

Fertilización química basada en análisis de suelo en dos líneas promisorias de arroz

Chemical fertilization based on soil analysis in two promising rice lines

Yary Gilberto Ruiz Parrales¹; Viviana Lorena Sánchez Vásquez²;
Marlon Darlin López Izurieta³; Víctor Andrés Molina Barbotó⁴
{yruiz@utb.edu.ec; vsanchez@utb.edu.ec;
mlopez@utb.edu.ec; vmolina@utb.edu.ec}

Fecha de recepción: 30 de mayo de 2020 – **Fecha de aceptación:** 7 de julio de 2020

Resumen: El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el Km 7 ½ de la vía Babahoyo – Montalvo, cuyos objetivos planteados fueron: evaluar el efecto de la fertilización química en base al análisis de suelo en el cultivo de arroz; identificar el genotipo de mayor rendimiento y analizar económicamente los tratamientos. Se utilizaron tres tratamientos (material genético), como Iniap 15, Líneas GO 37647, GO 39845 y cuatro subtratamientos (niveles de fertilización), a base de nitrógeno (urea), potasio (muriato de potasio) y Zinc (Zinquell), con cuatro repeticiones. Para estimar los efectos de los tratamientos y subtratamientos se tomaron los siguientes datos, como Altura de planta a la cosecha, número de macollos/m², número de panículas/m², días a la floración, días a maduración, longitud de la panícula, granos por panícula, peso de 1000 granos, rendimiento, calidad molinera y análisis económico. En base a los resultados, se concluye que para altura de plantas, longitud de panículas, floración y maduración del cultivo, se obtuvo alta significación estadística solo para el material genético; para el número de macollos por m² y granos por panícula fueron significativo al 95% de probabilidades, tanto para material genético, como para fertilización; los promedios de peso pero de 1000 granos y rendimiento de arroz paddy por hectárea, resultaron con alta significación estadística; el mayor rendimiento de arroz paddy se obtuvo en la línea GO37647 con 4.09 ton/ha. Se recomienda realizar otras investigaciones en diferentes ambientes.

Palabras clave – Arroz, fertilización, análisis de suelo, producción.

Abstract: The present research work was carried out in the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Babahoyo, located at Km 7 ½ of the Babahoyo - Montalvo road, whose

¹Ingeniero Agrónomo; Magíster en Ingeniería Agrícola.
Universidad Técnica de Babahoyo.

²Ingeniera Química; Magíster en Gestión de la Productividad y la Calidad.
Universidad Técnica de Babahoyo.

³Ingeniero Agrónomo; Magíster en Nutrición Vegetal.
Universidad Técnica de Babahoyo.

⁴Ingeniero Agropecuario; Magíster en Gestión Ambiental.
Universidad Técnica de Babahoyo.

objectives were: to evaluate the effect of chemical fertilization based on soil analysis in rice cultivation; identify the genotype with the highest yield and economically analyze the treatments. Three treatments (genetic material) were used, such as Iniap 15, Lines GO 37647, GO 39845 and four subtreatments (fertilization levels), based on nitrogen (urea), potassium (muriate of potassium) and Zinc (Zinquell), with four repetitions. To estimate the effects of the treatments and sub-treatments, the following data were taken, such as Plant height at harvest, number of tillers / m², number of panicles / m², days to flowering, days to maturation, panicle length, grains per panicle, 1000 grain weight, yield, milling quality and economic analysis. Based on the results, it is concluded that for plant height, panicle length, flowering and maturation of the crop, high statistical significance was obtained only for the genetic material; for the number of tillers per m² and grains per panicle they were significant at 95% of probabilities, both for genetic material and for fertilization; the averages of weight but of 1000 grains and paddy rice yield per hectare, resulted with high statistical significance; the highest paddy rice yield was obtained in line GO37647 with 4.09 ton / ha. Further investigations are recommended in different environments.

Keywords – Rice, fertilization, soil analysis, production.

INTRODUCCIÓN

El aumento de la producción de arroz en América Latina es una necesidad prioritaria para asegurar el suministro del grano a la población cada vez mayor. Para garantizar la disponibilidad de este alimento básico a precios favorables para todos los extractos sociales, se requiere que el agricultor cuente con nuevas variedades, los conocimientos para mejorar la producción, aumentar la productividad y la rentabilidad del cultivo a nivel de campo.

El cultivo de arroz en Ecuador es de gran importancia socioeconómica, según datos registrados se cultivan alrededor de 343.936 hectáreas, la mayoría de esta superficie está en manos de pequeños productores que desarrollan el cultivo mediante la aplicación de diversas tecnologías, que están en relación con la disposición de recursos económicos, acceso a la capacitación y al incentivo de los precios del mercado.

