos de cosecha	Costos Total	Ingresos	Utilidad
NPK + M1	4794,9	345,90	521,00	77,86	944,76	1556,90	612,14
NPK + M2	4355,6	319,90	521,00	70,73	911,63	1414,26	502,63
NPK + M3	5552,7	307,90	521,00	90,16	919,06	1802,96	883,90
NPK + M4	5129,7	329,90	521,00	83,30	934,20	1665,61	731,41
NPK + M5	4979,4	303,90	521,00	80,85	905,75	1616,81	710,06
NPK	4964,4	287,90	521,00	80,61	889,51	1611,94	722,43
TESTIGO	3525,6	133,00	521,00	57,25	711,25	1144,76	433,51

Costo de cosecha \$/kg 0,031 (\$3/saco de 210 lb=95.45 kg)

Precio de venta \$/kg 0,3247 (\$31/saco de 210 lb=95.45 kg)

Costo de transporte \$/kg 0,005238 \$0.5/saco de 210 lb=95.45 kg)

Costo Variable: Costos de tratamientos + aplicación de fertilizantes

5. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se pudo determinar que la aplicación de microelementos en conjunto de un programa de fertilización química edáfica, influyen sobre el rendimiento de grano de arroz, bajo las condiciones del ensayo.

Las aplicaciones de los microelementos y fertilizantes produjeron un aumento en el rendimiento del cultivo con promedios de 4300 kg/ha (45 sacas/ha) y aumentos sobre el testigo de 1000 kg/ha. Esto concuerda con el CIAT (2006), quienes manifiestan que el propósito de una aplicación de fertilizantes, es suministrar una cantidad razonable de nutrientes, cuando la planta lo demande, durante sus etapas de desarrollo. Además, señala que la mayor o menor cantidad de granos, es el resultado de la fotosíntesis y la respiración, éstas son actividades que están influenciadas directa o indirectamente por el contenido de nutrientes, especialmente microelementos.

Realizados los análisis de estadística se encontró que el material vegetal, utilizado para el ensayo presentó un comportamiento muy estable a la aplicación de microelementos en mezclas con la aplicación de macroelementos. Esto corrobora lo manifestado por Mestanza y Alcívar (2008), quienes indican que el arroz, como todas las especies vegetales cultivables, para su nutrición, necesita disponer de una cantidad adecuada y sobre todo de nutrientes, suministrado por el suelo o por una fertilización balanceada.

Importante es que la aplicación de microelementos ocasiona en la planta una mejor complementación a factores ambientales y fitosanitarios, esto debido a que por tener la planta los nutrientes en cantidades adecuadas el ataque de plaga y enfermedades, se ve disminuido considerablemente, produciendo en las plantas mejor vigor. Esto concuerda con Tucunango (1993), manifiesta que las

plantas ejercen fuertes demandas de nutrientes, en los períodos críticos de desarrollo como es la floración e inicio del proceso de fructificación; en otras palabras, las plantas crecen más rápido de lo que pueden absorber los nutrientes del suelo.

El mejor comportamiento se presentó en el tratamiento NPK+Zn+Mn+B, el cual tuvo mejor eficiencia en su disponibilidad, lo cual ayudó a mejorar condiciones agronómicas del cultivo. Esto se debe a que el zinc y el boro, Actúa en la absorción activa de sales, en el metabolismo hormonal, en las relaciones hídricas, en el metabolismo del P y en la fotosíntesis.

Los rendimientos presentados fueron aceptables, lográndose en el tratamiento NPK+Zn+Mn+B (5552.7 kg/ha) el mayor rendimiento y el testigo absoluto (3525.6 kg/ha) el menor rendimiento. Los demás tratamientos estuvieron por encima de la media nacional.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos en este ensayo se concluye lo siguiente:

1. Las dosis de microelementos en conjunto con un programa de fertilización con macroelementos, influyeron significativamente en el rendimiento y desarrollo del cultivo de arroz.
2. Aplicaciones de Zinc, Boro y Manganeso incentivan el desarrollo de la planta, especialmente su altura en etapas iniciales de desarrollo.
3. No se encontró diferencias significativas en las variables: números de macollos, número de panículas, altura de planta a 60 días después de siembra, días a maduración fisiológica, días a cosecha, longitud de panícula, número de granos por panícula y peso de 1000 semillas.
4. Las aplicaciones de microelementos como azufre, zinc y boro, aceleran el número de días a floración.
5. Se observó diferencias económicas en el tratamiento NPK+B+Mn+Zn, el cual presento una utilidad de \$654.71, con una relación beneficio/costo de 1,8.
6. El tratamiento NPK+B+Mn+Zn influye significativamente en el rendimiento de grano en el material utilizado (5552.7 kg/ha), obteniendo este el mejor promedio.
7. Las aplicaciones de diversos tipos de microelementos como complemento a la fertilización química inciden de manera positiva sobre la utilidad del cultivo.

En base a estas conclusiones se recomienda:

1. Realizar las aplicaciones de B+Mn+Zn en dosis de 3, 15 y 1 kg/ha en mezcla con la fertilización química en las épocas indicadas (20, 35 y 50 días después de la siembra).
2. Realizar investigaciones similares con otros materiales de siembra y bajo otras condiciones de manejo.

7. RESUMEN

El arroz (*Oryza sativa L.*) es consumido por el 75 % de la población mundial. En Ecuador, las mayores áreas sembradas están en las provincias del guayas y los Ríos. Gran superficie de las plantaciones están afectadas por problemas de fertilidad y perdidas en el rendimiento, debido al mal manejo de fertilizantes y de nuevas fuentes de materias minerales o biológicas.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficacia de la aplicación de microelementos complementarios a la aplicación de la fertilización edáfica con fertilizantes químicos comerciales, para evaluar su efecto sobre el rendimiento de grano y comportamiento del cultivo.