Las características físico-químicas del suelo, deben ser conocidas por el productor agrícola, ya que el crecimiento y desarrollo de los cultivos y la cantidad y calidad de las cosechas están en relación directa con los nutrientes y las características de los suelos. El rendimiento de un cultivo es afectado por diversos factores, entre los que ocupa un lugar importante la disponibilidad de los nutrientes esenciales para las plantas en el suelo. Cuando estos nutrientes no están en cantidades adecuadas, hay necesidad de adicionar fertilizantes químicos o enmiendas para suplir las necesidades y corregir condiciones adversas. Desde este punto de vista, el análisis químico del suelo puede suministrar información muy valiosa.

El principal problema de bajo rendimiento del cultivo de arroz es indispensablemente por el desconocimiento de las cantidades de fertilizantes disponibles en el suelo, siendo asimilables por la planta y la escasa utilización de variedades mejoradas.

Por las razones antes expuestas, se justifica la presente investigación para determinar los niveles de fertilización adecuados en la variedad de arroz Iniap 15 y dos líneas promisorias de arroz en la zona de Babahoyo.

DESARROLLO

Alcívar y Mestanza (2017), manifiestan que el arroz como todas las especies vegetales para su crecimiento y nutrición, necesita disponer de una cantidad adecuada y oportuna de nutrientes, suministrado por el suelo o mediante una fertilización balanceada. Cada uno de los nutrientes juega un rol específico en el metabolismo vegetal (Ley de la esencialidad), ninguno puede ser remplazado por otro, de tal manera que no importa que la planta disponga de suficiente cantidad de todos ellos, si solo uno está en cantidad o proporción deficiente; ese es el que determina el crecimiento y rendimiento del cultivo (Ley del mínimo).

Según Cano (2012), la nutrición de las plantas es un factor de producción que no puede considerarse aisladamente. El empleo de abonos orgánicos y minerales debe orientarse en la meta de producción, la posible extracción de nutrientes por el cultivo y la reserva de nutrientes en el suelo. En este contexto no solo debe considerarse las necesidades del cultivo, sino también el balance de nutrientes del conjunto de cultivos de rotación.

CIAT (2016), en investigaciones realizadas indica que el propósito de una aplicación de fertilizantes, es suministrar una cantidad razonable de nutrientes cuando la planta la demande durante sus diferentes etapas de desarrollo. Esta misma institución, manifiesta que la mayor o menor cantidad de granos, es el resultado de la fotosíntesis y la respiración, estas son actividades que están influidas directa o indirectamente por el contenido de nutrientes.

INIAP (2014), en su página web, informa en una investigación acerca de los efectos de los fertilizantes en arroz, que por lo general las únicas respuestas positivas, consistentes y económicas se logran con los fertilizantes nitrogenados. En un estudio dentro del convenio INIAP-CIAT, acerca de las respuestas del arroz cultivado bajo las condiciones del Ecuador, a la fertilización química, se concluyó que de 20 prácticas hechas por INIAP con fósforo y potasio no se obtuvo respuesta a la fertilización con potasio en el 60% de los ensayos realizados en el sistema de riego y en el 50% de los ensayos en secano. En el caso de fósforo las cifras fueron 50% y 83%, para riego y secano respectivamente.

Inpofos (2015), agrega que el potasio (K) es absorbido (del suelo) por las plantas en forma iónica (K⁺). A diferencia del N y del P, el K no forma compuestos orgánicos en la planta. Su función principal está relacionada fundamentalmente con muchos y variados procesos metabólicos.

El potasio es vital para la fotosíntesis. Cuando existe deficiencia de K, la fotosíntesis se reduce y la respiración de la planta se incrementa. Estas dos condiciones (reducción de la fotosíntesis e incremento

en la respiración), presentes cuando existe deficiencias de K, reducen la acumulación de carbohidratos, con consecuencias adversas en el crecimiento y producción de la planta. Otras funciones del K son:

- Es esencial para la síntesis de proteínas.
- Es importante en la descomposición de carbohidratos, un proceso que provee de energía a la planta para su crecimiento.
- Ayuda a controlar el balance iónico.
- Es importante en la traslocación de metales pesados como el hierro (Fe).
- Ayuda la planta a resistir los ataques de enfermedades.
- Es importante en la formación de fruta.
- Está involucrado en la activación de más de 60 sistemas enzimáticos que regulan las principales reacciones metabólicas de la planta.

Medina (2011), manifiesta que el Zinc es necesario para el metabolismo de las auxinas, producción de clorofila, activación de enzimas y mantenimiento de la membrana celular. La deficiencia de zinc hace que el crecimiento sea desigual, en casos severos el macollamiento se reduce y hasta puede detenerse hasta la madurez.

Pacheco (2010), estudió el comportamiento agronómico de las variedades de arroz Iniap 15 e Iniap 16 a la fertilización química; el mayor rendimiento de grano se logró con el tratamiento 200–100–200Kg/ha N, P₂O₅, K₂O con 8.69 Ton/ha. Se registraron incrementos del 15.85%; 25.5% y 12.4% en el rendimiento de grano al incrementarse los niveles de fertilización química. Cabe indicar que el programa de fertilización química utilizado por los agricultores 92–23–60 Kg/h N, P₂O₅, K₂O, alcanzó el menor rendimiento de grano de 5.223 Ton/ha.

Rojas (2009), estableció un ensayo para evaluar los efectos de la fertilización orgánica complementaria en presencia de varios niveles de fertilización química en el arroz variedad Iniap 15; se determinó que el rendimiento de grano se incrementó significativamente conforme aumentaban los niveles de fertilización química. El tratamiento 200–100–190 Kg/ha NPK, más el programa orgánico, logró el mayor rendimiento de grano 9.129 Ton/ha; superando en un 97.91% en comparación al testigo sin fertilizar que produjo 4.075 Ton/ha. El programa de fertilización orgánica produjo un incremento del 23.57% en el rendimiento de grano. El autor indica, que el empleo del programa de fertilización orgánica debe ser en forma complementaria al programa equilibrado de fertilización química.

METODOLOGÍA

Ubicación y descripción del área experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el Km 7 ½ de la vía Babahoyo – Montalvo.

El terreno se encuentra en las coordenadas geográficas de 79° 32' Latitud Sur, y 1° 49' de Latitud Oeste, con una altura de 8 msnm, presenta un clima tropical húmedo, con temperatura media anual de 25.5 °C, una precipitación media anual de 2329.00 mm, humedad relativa de 82% y 987.1 horas de heliofanía promedio anual. 2 El suelo es de topografía plana, textura franco arcillosa y drenaje regular.

Material de siembra

Se utilizó la variedad de arroz Iniap 15 y dos líneas promisorias.

Factores estudiados

Variable independiente: Variedad de arroz Iniap 15 y dos líneas promisorias

Variable dependiente: Fertilización química utilizando N, K₂O y Zn.

Tratamientos y subtratamientos

Se utilizaron tres tratamientos (material genético), cuatro subtratamientos (niveles de fertilización) con cuatro repeticiones, las características de los tratamientos y subtratamientos estudiados.

Cuadro 1. Tratamientos y subtratamientos estudiados, en el efecto de la fertilización química en base al análisis de suelo en la variedad Iniap 15 y dos líneas promisorias de arroz en la zona de Babahoyo

Tratamientos	Subtratamientos		
	N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Zn (l/ha)
Iniap 15	160	0	0
	160	90	0
	160	90	2
	100 (testigo)	0	0
Línea GO 37647	160	0	0
	160	90	0
	160	90	2
	100 (testigo)	0	0
Línea GO 39845	160	0	0
	160	90	0
	160	90	2
	100 (testigo)	0	0

Métodos

Se utilizaron los métodos teóricos: inducción-deducción y análisis-síntesis y el método empírico denominado experimental.

Diseño experimental

Se utilizó el diseño parcelas divididas, con tres tratamientos, cuatro subtratamientos y cuatro repeticiones. Para la comparación de los promedios de las variables, se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5% de probabilidad.

Manejo del ensayo

Para el desarrollo de la investigación se efectuaron las siguientes labores:

Análisis de suelo

Previamente antes de la preparación del terreno se realizó el respectivo análisis de suelo.

Preparación de suelo

La preparación del suelo se realizó mediante dos pases del tractor con gavias (fangueo), con la finalidad de que el suelo quede preparado, para obtener una buena germinación de la semilla.

Siembra

La siembra se efectuó manualmente “al voleo” utilizando semilla proveniente del INIAP, con una densidad de 100 kg de semilla/ha.

Control de malezas

Para el control de malezas se aplicó en preemergencia Gamit en dosis de 800cc/ha; en postemergencia a los 10 días después de la siembra se aplicó Propanil, en dosis de 4 l/ha para la presencia de gramíneas y a los 30 días después de la siembra, para la presencia de coquito y hoja ancha se aplicó Checker en dosis 300 cc /ha.

Riego

El ensayo se lo realizó con riego, aplicando una lámina de agua de aproximadamente 10 cm, en intervalos semanales de acuerdo a los requerimientos hídricos del cultivo.

Fertilización

La fertilización se realizó de acuerdo a las dosis de nutrientes previamente establecidos en el análisis de suelo.

Control fitosanitario

Se realizó inspecciones en forma periódica y se determinó la presencia de insectos, lo cual se controló con Cypermetrina en dosis de 300 cc/ha.

Cosecha

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

Datos evaluados

Para estimar los efectos de los tratamientos y subtratamientos se tomaron los siguientes datos:

Altura de planta a la cosecha

A la cosecha, se midió la altura de la planta tomando la distancia comprendida desde el nivel del suelo hasta el punto de inserción de la panícula (nudo cilial), en 10 plantas al azar por tratamiento, se expresó en cm.

Número de macollos/m²

Dentro del área útil de cada parcela se tomó al azar 1m² y se contó los macollos a la cosecha.

Número de panículas/m²

En un metro cuadrado por parcela se determinó el número de panículas al momento de la cosecha.

Días a la floración

Para poder determinar el promedio de días a floración, se realizaron inspecciones semanales a partir de los 60 días, hasta lograr el 50 % más uno de floración por parcela.