El trabajo se realizó en los campos, ubicados en la Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuaria en la Provincia de los Ríos, entre los meses de Septiembre y Diciembre del 2009. Se investigaron siete tratamientos y tres repeticiones. Se realizó la siembra de arroz variedad INIAP-15 en parcelas de 20 m². Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar. Para la evaluación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidades.

Al final del ciclo del cultivo se evaluó: altura de plantas, número de macollos por m², Granos por panícula, longitud y número de panículas m², Días a floración, Días a cosecha, número de granos por panícula, peso 1000 semillas y Rendimiento por hectárea.

Los resultados determinaron que las aplicaciones de microelementos inciden sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo, sobre todos en periodos de máximo crecimiento afectando la fisiología de la planta positivamente.

El mejor tratamiento según los resultados estadísticos fue NPK + Microelementos 3 (Zn, Cu, Fe, Mn, B, Mo), en aplicaciones a los 20, 35 y 50 días después de la siembra, el mismo que logró rendimiento de 5552.70 kg/ha y un comportamiento mas estable en las variables evaluadas.

SUMMARY

The rice (*Oryza sativa L.*) is consumed by 75% of the world-wide population. In Ecuador, the majors seeded areas are in the provinces of Guayas and Los Ríos. Great surface of the plantations is affected by problems of fertility and lost in the yield, due to the evil handling of fertilizers and new sources of mineral matters or biological.

The objective of this investigation was to evaluate the effectiveness of the application of complementary microelements to the application of the soil fertilization with commercial chemical fertilizers, to evaluate its effect on the grain yield and behavior of the culture.

The work was realized in the fields, located in the Technical University of Babahoyo, Farming Faculty of Sciences in the Province of Los Ríos, between the months of September and December of the 2010. Seven treatments and three repetitions were investigated. Rice seedtime was realized variety INIAP-15 in 20 parcels of m². The treatments were distributed at random in a design of complete blocks. For the evaluation of averages the test of Tukey to 5% of probabilities was used.

At the end of the cycle of the culture it was evaluated: height of plants, number of plant by m², Grains by plant, length and number of ears m², Days to flowering, Days to harvest, number of grains by ears, weight 1000 seeds and Yield by hectare.

The results positively determined that the applications of microelements affect the development and yield of the culture, on all in periods of maximum growth affecting the physiology of the plant.

The best treatment according to the statistical results was NPK + Microelements 3 (Zn, Cu, Fe, Mn, B, Mo), in applications to the 20, 35 and 50 days after seedtime, the same that 5552.7 obtained yield of kg/ha and a stable behavior but in the evaluated data.

8. LITERATURA CITADA

1. Barbieri, P. Echeverría, H. Sainz, H. 2008. Nitratos en el suelo a la siembra o al macollaje como diagnóstico de la nutrición en arroz, en la pampa argentina. Acta CD XXI Congreso de la Ciencia del Suelo, en línea SECS. San Luis Potosí, Bolivia. 12p.
2. CIAT (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL), 2010. Investigación de manejo de fertilizantes en beneficio a Costa Rica, en línea. Consultado en www.ciat.org. Cali - Colombia. P 9
3. CIAT (Centro de investigación de agricultura tropical). 2008. Arroz: Investigación y Producción. Los macro nutrientes en la nutrición de la planta de arroz, Colombia. En línea XII congreso del arroz, consultado en www.ciat.org. p 108.
4. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 2006. Guía para identificar las limitaciones de campo en la Producción de arroz. (en línea). Consultado el 7 enero del 2010 Disponible en www.fao.org.
5. García, F. 2007. Requerimientos nutricionales del cultivo de arroz, Respuesta a la fertilización. In Producción de Arroz, seminario de Capacitación. INTA. Buenos Aires (en línea), disponible en: www.inta.ar.org.

6. Gutierrez, F. 2002. Cambio en la disponibilidad de fosforo del suelo por el agregado de fertilizante. Actas XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires. Disponible en www.ine.gov.ar
7. INIAP, 2008. Evaluación en campo de adaptación y rendimiento de 12 líneas promisorias de arroz. Estación experimental Boliche, Programa de Arroz. pp. 14 – 15.
8. INIAP. 2006 Variedad de arroz tiene menos riesgos (en línea). Consultado e de febrero 2010. Disponible en www.eluniverso.com.
9. IPNI (Internacional PlantNutritionInstitute), 2009. Manual de nutrición y fertilización de gramíneas. CATIE. Costa Rica. pp 20-28.
10. Mestanza, S. and Alcívar, S. (2006). Guía del cultivo del arroz. La Fertilización del cultivo de arroz en Ecuador. FENEARROZ, 2° edición. p. 32.
11. Snyder, C. and Bruulsema, T. 2007. Nutrient Use efficiency and effectiveness in northamerica: Indices of agronomic and enviromentalbenefecit. International PlantNutritionInstitute. Norcroos. GA. Disponible en www.ipni.net
12. Sucre, L. 2002 Respuesta de arroz en condiciones de riego a la fertilización nitrogenada y aspersiones de fertilizantes foliares. Tesis de ingeniero agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Babahoyo. Bale, EC.

13. Guerrero, R. 2002. El diagnostico químico de la fertilidad del suelo. In:
sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Fertilidad de suelos
diagnostico y control, Bogotá (Colombia). Sociedad colombiana de la
ciencia del suelo. pp.141-199

14. USDA. 2005. Global SoilRegionsMap. USDA-NRCS. Disponible en
soils.usda.gov/use/worldsoils

9 ANEXOS