Días a maduración

El número de días a maduración, se registró semanalmente a partir de los 80 días hasta que los granos presentaron madurez fisiológica (cosecha).

Longitud de la panícula

Se tomó de 10 plantas al azar por tratamiento y se midió desde el punto de inserción de la panícula, hasta el primer grano de la misma; se expresó en cm.

Granos por panícula

Se tomó diez plantas al azar por parcela y se determinó el número de granos por panícula de cada planta en momento de la cosecha.

Peso de 1000 granos

Se tomó al azar 1000 semillas por tratamiento y se pesó en una balanza de precisión, el valor se expresó en gr.

Rendimiento

Los rendimientos se los tomó en Kilogramos por subparcelas los cuales se los relacionó a kilogramos por hectárea y a su vez a quintales por hectárea.

Calidad molinera

El análisis de molinera se realizó en un molino experimental, determinándose el porcentaje de arroz integral (descascarado), porcentaje de masa blanca, porcentaje de polvillo, porcentaje de índice de pilada y porcentaje de arrocillo.

Análisis económico

Se realizó basado en los costos de producción, ingresos y costos de los tratamientos. Adicionalmente se evaluó la relación beneficio/costo.

RESULTADOS

Altura de planta

En el cuadro 2, se encuentran los promedios de altura de planta la cosecha, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas para material genético y no detectó diferencias significativas para niveles de fertilizantes. El coeficiente de variación fue 8.63 %.

La mayor altura de planta a la cosecha (cuadro 2), se observó en la línea GO39845 (65.16 cm), superior estadísticamente a la línea GO37647 (60.20 cm) e Iniap 15 (55.30 cm); para la fertilización, la aplicación de 100 kg N (62.19 cm) presentó el mayor valor de altura de planta, con igualdad estadística a 160 kg N + 90 kg K₂O + 2 l Zn (61.52 cm); 160 kg N + 90 kg K₂O (60.12 cm) y superiores a 160 kg N (57.05 cm).

Cuadro 2. Altura de planta a la cosecha (cm), en efecto de la fertilización química en base a los resultados del análisis de suelo en la variedad Iniap 15 y dos líneas promisorias de arroz

Subtratamientos (Niveles de Fertilización)			Tratamientos (Material Genético.)			Media ^{ns}
N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Zn (l/ha)	Iniap 15	Línea GO 37647	Línea GO 39845	
160	0	0	46.63	62.98	61.55	57.05 b
160	90	0	53.32	55.90	71.13	60.12 ab
160	90	2	56.59	61.86	66.10	61.52 ab
100 (testigo)	0	0	64.65	60.08	61.85	62.19 a
Media **			55.30 c	60.20 b	65.16 a	60.22
Coeficiente de variación 8.63%						

Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Rangos Múltiple de Duncan.

Macollos/m²

Los valores promedios de macollos/m² se encuentran en el Cuadro 3, el análisis de varianza no reportó diferencias significativas para material genético y niveles de fertilizantes. El coeficiente de variación fue 15.00 %.

El mayor promedio de macollos/m² se alcanzó en la línea promisoría GO37647 con 345.75 macollos y el menor valor Iniap 15 con 311.15 macollos; en cuanto a los niveles de fertilizantes, la utilización de 160 kg N + 90 kg K₂O con 343.75 macollos presentó el mayor valor y el menor valor 100 kg N, con 304.00 macollos.

Cuadro 3. Macollos/m², en efecto de la fertilización química en base a los resultados del análisis de suelo en la variedad Iniap 15 y dos líneas promisorias de arroz

Subtratamientos (Niveles de Fertilización)			Tratamientos (Material Genético.)			Media ^{ns}
N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Zn (l/ha)	Iniap 15	Línea GO 37647	Línea GO 39845	
160	0	0	329.50	343.50	323.50	332.17
160	90	0	352.50	358.50	320.25	343.75
160	90	2	332.50	323.00	328.75	328.08
100 (testigo)	0	0	230.50	358.00	323.50	304.00
Media ^{ns}			311.25	345.75	324.00	327.00
Coeficiente de variación 15.00%						

Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Rangos Múltiple de Duncan.

Panículas/m²

En el cuadro 4, se muestran los promedios de panículas/m². El análisis de la varianza reportó diferencias significativas para material genético y niveles de fertilizantes. El coeficiente de variación fue 12.26 %.

El mayor promedio de panículas/m² presentó la línea de arroz GO39845 con 302.13 panículas, igual estadísticamente al promedio de la línea GO37647, con 295.39 panículas y superiores a la variedad Iniap 15, con 256.31 panículas. En niveles de fertilización, la aplicación de 160 kg N + 90 kg K₂O presentó el mayor valor (305.83 panículas/m²), igual estadísticamente a 160 kg N + 90 kg K₂O + 2 l Zn (291.39 panículas/m²); 100 kg N (280.18 panículas/m²) y superiores a 160 kg N (261.03 panículas/m²).

Cuadro 4. Panículas/m², en efecto de la fertilización química en base a los resultados del análisis de suelo en la variedad Iniap 15 y dos líneas promisorias de arroz

Subtratamientos (Niveles de Fertilización)			Tratamientos (Material Genético.)			Media *
N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Zn (l/ha)	Iniap 15	Línea GO 37647	Línea GO 39845	
160	0	0	228.75	281.08	273.28	261.03 b
160	90	0	294.00	326.50	297.00	305.83 a
160	90	2	288.00	279.93	306.25	291.39 ab
100 (testigo)	0	0	214.50	294.05	332.00	280.18 ab
Media *			256.31 b	295.39 a	302.13 a	284.61
Coeficiente de variación 12.26%						

Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Rangos Múltiple de Duncan.

Días a floración

En el cuadro 5, se encuentran los promedios de días a floración, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas para material genético y no detectó diferencias significativas para niveles de fertilizantes. El coeficiente de variación fue 1.55 %.

En cuanto a días a floración, se observó que la línea GO39845 (75.11 días) tardó en florecer, siendo superior estadísticamente a la línea GO37647 (71.91 días) e Iniap 15 (69.56 días); para la fertilización, la aplicación de 160 kg N (72.43 días) tardó en florecer, mientras que la aplicación de 160 kg N + 90 kg K₂O + 2 l Zn (72.08 días), floreció precozmente.

Cuadro 5. Días a floración, en efecto de la fertilización química en base a los resultados del análisis de suelo en la variedad Iniap 15 y dos líneas promisorias de arroz

Subtratamientos (Niveles de Fertilización)			Tratamientos (Material Genético.)			Media ^{ns}
N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Zn (l/ha)	Iniap 15	Línea GO 37647	Línea GO 39845	
160	0	0	70.00	71.80	75.50	72.43
160	90	0	69.50	71.60	76.00	72.37
160	90	2	68.75	72.75	74.75	72.08
100 (testigo)	0	0	70.00	71.50	75.50	72.33
Media **			69.56 c	71.91 b	75.44 a	72.30
Coeficiente de variación 1.55%						

Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Rangos Múltiple de Duncan.

Días a maduración

Los promedios de días a maduración se presentan en el Cuadro 6. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas para material genético y no detectó diferencias significativas para niveles de fertilizantes, el coeficiente de variación fue 0.85 %.

En esta variable se determinó que la línea GO39845, con 128.19 días tardó en madurar, con superioridad estadística a la línea GO37647 e Iniap 15, con 124.91 y 122.56 días, respectivamente.

En la fertilización, la aplicación de 160 kg N, con 125.43 días tardó en madurar, mientras que la aplicación de 160 kg N + 90 kg K₂O + 2 l Zn, con 125.08 días, maduró en menor tiempo.

Cuadro 6. Días a maduración, en efecto de la fertilización química en base a los resultados del análisis de suelo en la variedad Iniap 15 y dos líneas promisorias de arroz

Subtratamientos (Niveles de Fertilización)			Tratamientos (Material Genético.)			Media ^{ns}
N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Zn (l/ha)	Iniap 15	Línea GO 37647	Línea GO 39845	
160	0	0	123.00	124.80	128.50	125.43
160	90	0	122.50	124.60	128.50	125.20
160	90	2	121.75	125.75	127.75	125.08
100 (testigo)	0	0	123.00	124.50	128.00	125.17
Media **			122.56 c	124.91 b	128.19 a	125.22
Coeficiente de variación 0.85%						

Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Rangos Múltiple de Duncan.

Longitud de panícula

En el cuadro 7, se muestran los promedios de longitud de panículas. El análisis de varianza alcanzó diferencias altamente significativas para material genético de arroz y no presentó diferencias significativas en niveles de fertilizantes. El coeficiente de variación fue 8.58 %.

El mayor promedio de longitud de panículas obtuvo la línea promisoriosa GO37647 (23.53 cm), superior estadísticamente al promedio de la línea GO39845 (21.81 cm) e Iniap 15 (19.09 cm). En niveles de fertilización, el mayor promedio (22.18 cm) lo presentó la aplicación de 160 kg N + 90 kg K₂O y el menor valor (20.55 cm), 100 kg N.

Cuadro 7. Longitud de panículas (cm), en efecto de la fertilización química en base a los resultados del análisis de suelo en la variedad Iniap 15 y dos líneas promisorias de arroz

Subtratamientos (Niveles de Fertilización)			Tratamientos (Material Genético.)			Media ^{ns}
N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Zn (l/ha)	Iniap 15	Línea GO 37647	Línea GO 39845	
160	0	0	15.20	26.20	21.83	21.08
160	90	0	21.14	23.28	22.13	22.18
160	90	2	21.11	23.23	21.95	22.10
100 (testigo)	0	0	18.89	21.40	21.35	20.55
Media **			19.09 c	23.53 a	21.81 b	21.48
Coeficiente de variación 8.58%						

Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Rangos Múltiple de Duncan.

Granos por panícula

Los promedios de granos por panícula se presentan en el Cuadro 8, el análisis de varianza reportó diferencias significativas para material genético y niveles de fertilizantes. El coeficiente de variación fue 16.33 %.

El mayor número de granos por panícula se obtuvo en la línea GO37647 con 119.72 granos, igual estadísticamente a la línea GO39845, con 110.78 granos y superiores a Iniap 15, con 96.08 granos; en niveles de fertilización, el mayor promedio lo obtuvo la utilización de 100 kg N, con 117.59 granos, igual estadísticamente a la aplicación de 160 kg N + 90 kg K₂O y 160 kg N + 90 kg K₂O + 2 l Zn, con 115.42 y 104.96 granos, respectivamente.

Cuadro 8. Granos/panículas, en efecto de la fertilización química en base a los resultados del análisis de suelo en la variedad Iniap 15 y dos líneas promisorias de arroz

Subtratamientos (Niveles de Fertilización)			Tratamientos (Material Genético.)			Media *
N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Zn (l/ha)	Iniap 15	Línea GO 37647	Línea GO 39845	
160	0	0	79.35	126.90	86.18	97.48 b
160	90	0	105.63	121.50	119.13	115.42 a
160	90	2	77.10	116.53	121.25	104.96 ab
100 (testigo)	0	0	122.25	113.95	116.58	117.59 a
Media *			96.08 b	119.72 a	110.78 a	108.86
Coeficiente de variación 16.33%						

Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Rangos Múltiple de Duncan.

Peso de 1000 granos

En el cuadro 9, se muestran los promedios de peso de 1000 granos. El análisis de varianza alcanzó diferencias altamente significativas para material genético y niveles de fertilizantes. El coeficiente de variación fue 2.15 %.

El mayor peso de granos lo presentó la línea promisoriosa GO39845, con 26.70 g, superior estadísticamente a los demás tratamientos, siendo Iniap 15 la de menor valor, con 23.91 g. En niveles de fertilización, el mayor promedio con 27.21 g lo obtuvo el uso de 160 kg N + 90 kg K₂O + 2 l Zn, superior estadísticamente al resto de subtratamientos, presentándose en la aplicación de 100 kg N el menor valor, con 24.00 g.

Cuadro 9. Peso de 1000 granos (g), en efecto de la fertilización química en base a los resultados del análisis de suelo en la variedad Iniap 15 y dos líneas promisorias de arroz

Subtratamientos (Niveles de Fertilización)			Tratamientos (Material Genético.)			Media **
N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Zn (l/ha)	Iniap 15	Línea GO 37647	Línea GO 39845	
160	0	0	23.57	23.91	23.36	24.61 c
160	90	0	23.88	25.31	26.72	25.30 b
160	90	2	25.19	27.18	29.26	27.21 a
100 (testigo)	0	0	22.98	24.55	24.48	24.00 d
Media **			23.91 c	25.23 b	26.70 a	25.28
Coeficiente de variación 2.15%						

Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Rangos Múltiple de Duncan.

Rendimiento

En el cuadro 10, se presentan los promedios del rendimiento de arroz, el análisis de varianza determinó diferencias altamente significativas tanto para el material genético como para los niveles de fertilización. El coeficiente de variación fue 24.66 %.

En esta variable se reportó que la línea GO37647, obtuvo el mayor valor, con 4090.53 kg/ha, superior estadísticamente a los demás tratamientos, cuyo menor valor lo presentó Iniap 15, con 2107.27 kg/ha, mientras que en niveles de fertilización, la aplicación de 160 kg N + 90 kg K₂O + 2 l Zn alcanzó el mayor valor, con 3799.37 kg/ha, superior estadísticamente a los demás subtratamientos, siendo el menor valor, con 2470.69 kg/ha, el uso de 100 kg N.

Cuadro 10. Rendimiento (kg/ha), en efecto de la fertilización química en base a los resultados del análisis de suelo en la variedad Iniap 15 y dos líneas promisorias de arroz

Subtratamientos (Niveles de Fertilización)			Tratamientos (Material Genético.)			Media **
N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Zn (l/ha)	Iniap 15	Línea GO 37647	Línea GO 39845	
160	0	0	2229.16	4109.84	2878.78	3072.59 bc
160	90	0	1676.13	4431.81	4182.19	3430.05 ab
160	90	2	3248.10	4667.06	3482.95	3799.37 a
100 (testigo)	0	0	1275.70	3153.41	2982.95	2470.69 c
Media **			2107.27 c	4090.53 a	3381.72 b	3193.17
Coeficiente de variación 24.66%						

Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Rangos Múltiple de Duncan.

Calidad molinera

En el cuadro 11, se presentan los valores de calidad molinera de los materiales genéticos estudiados. De acuerdo a arroz integral, el mayor valor lo obtuvo la línea GO39845, con 81 g, mientras que línea GO37647 e Iniap 15 reportaron 80 g, sin embargo, para arroz pilado, sobresalió la línea GO39845 con 68 g, seguida de GO37647, con 66 g e Iniap 15, 65 g.

La mayor cantidad de arrocillo lo reportó Iniap 15, con 5 g y el menor valor la línea GO39845, con 3 g. En cuanto a yelen, polvillo y tamo, los mayores promedios lo obtuvieron Iniap 15 y la línea GO37647 y los menores promedios la línea GO39845.

Cuadro 11. Calidad molinera en 100 g de muestra, en efecto de la fertilización química en base a los resultados del análisis de suelo en la variedad Iniap 15 y dos líneas promisorias de arroz

Calidad molinera (g)	Tratamientos		
	Iniap 15	Línea GO 37647	Línea GO 39845
Arroz Integral	80	80	81
Arroz Pilado	65	66	68
Arrocillo	5	4	3
Yelen	2	2	1.5
Polvillo	8	8	7.5
Tamo	20	20	19

Análisis económico

En el cuadro 12 se observan los costos fijos y el análisis económico/ha. El costo fijo fue de \$342.65 y el costo de producción varió de \$838.33 a \$599.76 para los tratamientos de la línea GO37647 aplicando 160 kg N + 90 kg K₂O + 2 l Zn e Iniap 15, aplicando 100 kg N, respectivamente.

Cuadro 12. Costo fijo/ha, en efecto de la fertilización química en base a los resultados del análisis de suelo en la variedad Iniap 15 y dos líneas promisorias de arroz

Descripción	Unidades	Valor Parcial \$	Valor Total \$
Alquiler de terreno	1 ha	100.00	100.00
Preparación de suelo			
Fanguero	2 u	25.00	50.00
Control de malezas			
Gamit (300 cc/ha)	1lt	27.00	27.00
Propanil (lt)	4 lt	9.25	37.00
Checker (250 g)	2 u	17.00	34.00
Aplicación	6 jornal	7.00	42.00
Control fitosanitario			
Cypermtrina (200cc/ha)	1 lt.	7.50	7.50
Aplicación	2 jornal	7.00	14.00
Sub Total			311.50
Administración (10%)			31.15
Total Costo Fijo			342.65

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigaciones demuestran que se encontraron diferencias significativas en algunas variables evaluadas.

La falta de significancia estadística para el número de macollos, podría ser ocasionado por el comportamiento genético de los materiales estudiados; es decir, durante la fase inicial de crecimiento al tener disponible una porción de nutrientes en forma natural parece que no modificó el comportamiento de las plantas, hecho que ratifica para esta variable la falta de diferencia debido a la fertilización. En altura de plantas se encontró diferencias altamente significativas solo para genotipos, en este caso, podemos inferir que el comportamiento de los nuevos materiales en estudio tenía mayor vigor y crecimiento en relación a la variedad Iniap-15 que alcanzo la menor altura de 55.3 cm., probablemente debido a que aprovechó en menor intensidad el efecto de la fertilización, como demostraron los promedios alcanzados en rendimientos.

La floración y la longitud de panículas presentaron diferencias significativas al 1% de probabilidades solo para el material, mas no al efecto de la fertilización. Resultados similares se han observado en otras investigaciones (1). Similares resultados mostraron los materiales en su ciclo vegetativo o maduración. En este caso natural sus diferencias por provenir de progenitores diferentes (2).

El número de gramos por panícula, ponen de manifiesto las diferencias que ocasiona, tanto los genotipos, como la aplicación de fertilizantes; hecho que se puede atribuir a que durante el desarrollo

del cultivo tuvo poco efecto la fertilización, probablemente debido a que estos suelos disponían de cantidades apreciables de nutrientes para el crecimiento inicial del cultivo y a medida que avanza a la formación de granos, ya no son suficiente los nutrientes nativos y las plantas aumentaron sus requerimientos y absorbieron los elementos que se incluían en cada tratamiento de fertilización, razón por la que su respuesta mostró en el peso de los gramos por panículas y el peso de 1000 granos. Hay que resaltar en este último parámetro su diferencia fue altamente significativa en todos los casos, hecho que va a manifestarse más ampliamente en el rendimiento por unidad de superficie.

Para el rendimiento de gramo se alcanzaron diferencias significativas, tanto para material genético como para las dosis de fertilizantes utilizados. Estos resultados ratifican que existen amplias diferencias y se puede señalar que la línea GO37647 fue la que alcanzó el mayor rendimiento con un promedio de 4.09 ton/ha; mientras que cuando se aplicó N, K₂O y Zn su rendimiento fue de 4.67 ton/ha. Estos resultados ratifican los encontrados por otros investigadores (1). También se observa el comportamiento más estable de este material frente a cualquier tratamiento de fertilización. El hecho que su rendimiento haya alcanzado 3.15 ton/ha en el tratamiento testigo, (sin fertilizantes) podría explicarse que probablemente su sistema radicular fue más profundo y estuvo en contacto con mayor volumen de suelo y permitió extraer mayor cantidad de nutrientes en relación especialmente a la variedad Iniap-15 que mostró 1.27 tn/ha en el testigo.

También observamos que la adición de N, K y Zn originaron el mayor incremento de la variedad Iniap-15 y la línea GO37647, hecho que ratifica que la nutrición de las plantas mejora sustancialmente cuando se utilizan los servicios del análisis químico de suelos.

Probablemente la menor producción observada especialmente en la variedad Iniap-15 podría manifestarse que la época de lluvias que fue atípica durante los meses del estudio. Similares resultados se observaron en los demás tratamientos, aunque son superiores a la Iniap-15, se esperaban rendimientos superiores a 6 ton/ha que se alcanzan con una época de lluvia normal o cuando se manejan adecuadamente láminas de agua. En especial la más afectada se observó la variedad en el campo experimental. Se conoce que una lámina de agua alta afecta principalmente al macollamiento y el sistema de raíces, probablemente la intensidad y frecuencia corta la precipitación podrían haber afectado el buen crecimiento y rendimiento del cultivo en las condiciones donde se realizó este estudio.

La calidad de gramos nos permitió determinar que la línea GO39845 alcanzó el mayor porcentaje de arroz pilado equivalente al 68% y el menor el 65% para Iniap-15, hecho que ratifica que existe diferencias importantes en la conversión del grano al pilado. Este resultado debe ser analizado muy cuidadosamente en nuevos experimentos y puede ser una característica importante de selección de nuevos materiales.

El análisis económico determinado con este estudio señala que el mayor beneficio neto se obtuvo en la línea GO37647 con aplicaciones de fertilización basadas en el análisis químico del suelo y fue de USD\$ 804.46; es decir, la combinación de un buen genotipo y su nutrición serán responsables en la economía de los productores arroceros.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los resultados alcanzados en el presente estudio, se presentan las siguientes conclusiones:

- Para altura de plantas, longitud de panículas, floración y maduración del cultivo, se obtuvo alta significación estadística solo para el material genético.
- Para el número de macollos por m² y granos por panícula fueron significativo al 95% de probabilidades, tanto para material genético, como para fertilización.
- Los promedios de peso pero de 1000 granos y rendimiento de arroz paddy por hectárea, resultaron con alta significación estadística.
- El mayor rendimiento de arroz paddy se obtuvo en la línea GO37647 con 4.09 ton/ha, seguido de la línea GO39845 con 3.38 ton/ha y el menor valor de 2,11 ton/ha en Iniap-15.
- La fertilización originó los valores más altos para N, K, y Zn, seguido de N y K con 3,43 ton/ha; mientras que el testigo sin fertilización alcanzó solo 2.47 ton/ha.
- El suelo presentó déficit principalmente de nitrógeno y en menor intensidad de K y Zn.
- En calidad de grano sobresalió la línea GO39845 con 68% de arroz pilado; es decir, presentó la mayor conversión; mientras INIAP-15 mostró el menor valor (65%) es decir, presentó la mayor conversión; mientras que INIAP-15 mostro el menor valor con 65% en la línea GO37647.
- El mayor beneficio se obtuvo en la línea GO37647 mediante la fertilización con N, K₂O y Zn, que alcanzó a USD\$ 804.46.
- El análisis químico del suelo constituyó una buena herramienta para la fertilización del cultivo de arroz.

En base a los resultados obtenidos se hacen las siguientes recomendaciones:

- Realizar otras investigaciones en diferentes ambientes con las líneas estudiadas y aplicaciones de fertilizantes en base a resultados de análisis químico del suelo.
- En los programas de fertilización se deben incluir aspersiones con Zinc (Zn) en dosis de 2 l/ha.
- Las recomendaciones de programas fertilización deben respaldarse en resultados del análisis del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcívar, S. et al. 2017. Nutrición mineral del cultivo de arroz. INIAP. Guayas – Ecuador. Pg. 40-48.
- Cano, F. 2012. Evaluación y Respuesta Agronómica de una línea promisorias de arroz en presencia de varios niveles de fertilización química en condiciones de riego. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 2016. Investigación y Producción. Referencia de los cursos de capacitación sobre arroz dictado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical. Pp. 103-108.
- INIAP 2014 Manual de producción de arroz de calidad en el Ecuador. Disponible en http://www.concope.gov.ec/Ecuaterritorial/paginas/Apoyo_Agro/Tecnologia_innovacion/Agricola/Cultivos_Tradicionales/Manuales/Marroz_quinoa/Manual_Arroz.htm
- Inpofos (Instituto de la Potasa y el Fosforo). 2015. Manual internacional de fertilidad de suelos. Quito, EC. p 3-1,2
- Medina, K. 2011. Disponible en http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-38250.pdf
- Pacheco, J. 2010. Estudio del comportamiento agronómico de las variedades de arroz „Iniap 15“ e „Iniap 16“ a la fertilización química, bajo condiciones de riego. Tesis de Grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. 69 p.
- Rojas, N. 2009. Efectos de la fertilización orgánica complementaria en presencia de varios niveles de fertilización química en la variedad de arroz „Iniap 15“ bajo riego. Tesis de Grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador.