

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS DE GRADO

PRESENTADA AL H. CONSEJO DIRECTIVO

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“RESPUESTA DE CULTIVARES DE ARROZ A LA FERTILIZACIÓN CON HIERRO Y ZINC, SOBRE SU CONCENTRACIÓN EN EL GRANO, EN LA AMAZONIA ECUATORIANA.”

AUTOR

JAIRO ALFREDO VALERO JARA

DIRECTOR DE TESIS

ING. AGR. LUIS ANTONIO ALCÍVAR TORRES

BABAHOYO – ECUADOR

2015

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TESIS DE GRADO

PRESENTADA AL H. CONSEJO DIRECTIVO

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“RESPUESTA DE CULTIVARES DE ARROZ A LA FERTILIZACIÓN CON HIERRO Y ZINC, SOBRE SU CONCENTRACIÓN EN EL GRANO, EN LA AMAZONIA ECUATORIANA.”

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Agr. Daniel Toro Castro

PRESIDENTE

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete

VOCAL

Ing. Agr. Félix Ronquillo Icaza

VOCAL

La responsabilidad de los resultados y recomendaciones presentadas en este trabajo de investigación, pertenecen exclusivamente al autor.

JAIRO ALFREDO VALERO JARA

AGRADECIMIENTO

Doy mis cordiales agradecimientos a:

DIOS todo poderoso por las bendiciones que me da cada día, por darme sabiduría e inteligencia y con ella sobresalir en la vida humana, por lo tanto Él me ha inspirado a emprender más conocimientos para elaborar mi tesis.

Universidad Técnica de Babahoyo (Facultad de Ciencias Agropecuarias) por las enseñanzas obtenidas y por brindarme la posibilidad de formarme profesionalmente y donde logre culminar mis estudios superiores.

Al INIAP – Estación Experimental Litoral del Sur y Estación Experimental Central de la Amazonia por haberme permitido realizar con éxito este trabajo de investigación en dicha institución.

A mi co-director Ing. Agr. M.Sc. Roberto Celi Herán, Responsable del Programa Nacional de Arroz del INIAP, por su valiosa orientación, enseñanza, su apoyo incondicional y dedicación para llevar a cabo dicha investigación, a los técnicos el Ing. Edison Mosquera, Ing. Sandro Triana, Ing. José Hurtado, Ing. Olga Calle, por brindarme sus conocimientos y experiencias obtenidos a lo largo de su vida profesional para el bien de esta investigación. A la Sra. Janne Bustamante, secretaria del Programa de Arroz por brindarme su colaboración, confianza y amistad.

Al Ing. Braulio Lahuathe, responsable del Departamento Suelo, Agua y Tejidos vegetales por sus consejos, por su ayuda desinteresada, brindarme sus conocimientos y experiencia para el bien de esta investigación.

Al Ing. Joffre Chávez, responsable del programa Ciclo Corto en la E. E. Central de la Amazonia y al técnico Freddy Angamarca por brindarme sus conocimientos, ayuda y colaboración incondicionalmente.

Y a Todas aquellas personas que colaboraron decididamente en la realización de este trabajo.

A todos, los tendré muy presente...

Muchas gracias

Este trabajo de investigación está dedicado especialmente para mis padres Natalia María Jara Salazar y Héctor Alfredo Valero Aguilar por estar conmigo en todo momento, brindándome su apoyo incondicional y ayudándome a salir adelante en cualquier circunstancia.

EL AUTOR

ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	vii
Índice de cuadros en literatura	xi
Índice de cuadros y figuras en anexos	x
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos:	2
General.....	2
Específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Morfología de la planta de arroz.....	3
Raíz	3
Tallo	3
Hojas.....	3
Espiguillas	4
Semillas.....	4
2.2. Factores abióticos en el cultivo de arroz.....	5
Suelo.....	5
Temperatura.....	6
Radiación solar	6
Requerimiento hídrico	6
2.3. Principales Variedades	6
2.4. Características Químicas del grano de arroz.....	7
2.5. Nutrición mineral del cultivo de arroz	8
Elementos esenciales para el cultivo de arroz	9
Funciones y síntomas de deficiencias de los elementos esenciales	9
2.6. Zinc (Zn).....	11
Importancia del Zn	12
Deficiencias	12

Tratamientos de las deficiencias de Zn	13
2.7. Hierro (Fe)	13
Deficiencia de Fe	13
Hierro en el suelo	13
Suelos con altos contenidos de hierro (Fe)	14
Hierro en la planta.....	14
Transporte de hierro en la planta	14
Funciones del hierro en la planta	15
Requerimientos de hierro en los seres humanos	16
2.8. Evaluación de la fertilidad de los suelos productores de arroz	16
2.9. Características componentes del rendimiento	17
2.10. Biofortificación	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. Ubicación y descripción del lote experimental	20
3.2. Característica del suelo	20
3.3. Materiales	20
3.4. Factores estudiados	21
3.5. Combinaciones de tratamientos	23
3.6. Diseño Experimental	23
3.7. Análisis de la varianza	23
3.8. Análisis funcional.....	24
3.9. Análisis de correlaciones	24
3.10. Delineamiento Experimental.....	24
3.11. Manejo del Ensayo	25
3.11.1. Análisis del suelo	25
3.12.2 Preparación del suelo.....	25
3.12.3 Siembra	25
3.12.4 Control químico de malezas	25
3.12.5 Fertilización	26
3.12.6 Riego.....	26
3.12.7 Controles fitosanitarios	26
3.12.8 Cosecha	27
3.12. Variables evaluadas.....	27
3.12.1. Ciclo vegetativo	27

3.12.2.	Vigor	27
3.12.3.	Días a floración.....	27
3.13.4	Análisis Foliar.....	28
3.13.5	Macollos por m ²	28
3.13.6	Panículas por m ²	28
3.13.7	Altura de planta.....	28
3.13.8	Longitud de panícula	28
3.13.9	Granos por panícula	28
3.13.10	Esterilidad (%).....	29
3.13.11	Peso de 1000 granos	29
3.13.12	Rendimiento de grano.....	29
3.13.13	Longitud del grano descascarado.....	29
3.13.14	Índice de pilado	30
3.13.15	Evaluación de centro blanco	30
3.13.16	Determinación del contenido de Fe y Zn	30
3.13.17	Análisis Económico	31
IV. RESULTADOS EXPERIMENTALES		32
4.1.	Vigor	32
4.2.	Días a floración.....	32
4.3.	Ciclo Vegetativo.....	32
4.4.	Altura de planta.....	33
4.5.	Números de Macollos m ²	35
4.6.	Números de panículas m ²	35
4.7.	Longitud de panícula	35
4.8.	Granos por panículas.....	36
4.9.	Esterilidad (%).....	38
4.10.	Peso de mil granos	38
4.11.	Rendimiento	38
4.12.	Longitud de Grano.....	39
4.13.	Índice de Pilado	41
4.14.	Centro Blanco	41
4.15.	Determinación del contenido de Fe y Zn	43
4.16.	Análisis químico Foliar.....	46
4.17.	Análisis económico.....	48

V. DISCUSIÓN	50
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
VI. RESUMEN	56
VII. SUMMARY.....	58
VIII. LITERATURA CITADA	59
ANEXOS	63

Índice de cuadros en literatura

Cuadro 1. Composición química del grano de arroz integral y arroz blanco (por 100 g de sustancia)	8
Cuadro 2. Características y dosis de nutrientes utilizada en este experimento. Amazonia ecuatoriana, EELS 2014.	21
Cuadro 3. Características agronómicas de los cultivares de arroz en estudio provenientes del INIAP.....	22
Cuadro 4. Combinaciones de los tratamientos investigados.....	23
Cuadro 5. Datos promedios de las variables vigor, días a floración, ciclo vegetativo y altura de planta. Amazonia ecuatoriana, EELS 2014.	34
Cuadro 6. Datos promedios de número de macollos m ² , panículas m ² , longitud de panícula y número de granos por panícula. Amazonia ecuatoriana, EELS 2014.....	37
Cuadro 7. Datos promedios del porcentaje de esterilidad de granos, Peso de mil granos, Rendimiento y Longitud de grano descascarado. Amazonia ecuatoriana, EELS 2014.....	40
Cuadro 8. Datos promedios del porcentaje de índice de pilada y centro blanco del grano. Amazonia ecuatoriana, EELS 2014.	42
Cuadro 9. Determinación del contenido de Hierro y Zinc en arroz pulido e integral. Amazonia ecuatoriana, EELS 2014.	45
Cuadro 10. Resultados de análisis químico foliar “Respuesta de cultivares de arroz a la fertilización con Hierro y Zinc, sobre su concentración en el grano, en la Amazonia Ecuatoriana”, EELS 2014.	47
Cuadro 11. Análisis económico del rendimiento de grano en función al costo de producción de los tratamientos. Amazonia ecuatoriana, EELS 2014.....	49

Índice de cuadros y figuras en anexos

Cuadro 1A. Análisis combinado de varianza del vigor de planta.	64
Cuadro 2A. Análisis combinado de varianza días a floración.	64
Cuadro 3A. Análisis combinado de varianza macollos por m ²	64
Cuadro 4A. Análisis combinado de varianza panículas por m ²	64
Cuadro 5A. Análisis combinado de varianza altura de planta.	64
Cuadro 6A. Análisis combinado de varianza longitud de panículas.	65
Cuadro 7A. Análisis combinado de varianza granos por panículas.	65
Cuadro 8A. Análisis combinado de varianza porcentaje de esterilidad del grano.	65
Cuadro 9A. Análisis combinado de varianza peso de mil granos.	65
Cuadro 10A. Análisis combinado de varianza rendimiento de grano.	65
Cuadro 11A. Análisis combinado de varianza longitud de grano descascarado.	66
Cuadro 12A. Análisis combinado de varianza índice de pilado.	66
Cuadro 13A. Análisis combinado de varianza de centro blanco del grano.	66
Cuadro 14A. Análisis combinado de varianza arroz pulido con hierro.	66
Cuadro 15A. Análisis combinado de varianza arroz integral con hierro.	66
Cuadro 16A. Análisis combinado de varianza arroz pulido con zinc.	67
Cuadro 17A. Análisis combinado de varianza arroz integral con zinc.	67
Figura 1. Siembra directa del ensayo de tesis.	68
Figura 2. Aplicación de herbicidas pre-emergente.	68
Figura 3. Aplicación de segunda fracción de fertilizantes.	68
Figura 4. Evaluación de la variable días a floración.	69
Figura 5. Toma de datos de la variable altura de plantas.	69
Figura 6. Cosecha manual (chicoteo).	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7. Mini piladora que se utilizó para descascarar y pulir los tratamientos.	70
Figura 8. Medición de la variable Longitud de grano descascarado.	70

I. INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los cultivos más extendidos en el Ecuador, tiene una gran importancia en el ámbito social y productivo, ya que es el principal sustento económico de los agricultores y base de la alimentación de la población ecuatoriana. La producción de arroz en el Ecuador se desarrolla principalmente en la Región Costa, en las provincias de Guayas y Los Ríos.

El cultivo de arroz ocupa un lugar importante dentro de la alimentación de la humanidad tanto a nivel mundial como su nivel de país. La superficie destinada al cultivo de arroz en Ecuador, en el 2010 fue 185.644 ha en promedio, encontrándose el 57.26 % de cultivo en la provincia del Guayas, el 36.36 % en la provincia de los Ríos, el 6 % en la provincia de Loja y el porcentaje restante se distribuye en otras provincias (SIGAGRO – MAGAP, 2011)

El arroz se ha constituido en la principal fuente de proteínas de la población más pobre de América Latina, la cual equivale al 40 % del total (Sanint y Woods, 1997). No obstante, se observa que en aquellas regiones en donde la población depende mucho del consumo de arroz se presentan problemas nutricionales relacionados con deficiencias de minerales y vitaminas, lo cual se traduce en anemia, ceguera, retraso en el crecimiento o discapacidad. En el Ecuador, casi 371.000 niños menores de cinco años están con desnutrición crónica; y de este total, unos 90.000 son graves. El 71 % de los niños con desnutrición crónica provienen de hogares clasificados como pobres, lo cual se aplica también al 81% de los niños con desnutrición crónica extrema (Insuficiencia Nutricional en Ecuador, Quito: Banco Mundial; 2007).

Varias estrategias, principalmente con suplementación y fortificación del arroz con vitaminas y minerales, se han utilizado tratando de combatir la malnutrición; los resultados no han sido del todo satisfactorios. Información y datos científicos recientes indican que el fitomejoramiento constituye una herramienta confiable y de menor costo para el desarrollo de germoplasma

con mayor valor nutricional. Investigaciones realizadas en el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz (IRRI) indican la existencia de variabilidad genética en arroz integral.

En investigaciones realizadas por PROAÑO (2012) en las provincias del Guayas, Los Ríos, Manabí, El Oro, Amazonía y Loja, se encontró una relación directa de los contenidos de Fe en el suelo con los contenidos de Fe en el arroz integral, siendo altamente significativas cuando las concentraciones son altas en los primeros 10 cm de suelo.

En base a lo expuesto la presente investigación tuvo los siguientes objetivos

Objetivos:

General

Determinar la respuesta a las aplicaciones de hierro y zinc en el suelo, sobre los contenidos de estos nutrientes en el grano de seis cultivares de arroz, en la Región Amazónica Ecuatoriana.

Específicos

- ❖ Determinar el o los cultivares de arroz, que mediante las aplicaciones de hierro y zinc al suelo, mejoren los contenidos de estos nutrientes en los granos.
- ❖ Cuantificar las concentraciones de hierro y zinc en el grano integral y pulido de los diferentes cultivares en estudio.
- ❖ Análisis Económico de los resultados.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Morfología de la planta de arroz

CIAT (2005), describe que el arroz es una monocotiledónea, perteneciente a la familia de las gramíneas (Poaceas), considerada también como una hierba anual con tallos redondos, huecos y con juntas, hojas bastante planas y una panícula terminal. Alcanza una altura de 0.4 m (enanas) hasta más de 7.0 m (flotantes) en suelos inundados, pero también puede hacerlo en suelos no anegados.

Raíz

La planta tiene dos tipos de raíces: las seminales o temporales, y la adventicias o permanentes. Las primeras sobreviven corto tiempo y son reemplazadas por las segundas que brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes, y en algunos casos también de nudos aéreos. Las raíces adventicias son fibrosas, con raíces secundarias y pelos radicales. La punta de la raíz está protegida por una masa de células de forma semejante a un dedal, llamada coleoriza, la cual facilita su penetración en el suelo (Andrade y Hurtado, 2007).

Tallo

Los tallos son redondos y huecos compuestos de nudos y entrenudos en un número variable. Los entrenudos de la base no se elongan, lo cual hace que la base del tallo sea sólida. Los cinco entrenudos superiores se prolongan de manera creciente a fin de llevar la inflorescencia sobre la planta (González y Zamorano, 2009).

Hojas

La hoja del arroz está básicamente constituida por dos partes: la vaina foliar y el limbo. En la articulación de la hoja se localizan dos pequeñas formaciones: las aurículas que es una laminilla en forma de hoz que posee pelos largos y flexibles; y la lígula que es una pequeña membrana de forma variable, recta o

curva; y su longitud es uno de los caracteres que hay que tomar en cuenta para clasificar las variedades (Andrade y Hurtado, 2007).

Las hojas se desarrollan en cada uno de los nudos del tallo; la hoja superior conocida como hoja bandera se localiza debajo de la panícula y es más corta y ancha que las precedentes (CIAT, 2005).

Espiguillas

Las espiguillas del arroz están agrupadas en una inflorescencia llamada panícula, compuesta por un pequeño eje con ramificaciones primarias formando racimos, los que a su vez forman ramificaciones secundarias. Una espiguilla se compone por dos lemmas estériles, glumas rudimentarias, la raquilla y la florecilla, que consta de dos brácteas o glumas florales (lemma y pálea) con seis estambres (androceo) y un pistilo (gineceo) (González y Zamorano, 2009).

Semillas

El grano de arroz o semilla es el resultante del desarrollo del ovario tras la fecundación en el interior de la espiguilla; el fruto, conocido como grano paddy o arroz en cáscara, está constituido por una cariósida situada entre dos glumelas. La maduración da inicio cuando se presenta una transformación de la coloración, cierta evolución de la composición química y una disminución progresiva de la humedad. En la madurez, el grano de arroz se divide en tres partes: el embrión, ubicado en el lado ventral cerca de la lemma; el albumen que provee alimento al embrión durante la germinación y la cáscara, formada por la lemma y la pálea (Andrade y Hurtado, 2007).

2.2. Factores abióticos en el cultivo de arroz

Degiovani, *et al.* (2010) comentan que los factores más importantes que se debe tomar en cuenta son el clima, la fisiología de la planta y las características del suelo relacionadas con los requerimientos nutricionales e hídricos.

Actualmente los recursos suelo y agua están en un proceso acelerado de degradación sobre el cual hay que actuar de manera inmediata. El manejo de los suelos debe ser integral, obedecer a los requerimientos de los cultivos dentro de una determinada condición climática y optimizar las relaciones físicas, químicas y biológicas.

Castilla (2000) expresa que el agua produce una serie de cambios químicos, entre los principales tenemos la disminución de oxígeno en el suelo, lo cual genera un incremento de la población de microorganismos anaeróbicos que descomponen la materia orgánica produciendo gases como el dióxido de carbono (CO₂) y en metano (CH₄) que influyen en la disponibilidad de los nutrientes.

Suelo

FEDEARROZ (2000) manifiestan que el cultivo de arroz se adapta a una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propia del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y los deltas de los ríos. Los suelos de textura fina (pesados o fuertes) dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. La textura del suelo juega un papel importante tanto en el manejo de riego como en los aprovechamientos de fertilizantes químicos y orgánicos.

Temperatura

Degiovani, *et al.* (2010) manifiestan que el arroz no germina con un mínimo de 10 a 13 °C, considerándose su óptimo entre 30 y 35 °C. Por encima de los 40 °C no se produce la germinación. El crecimiento de tallos, hojas y raíces tienen un mínimo exigible de 7 °C, considerándose su óptimo en 23 °C, con temperaturas superiores a estas, las plantas crecen más rápidamente, pero los tejidos se hacen demasiado blandos e inconsistentes, siendo más susceptibles a los ataques de enfermedades.

Radiación solar

Andrade y Hurtado (2007) dicen que una radiación de 300 cal/cm² por día durante el estado reproductivo hace posible rendimientos de 5 t/ha. La mayoría de los investigadores, coinciden que una temperatura alta (máx. 35 °c) y abundante radiación solar, son necesarias para el buen desarrollo del arroz.

Requerimiento hídrico

Franquet y Borrás (2004) mencionan que el arroz se cultiva no solo en condiciones de irrigación, sino también en zonas bajas con alta precipitación, zonas con láminas profundas de agua y en zonas altas en condiciones regularmente drenadas.

Angrade, *et al.* (s.f.) añade que el arroz necesita de 800 a 1240 mm de agua; pero que es bueno señalar que las condiciones físicas del suelo y manejo del cultivo influyen en la cantidad de agua a utilizar.

2.3. Principales Variedades

Las principales variedades de arroz que se siembran en Ecuador desde hace 15 años son: INIAP-11, INIAP-14, INIAP-15, INIAP-16 e INIAP-17, obtenidas por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

También existen materiales criollos como el 1001 y otras variedades ingresadas sin registro de los países vecinos. Del total del área sembrada de arroz a nivel nacional el 20 % se siembra con semilla certificada, el resto es semilla reciclada o “pirata” (SICA, 2009).

2.4. Características Químicas del grano de arroz

Los componentes químicos del grano de arroz se distribuyen de diferente manera entre sus distintas estructuras. La celulosa se concentra en las capas más externas; la grasa abunda en el germen, la testa y la aleurona; y las proteínas se concentran en el germen y en las zonas externas del endospermo, los cuales están distribuidas de manera muy irregular.

La composición química del grano de arroz varía considerablemente según el factor genético de la variedad y de las influencias ambientales, como el lugar y la estación en que se cultiva, la aplicación de fertilizantes, grado de molienda y condiciones de almacenamiento. El arroz constituye un alimento básicamente energético ya que su componente más importante son los glúcidos o hidratos de carbono (almidón). El arroz contiene grandes cantidades de almidón en forma de amilosa. El otro contenido de almidón en el arroz, tras la amilosa, es la amilopectina. El arroz puede ser un alimento de sustento a pesar de su bajo contenido en riboflavina y tiamina (Coello, 2010).

Cuadro 1. Composición química del grano de arroz integral y arroz blanco (por 100 g de sustancia)

Componentes	Arroz Integral	Arroz Blanco
Agua (%)	12	15.5
Proteínas (g)	7.5	6.2
Grasas (g)	1.9	0.8
Carbohidratos (g)	77.4	76.9
Fibra (g)	0.9	0.3
Cenizas (g)	1.2	0.6
Calcio (mg)	32	6
Fósforo (mg)	221	150
Hierro (mg)	1.6	0.4
Sodio (mg)	9	2
Potasio (mg)	214	92
Vitamina B1 (Tiamina) (mg)	0.34	0.09
Vitamina B2 (Riboflavina) (mg)	0.05	0.03
Niacina (Ácido nicotínico) (mg)	4.7	1.4
Valor energético (calorías)	360	351

Coello, 2010.

2.5. Nutrición mineral del cultivo de arroz

Alcívar y Mestanza (2007) indican que el arroz, como todas las especies vegetales cultivables, para su crecimiento y nutrición, necesita disponer de una cantidad adecuada y, sobre todo, oportuna de nutrientes, suministrados por el suelo o por una fertilización balanceada. Cada uno de los nutrientes juega 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 la plantas dispongan 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).

Degiovani, *et al.* (2010) manifiestan que en el cultivo de arroz, una nutrición adecuada implica un equilibrio en las cantidades de los diferentes nutrientes que se aplican al suelo y que tomará la planta. Un desequilibrio en esta relación de nutrientes puede ser causa directa de la presencia de insectos plaga y de la

susceptibilidad de las plantas a las enfermedades, lo que afectará, sin duda, el rendimiento final del cultivo.

Elementos esenciales para el cultivo de arroz

Kirby y Römheld (2008), señalan que los nutrientes de las plantas se dividen en macronutrientes y micronutrientes. Los macronutrientes que necesita el arroz para su crecimiento son: N, P, K, Ca, Mg, S y los micronutrientes, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B y Cl, y las plantas los requieren en bajas cantidades. Generalmente, los micronutrientes no se encuentran limitados en el suelo, otorgan a la planta resistencia al estrés abiótico, así como el ataque de plagas y enfermedades. Un nivel apropiado de micronutrientes, induce la eficiente absorción del nitrógeno y fósforo.

Funciones y síntomas de deficiencias de los elementos esenciales

Doberman y Fairhurst (2000), indican que todos los nutrientes actúan de diferente forma y tienen diferente funcionamiento en la planta de arroz, tanto los macro como los micronutrientes.

Nitrógeno (N)

Es un componente de las proteínas, las que a su vez son constituyentes del protoplasma, cloroplastos y enzimas. Participa activamente en la fotosíntesis y promueve la expansión de la lámina foliar.

Las plantas con deficiencia de nitrógeno son raquílicas y con pocos macollos. Con excepción de las hojas jóvenes que son verdes, las demás son angostas, cortas, erectas y amarillentas. Las hojas inferiores presentan secamiento del ápice a la base. La deficiencia de nitrógeno se presenta a menudo en etapas críticas del crecimiento de las plantas, como el macollamiento y el inicio de la panícula, cuando la demanda de nitrógeno por parte de la planta es alta, reduciendo el número de macollos y de granos por panícula (Gamarra, 1996).

Fosforo (P)

Doberman y Fairhurst (2000), manifiestan que el P es un constituyente esencial de la adenosina trifosfato (ATP), nucleótidos, ácidos nucleicos y fosfolípidos. Sus principales funciones son: transporte y almacenamiento de energía y el mantenimiento de la integridad de la membrana celular. El P es móvil dentro de la planta, promueve el macollamiento, el desarrollo de la raíz, la floración temprana y la maduración (especialmente si la temperatura es baja). El P es particularmente importante en las primeras fases de crecimiento. Los mismos autores mencionan que las plantas de arroz con deficiencia en P son pequeñas y tienen muy bajo macollamiento. Las hojas son estrechas, pequeñas y muy erectas, y presentan un color verde oscuro. Los tallos son delgados y alargados y el desarrollo de la planta se retarda. Se reduce también el número de hojas, panojas y granos por panoja. Las hojas jóvenes parecen saludables, pero las hojas viejas toman un color pardo y mueren.

Potasio (K)

Alcívar y Mestanza (2007), señalan que el K es esencial para que ocurran normalmente diversos procesos en la planta. Entre estos se pueden mencionar la osmoregulación, activación de enzimas, regulación del pH y balance entre aniones y cationes en las células, regulación de la transpiración por los estomas y transporte de asimilados (producto de la fotosíntesis) hacia el grano. El K fortalece las paredes celulares y está envuelto en la lignificación de los tejidos escleróticos. A nivel de toda la planta, el K incrementa el área foliar y el contenido de clorofila, retrasa la senescencia y, por lo tanto, contribuye a una mayor fotosíntesis y crecimiento del cultivo. Los mismos autores indican que los primeros síntomas de deficiencia de K en arroz aparecen como plantas de color verde oscuro que tienen hojas con márgenes de color amarillo a parduzco o puntos necróticos. Estos síntomas aparecen primero en las puntas de las hojas viejas. A medida que las deficiencias se acentúan, el color amarillo parduzco de las puntas de las hojas desplaza a lo largo del filo y finalmente llega a la base de la hoja. Las hojas superiores son cortas, agobiadas y de un color verde oscuro

sucio. Las hojas viejas cambian de color amarillo a café y si la deficiencia no se corrige aparece una decoloración gradual de las hojas jóvenes.

2.6. Zinc (Zn)

Hace unos cincuenta años, el zinc fue reconocido como un micronutriente esencial. Desde allí numerosos estudios han indicado que la deficiencia de Zinc es un problema nutricional serio para diversos cultivos. Este elemento participa como co-factor enzimático en una gran cantidad de procesos metabólicos de las plantas. Una de las más importantes es la de catalizar la reacción donde se genera la auxina, hormona vital para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Participa también en otros complejos enzimáticos muy vinculados al metabolismo del nitrógeno y síntesis de proteínas (Medina, 2009).

El Zinc en el suelo

Los suelos deficientes en Zn son especialmente comunes en áreas donde el pH del suelo es alto. Los suelos de pH alto ocurren naturalmente y el pH influye en la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes, incluyendo al Zn. En suelos ácidos (pH bajo), se puede inducir deficiencia de Zn mediante la aplicación de cantidades altas de cal. En ambos casos se forman compuestos de Zn que son menos solubles en el suelo y menos disponibles para la planta (Blandon, 2013).

Las plantas que crecen en suelos con alto contenido de fósforo (P) y bajo contenido de Zn sufren más fuertemente la deficiencia de Zn. En algunas ocasiones se ha considerado equivocadamente que este síndrome se debe a una retención de Zn por el P. El aplicar P a un suelo con niveles adecuados de Zn no produce deficiencia de Zn. Suelos arenosos son frecuentemente más deficientes en Zn que suelos más pesados y los suelos con pH alto (alcalinos), sin importar la textura, tienen mayor posibilidad de ser deficientes en Zn que suelos de pH bajo (ácidos). Pero recuerde que los suelos ácidos también pueden ser deficientes en Zn. Un análisis de suelo completo es una herramienta

fundamental e infaltable para tomar decisiones a la hora de aplicar correctivos (Blandon, 2013).

Importancia del Zn

Mejía y Menjivar (2010), señalan que el Zinc es esencial para varios procesos bioquímicos de la planta de arroz, porque cumple las siguientes funciones:

- Producción de clorofila
- Activación de enzimas
- Mantenimiento de la integridad de la membrana
- Metabolismo de las auxinas

Deficiencias

- Manchas café en las hojas superiores de plantas pequeñas, que aparecen entre 2 a 4 semanas ddt.
- El crecimiento de las plantas es desigual y aparecen parches de plantas mal establecidas, pero el cultivo se recupera.
- En casos severos el macollamiento se reduce y puede detenerse completamente.
- Los síntomas empiezan de 2-4 semanas después de la siembra, como blanqueamiento de la nervadura central, especialmente en la base de la hoja emergente.
- Manchas café aparecen en las hojas viejas, estas manchas se agrandan y se unen dándole a la hoja un color café
- La deficiencia incrementa la esterilidad de las espiguillas.
- Las nervaduras, particularmente aquellas cerca de la base de las hojas jóvenes, se tornan cloróticas, dando una apariencia de línea blanca a lo largo de las nervaduras de las hojas.
- Las hojas pierden turgencia, las manchas en las hojas inferiores crecen y se juntan (Doberman y Fairhurst, 2000).

Tratamientos de las deficiencias de Zn

- Las deficiencias de Zn se corrigen mejor con aplicaciones al suelo.
- La absorción es más eficiente cuando se aplica al voleo y no se lo incorpora (Medina, 2009).

2.7. Hierro (Fe)

Doberman y Fairhurst (2000), mencionan que el Fe está relacionado con el transporte de electrones de la fotosíntesis y es un constituyente de las porfirinas y ferredoxinas, ambos componentes esenciales para la fotosíntesis. El Fe es un importante receptor de electrones en las reacciones redox y activa varias enzimas (catalasa, dehidrogenasasuccina y acotina).

Deficiencia de Fe

Toda la hoja se torna clorótica y muy pálida. Si la deficiencia de Fe es muy severa, toda la planta se torna clorótica y muere. La deficiencia de Fe es muy evidente en suelos de zonas secas, pero a menudo desaparece después de un mes de la siembra (Proaño, 2012).

Hierro en el suelo

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre después de Silicio, Oxígeno y Aluminio, el contenido de hierro en el suelo varía de 0.5 a 5% y que la media estimada es de 3.8%. Este contenido depende del tipo de suelo y de la roca madre. La mayoría del hierro se presenta en las estructuras cristalinas de numerosos minerales. Al igual que para el resto de nutrientes, el punto de partida del Fe en el suelo son los minerales primarios que incluyen silicatos ferromagnéticos, como olivino, augita, horblenda y biotita. Estos minerales junto con las biotitas constituyen la mayor fuente de hierro en las rocas ígneas, Lindsay, citado por (Juárez, *et al.*, 2007).

Suelos con altos contenidos de hierro (Fe)

En este grupo se incluyen principalmente los suelos rojos, arcillosos y caoliníticos, en donde el hierro es el elemento que mayor influencia ejerce sobre el color y está presente en forma de óxido o hidróxido. Estos suelos se concentran en las zonas donde el clima y el tiempo de actuación de los factores y procesos formativos han dado como resultado amplias zonas de alteración, predominando los procesos de transformación y sustracción por lavado sobre los procesos de transferencia y adiciones, como ocurre en las zonas húmedas y muy húmedas de la Amazonía, parte nororiental, costera y parte alta de la Sierra sur donde los contenidos de Fe son altos (INPOFOS, 1997).

Hierro en la planta

Bienfait y Romheld, citados por Juárez *et al.* (2007), indican que de los dos estados de oxidación que se presenta el hierro en el suelo: Férrico (Fe(III)) y Ferroso (Fe(II)), esta aceptado que la planta toma el Fe(II). Para ello se ve obligada a reducir la forma predominante de hierro en los suelos aerobios (Fe(III)). Este proceso lo realiza una enzima reductasa situada en la membrana plasmática de la raíz. Esta enzima alcanza su máxima actividad a pH entre 4 y 5 (Schmidt y Bartels citados por Juárez, *et al.* (2007). Por otro lado, las temperaturas extremas (mayores o menores a 25 °C), los valores de pH mayores de 7,5 y presencia de metales pesados afectaran su actividad.

Transporte de hierro en la planta

Pichy Stephan, citados por Juárez, *et al.* (2007), indican que el exceso de hierro es complejoado o secuestrado en las células para evitar el efecto tóxico debido a la generación de radicales libres, producida por el Fe (II). Las plantas distribuyen el hierro intra y extracelularmente con la ayuda de la nicotinamina que forma complejos estables con el Fe (II) y protege a las células de los daños oxidativos. Los mismos autores manifiestan que el ión ferroso se transporta a través del córtex radicular vía simplasto por medio de los plasmodesmo, al parecer en forma de Fe (II)-nicotinamida (oxidación-reducción). A continuación y todavía

en el simplasto del sistema radicular, el Fe (II) sufre una oxidación a Fe (III). Una vez en forma de Fe (III) se transporta a las partes superiores de las plantas vía xilema, en forma de un complejo soluble de dicitrato.

Este paso requiere de nuevo de la reducción de Fe (III) a Fe (II), proceso que es llevado por una enzima reductasa similar al de la raíz. Aunque el transporte se realiza vía xilema, también se ha encontrado hierro en el floema. La capacidad para transportar este ión está relacionada con las respuestas de las plantas ante carencia de Fe. El transporte de Fe (III) en el floema se realiza como Fe (III)-nicotinamina (Becker *et al.*; Stephan y Scholz, citados por Juárez, *et al.*, 2007).

Además, Mengel y Kikby citados por Juárez, *et al.* (2007), señalan que se debe tener en cuenta que altas concentraciones de Fe (II) en el citoplasma celular, tienen efectos tóxicos. Por este motivo, el Fe debe ser rápidamente oxidado a Fe (III) y acumulado en forma de una fosfoproteína denominada fitoferritina, proteína multimérica que actúa secuestrando átomos de Fe en forma mineral estable dentro de un recubrimiento proteínico, constituyéndose en una reserva de Fe no tóxica en la célula. La fitoferreina se encuentra principalmente en los cloroplastos pero también se ha encontrado en el xilema y floema.

Funciones del hierro en la planta

La facilidad del hierro para cambiar de estado de oxidación y formar quelatos estables y solubles, hace que esté implicado en numerosas funciones fisiológicas. Este elemento se presenta en los vegetales formando parte de numerosos sistemas enzimáticos que se pueden dividir en hemídicos y no hemídicos. Dentro de los sistemas enzimáticos hemídicos se encuentran en citocromos, complejos proteicos hierro-porfirínicos, que son constituyentes sistemas redox de los cloroplastos, las mitocondrias y en la cadena redox de la nitrato reductasa Clarkson, *et al.*, citados por (Juárez, *et al.*, 2007).

Requerimientos de hierro en los seres humanos

El cálculo de los requerimientos se basa en estimaciones de las pérdidas fisiológicas y en las necesidades derivadas del crecimiento. Para un lactante de 1 año de edad se han estimado las pérdidas fisiológicas en 0.4 – 0.5 mg/día de hierro. Las necesidades derivadas del crecimiento por otra parte, dependen de la expansión de la masa de hemoglobina. Se sabe que un niño de término normal no aumenta su contenido total de hierro en los primeros cuatro meses ya que durante este periodo existe una redistribución hacia los tejidos del hierro proveniente de la disminución fisiológica de la masa de hemoglobina (Hernández, 1999).

2.8. Evaluación de la fertilidad de los suelos productores de arroz

INIAP (2007) menciona que encontrar un suelo que pueda suministrar todos los nutrientes esenciales en cantidad suficiente, no es tan fácil debido a los niveles de productividad alcanzados por el cultivo de arroz, por lo que hay que recurrir a la fertilización para proveer uno o más de los nutrientes esenciales.

Es fundamental realizar el análisis de suelos para conocer la fertilidad de cada suelo en particular y recomendar la fertilización apropiada, debido a que la capacidad de los suelos arroceros en Ecuador es diferente de una zona a otra y varía dentro de la misma zona.

Potash Phosphate Institute (1997) indican que el análisis de suelo, es una herramienta de gran importancia en agricultura rentable en todo el mundo; sirve de guía para diseñar recomendaciones de fertilización que ayuden a producir altos rendimientos de elevada rentabilidad.

Proaño (2012) encontró en un estudio realizado una relación de dependencia entre los contenidos de Fe de las cuatro profundidades del suelo con los contenidos del Fe en el arroz integral, presentándose el Fe en las profundidades

de 0-5 y 6-10 cm. Para las otras dos profundidades solo llegó a ser significativa. Esta asociación dependió de los contenidos de materia orgánica encontrados, pues ellos tuvieron el mismo comportamiento.

2.9. Características componentes del rendimiento

En el cultivo del arroz, La altura de la planta está influenciada por condiciones ambientales, siendo importante desde el punto de vista agronómico, por estar estrechamente relacionada con la resistencia al acame (Zeledón, 1993).

Narváez (2007), establece que el vigor disminuye la competencia de las malezas y compensa la pérdida de plantas.

El macollamiento es deseable para lograr una productividad máxima con poblaciones moderadas y densas, además el número de hijos formados determina el número de panículas, es el factor más importante para obtener altos rendimientos de granos Narváez, (1998).

Según Soto (1991), el número de granos varía de 50 a 500 según la variedad y las condiciones ambientales, la mayoría de las variedades comerciales oscilan entre 100 y 150 granos/panícula.

El peso de los granos es una característica genética, y generalmente un incremento en el rendimiento se puede lograr seleccionando materiales con mayor tamaño de grano. Los granos largos a extra largo son los que obtienen el mayor peso, y estos valores promedios fluctúan entre 25 y 35 gramos (López, 1991).

Ávila (2012), en su estudio realizado en la provincia del Guayas dice que todas las poblaciones en estudio sobrepasaron los 20 g considerando que los granos son de tipo largo y extra largo.

Además Monserrat (1993), cita que el CIAT encontró que, el tamaño de panículas así como el peso y número de espiguillas cambian según la variedad. Mencionó también que la producción por hectárea varía de acuerdo a la zona y depende de, el tipo del cultivo y la variedad.

Triana (2012), en un estudio realizado sobre Evaluación y caracterización de cultivares de arroz de diferente constitución genética en varios agroecosistemas de producción menciona que los cultivares se comportaron de forma diferente en lo que respecta a rendimiento de grano en las distintas zonas donde se las evaluó, pues estas zonas presentaron diferencias climáticas y edáficas y que el rendimiento de arroz es un carácter que está determinado por el genotipo, ambiente y manejo agronómico.

CIAT (2005), manifiesta que los granos traslúcidos son los más deseados en la industria arrocera, por lo tanto los fitomejoradores ponen énfasis en el desarrollo de nuevas variedades que tengan granos libres de mancha blanca.

La calidad del arroz como la de otros cereales que se preparan para la alimentación humana es una combinación de muchas características. Al productor le interesa las características que afectan el secado del arroz y su calidad para mercado, al molinero las características de molienda del arroz, y al industrial la calidad del arroz para la cocción y la alimentación. Todas estas características de la calidad del arroz dependen en gran parte de la variedad y los procedimientos de recolección, secado e industrialización Somarriba, (1998).

2.10. Biofortificación

En los últimos años, mediante técnicas agrícolas convencionales u obtenidas mediante métodos de ingeniería genética, se han logrado cultivos con una mayor calidad nutricional. Los estudios completados han demostrado la potencialidad de explotar las variaciones genéticas observadas en las semillas

respecto de las concentraciones de micronutrientes como el hierro y el zinc, sin que se afecte el rendimiento de la cosecha (Welch, Graham, 1999).

La experiencia mundial en el tema de la biofortificación se ha centrado fundamentalmente en el hierro, el zinc, y los β -carotenos en los cultivos de cereales básicos como el arroz, el maíz, y el trigo (King, 2002).

Las evidencias científicas disponibles aseguran que es técnicamente factible la biofortificación del arroz con hierro y zinc sin que se comprometa la productividad agronómica. La calidad nutricional de los cultivos básicos puede aumentarse mediante la biofortificación al aplicar técnicas de fitomejoramiento que aprovechan la variabilidad existente en las diferentes variedades de las especies cultivadas respecto de su contenido de nutrientes (Nestel, 2006).

Los datos reunidos en diferentes estudios han demostrado que las altas concentraciones de hierro y zinc pueden expresarse en cualquier ambiente, considerando los suelos y el clima (Gregorio, 2002).

Se ha reportado que el arroz sin pulir puede variar en el contenido de hierro entre 7 – 24 miligramos del mineral por cada kilogramo de base seca, y entre 16 – 58 miligramos de zinc/kg. (Gregorio, *et al.*, 2000).

Los contenidos de hierro y zinc en el arroz pulido pueden disminuir hasta en un 50%, y se ha observado que a medida que aumenta el tiempo de pulido se pueden afectar aún más los contenidos de estos minerales en el grano. (Gregorio, 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y descripción del lote experimental

La investigación se realizó en la Estación Experimental Central de la Amazonia, del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), que se encuentra situada Vía Sacha - San Carlos a 3 km de la entrada a la Parker, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana, que se encuentra ubicada a 280 m.s.n.m, 0º 21' 32,2" de latitud sur y 76º 52' 40,1" de longitud occidental, con temperatura anual de 24 °C, precipitación promedio anual de 3100 mm, y 85 % de humedad relativa media anual.

3.2. Característica del suelo

Suelos francos arenosos con pH 5.7

3.3. Materiales

Los materiales que se utilizaron durante el trabajo de investigación fueron los siguientes:

- a) Campo
 - ✓ Píolas
 - ✓ Estaquillas
 - ✓ Cinta métrica
 - ✓ Tarjetas
 - ✓ Fundas de papel
 - ✓ Fundas de plástico
 - ✓ Bandejas
 - ✓ Machetes
 - ✓ Bomba de mochila
 - ✓ Cámara digital
 - ✓ Sacos (grandes y pequeños)

b) Sala de trabajo

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Materiales de oficina
- ✓ Computadora
- ✓ Flexo metro
- ✓ Papel
- ✓ Lápices

3.4. Factores estudiados

1. Cultivares

Se utilizaron seis cultivares cuyas características se detallan en el Cuadro 3.

2. Fertilización

Se estudiaron cuatros niveles de nutrientes cuyas características y dosis se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características y dosis de nutrientes utilizada en este experimento. Amazonia ecuatoriana, EELS 2014.

Nutrientes	Dosis Kg/ha	Nombre Producto Comercial	Elemento Puro
Testigo	0	-----	0
Hierro (Fe)	10	Sulfato de Hierro	3.3
Zinc (Zn)	20	Sulfato de Zinc	7.2
Hierro + Zinc	20 – 10	Sulfato de Hierro + Sulfato de Zinc	Sulfato de Hierro (3.3) Sulfato de Zinc (7.2)

Cuadro 3. Características agronómicas de los cultivares de arroz en estudio provenientes del INIAP.

Característica	INIAP – 14	INIAP - 16	INIAP - 17	INIAP – FL - 01	GO - 00904	GO - 00921
Origen	IRRI	INIAP	INIAP	FLAR	CIAT	CIAT
Rendimiento en riego (t ha ⁻¹)	5,8 a 6	5,0 a 9,0	6,2 a 10	6,0 a 10,5	5,3	5,4
Rendimiento en seco (t ha ⁻¹)	4,8 a 6	4,8 a 8,0	—	5,8 a 9,4	—	—
Ciclo vegetativo (día)	113 – 117	106 – 120	117 – 140	120 – 140	120 – 140	120 – 140
Altura de plantas (cm)	99 – 107	93 – 109	83 – 117	94 – 115	87	92
Longitud de grano (mm)	Largo	Extra largo	Extra largo	Extra largo	Extra largo	Extra largo
Índice de pilado (%)	66	68	62	64	66	68
Desgrane	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio
Pyricularia grisea (Cooke)	Moderadamente susceptible	Tolerante	Tolerante	Tolerante	—	—
Machado de grano	Moderadamente resistente	Tolerante	Tolerante	Tolerante	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente
Hoja blanca	Moderadamente resistente	Tolerante	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente	Tolerante	Tolerante
Pudrición de vaina	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente	Tolerante	Tolerante	Tolerante	Tolerante
Acame de plantas	Resistente	Resistente	Tolerante	Resistente	Tolerante	Tolerante

Fuente: Plegable No. 340 Variedades de Arroz Generadas por INIAP, EELS, 2013.

3.5. Combinaciones de tratamientos

Las combinaciones de los tratamientos que se utilizó se indican a continuación:

Cuadro 4. Combinaciones de los tratamientos investigados.

Tratamiento	Código	Cultivares	Nutrientes	Dosis (kg/ha)
T1	C1N1	INIAP 14	Testigo	0
T2	C2N1	INIAP 16	Testigo	0
T3	C3N1	INIAP 17	Testigo	0
T4	C4N1	INIAP-FL-01	Testigo	0
T5	C5N1	Go-00904	Testigo	0
T6	C6N1	Go-00921	Testigo	0
T7	C1N2	INIAP 14	Hierro	10
T8	C2N2	INIAP 16	Hierro	10
T9	C3N2	INIAP 17	Hierro	10
T10	C4N2	INIAP-FL-01	Hierro	10
T11	C5N2	Go-00904	Hierro	10
T12	C6N2	Go-00921	Hierro	10
T13	C1N3	INIAP 14	Zinc	20
T14	C2N3	INIAP 16	Zinc	20
T15	C3N3	INIAP 17	Zinc	20
T16	C4N3	INIAP-FL-01	Zinc	20
T17	C5N3	Go-00904	Zinc	20
T18	C6N3	Go-00921	Zinc	20
T19	C1N4	INIAP 14	Hierro + Zinc	10 – 20
T20	C2N4	INIAP 16	Hierro + Zinc	10 – 20
T21	C3N4	INIAP 17	Hierro + Zinc	10 – 20
T22	C4N4	INIAP-FL-01	Hierro + Zinc	10 – 20
T23	C5N4	Go-00904	Hierro + Zinc	10 – 20
T24	C6N4	Go-00921	Hierro + Zinc	10 – 20

3.6. Diseño Experimental

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial 6x4 con cuatro repeticiones.

3.7. Análisis de la varianza

El esquema del análisis de la varianza se indica a continuación:

ANDEVA

Fuentes de variaciones	Grado de libertad
Repeticiones	3
Tratamientos	(23)
Cultivos	5
Nutrientes	3
In. C x N	15
Error	69
Total	95

3.8. Análisis funcional

Las comparaciones de las medias de tratamientos se realizaron mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad, utilizando el programa estadístico INFOSTAT.

3.9. Análisis de correlaciones

Para medir el grado de asociación existente entre las variables se realizó el análisis de correlaciones entre las variables que se evaluaron en el presente trabajo.

3.10. Delineamiento Experimental

Número de repeticiones	4
Número de tratamientos	24
Número total de parcelas	96
Número de hileras por parcela	6
Número de hileras útil por parcela	4
Distanciamiento entre repeticiones	1 m
Distanciamiento entre hileras	0.3 m

Distanciamiento entre plantas	0.2 m
Siembra	Chorro continuo
Longitud de parcela	5 m
Ancho de la parcela	1.8 m
Área total de la parcela	9 m ²
Longitud del experimento	43.2 m
Ancho del experimento	23 m
Área total del ensayo	993.6 m ²
Área útil	576 m ²

3.11. Manejo del Ensayo

3.11.1. Análisis del suelo

Se realizó un análisis de suelo físico y químico completo a profundidad 0-10 y 10-20 cm, cuyo resultados se detallan en anexos.

3.12.2 Preparación del suelo

La preparación del terreno se realizó mediante el sistema convencional con dos pasadas de rastra, (de forma cruzada).

3.12.3 Siembra

La siembra se realizó de forma directa mediante el método de espeque. Se utilizaron de 3 a 5 semillas por sitio.

3.12.4 Control químico de malezas

El control de malezas se lo realizó un día después de la siembra aplicando la mezcla Pendimentalin y Gramoxone en dosis de 3,0 + 2 L ha⁻¹.

Después de 18 dds se aplicó 2-4D Amina en dosis de 0.7 L ha^{-1} para controlar especies de hojas anchas y cyperáceas presentes que se escaparon a la aplicación inicial.

Posteriormente se realizaron algunos deshierbes manual complementario a los 35, 51 y 80 días dds, por motivo de haberse presentado malezas gramíneas, hojas anchas y ciperáceas.

3.12.5 Fertilización

Las dosis de fertilizante químico que se utilizaron fue en base a los resultados del análisis químico de suelo que se realizó y recomendaciones del Departamento de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Litoral Sur (EELS), para lo cual a los 21 dds se aplicó Urea 80 kg/ha (72 g/parcela). A los 35 dds se aplicó la segunda fracción de fertilizantes, utilizando D.A.P. 100 kg/ha (90 g/parcela), Nitrato de Amonio 100 kg/ha (90 g/parcela), Sulpomag 100 kg/ha (90 g/parcela), Sulfato de Potasio 50 kg/ha (45 g/parcela) y, además, se aplicó el Hierro y el Zinc, utilizando Sulfato de Zinc 20 kg/ha (18 g/parcela) y Sulfato Ferroso 10 kg/ha (9 g/parcela). A los 53 dds se aplicó la tercera fracción de fertilizante, utilizando Nitrato de Amonio 100 kg/ha (90 g/parcela).

3.12.6 Riego

Por tratarse de sistema de verano, el cultivo estuvo expenso de las precipitaciones que se presentaron.

3.12.7 Controles fitosanitarios

Durante la etapa de desarrollo del cultivo se presentó la enfermedad Helminthosporium y para su control se aplicó el fungicida Tilt (Propiconazol) con dosis de 0.5 L/ha . Este producto y la dosis fueron recomendados por el Departamento Nacional de Protección Vegetal del INIAP (DNPV).

3.12.8 Cosecha

La cosecha se realizó en el área útil de cada unidad experimental de forma manual, a medida que los cultivares alcanzaron su madurez fisiológica.

3.12. Variables evaluadas

Con el área útil de cada unidad experimental se evaluó las siguientes variables:

3.12.1. Ciclo vegetativo

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

3.12.2. Vigor

El vigor se lo evaluó a los 65 días de edad del cultivo, para lo cual se utilizó la escala del sistema de evaluación estándar para arroz (CIAT).

Aplicación de la escala:

1= Material muy vigoroso

3= Vigoroso

5=Plantas intermedias o normales

7= Plantas menos vigorosas que lo normal

9= Plantas muy débiles y pequeñas

3.12.3. Días a floración

Se determinó considerando los días transcurridos desde la siembra hasta cuando el 50 % de las plantas presentaron las panículas fuera de la vaina.

3.13.4 Análisis Foliar

Se lo realizó al momento que el cultivo estaba en floración, tomando al azar 10 hojas bandera de cada parcela en estudio, las mismas que se llevaron al laboratorio de suelos de la Estación Experimental del Litoral Sur para su análisis respectivo.

3.13.5 Macollos por m²

Para esta variable se determinó el número de macollos que había en 1 m² tomado al azar del área útil de cada parcela experimental.

3.13.6 Panículas por m²

Para esta variable se determinó el número de panículas que había en 1 m² tomado al azar del área útil de cada parcela experimental.

3.13.7 Altura de planta

Se tomó al momento de la cosecha, midiendo, en centímetros desde la base de la planta hasta el ápice de la panícula más sobresaliente en 10 plantas tomadas al azar.

3.13.8 Longitud de panícula

Se determinó midiendo la distancia comprendida entre el nudo ciliar y el ápice de la panícula, excluyendo las aristas, en 10 panículas al azar.

3.13.9 Granos por panícula

Las mismas 10 panículas utilizadas en la variable anterior se procedieron al conteo del número de granos en cada panícula.

3.13.10 Esterilidad (%)

Se procedió a contar el total de granos llenos y vanos en las 10 panículas de la variable anterior y se sacó el porcentaje de granos estériles.

3.13.11 Peso de 1000 granos

Se determinó el peso en gramos de mil granos por tratamientos, ajustados al 14 % de humedad.

3.13.12 Rendimiento de grano

El rendimiento en kg/ha, se calculó con base a la cosecha del arroz paddy al 14 % de humedad utilizando la siguiente fórmula.

$$Pa = \frac{Pm \times (100 - Hi)}{100 - Hd} \times \frac{10}{ac}$$

En que:

Pa= Peso ajustado al tratamiento

Hi= Humedad inicial al momento de pesar

Hd= Humedad deseada al 14%

Pm= Peso de la muestra

ac= Área cosechada

3.13.13 Longitud del grano descascarado

Se tomaron 10 granos al azar dentro del área útil de cada parcela, a los cuales se les saco la cáscara y fueron medidos con la ayuda de una regla milimétrica, para la cual se utilizó la siguiente escala del CIAT.

Aplicación de la escala:

CATEGORÍA	RANGO
Extra largo	> 7,5 mm
Largo	6,61 - 7,5 mm
Medio	5,6 - 6,6 mm
Corto	<5,5 mm

3.13.14 Índice de pilado

En una muestra de 100 gramos de arroz cascara con 14 % de humedad, con el uso de un molino experimental del laboratorio de calidad molinera del Programa de Arroz de la Estación Experimental Litoral Sur (EELS) se procedió a su descascarado y pulido. Se obtuvo datos de arroz entero +3/4 y se expresó en porcentaje.

3.13.15 Evaluación de centro blanco

Se evaluó individualmente 20 granos al azar, en base a una escala de 0 a 5 (CIAT, 1980), la cual 0 corresponde al grano translucido y 5 al que tiene centro blanco en toda su dimensión. Para obtener el grado de opacidad, se multiplicó cada uno de los valores de la calificación por el número de granos a los que les correspondió dicha calificación, se sumó estos valores y el resultado obtenido se dividió por el número total de granos evaluados.

3.13.16 Determinación del contenido de Fe y Zn

Se realizó en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la EELS, pesando una muestra de 2 g de arroz molido y se colocó en una fiola de vidrio. La muestra se sometió a digestión húmeda con solución nítrico perclórica. Una vez digeridas las muestras, se llevó a volumen en matraz aforado a 10 ml con agua grado reactivó tipo 1.

El contenido de hierro y zinc se cuantificó mediante absorción atómica. Para hierro se realiza lectura directa del extracto con una curva de calibración de 1, 2, 4, 6 mg/L, los resultados obtenidos se multiplican por el factor de extracción de 5. Para el zinc se realizó una dilución 1:9 del extracto de agua grado reactivo tipo 1 y se cuantificó con una curva de calibración de 0.125, 0.250, 0.375 y 0.500 mg/L, los resultados obtenidos se multiplican por el factor de extracción de 5 y por el factor de dilución 10.

3.13.17 Análisis Económico

Se realizó en función del nivel de rendimiento de grano en Kg/ha respecto del costo económico de cada uno de los tratamientos. Se determinaron los costos de producción mediante relación beneficio/costo.

IV. RESULTADOS EXPERIMENTALES

4.1. Vigor

El análisis de la varianza no reportó significancia estadística para cultivares, fertilizantes e interacciones. La media de tratamientos general fue 3 con un coeficiente de variación de 12.65 % (Cuadro 5). Para realizar el análisis de la varianza se transformó los valores de vigor para ser analizado, utilizando \sqrt{x} .

En esta variable los tratamientos más vigorosos fueron el cultivar Iniap-14 con una dosis de 10 kg de hierro y Iniap-16 testigo que obtuvieron 2 de vigor, de acuerdo a la escala evaluada adoptó un calificativo de materiales vigoroso y los tratamientos con menor vigor fueron Go-00921 testigo y con aplicación de 10 kg de hierro con un resultado de 4 de vigor siendo plantas intermedias o normales de acuerdo a la escala.

4.2. Días a floración

En el Cuadro 5 se observan los promedios de días a floración. El análisis de la varianza reporto alta significancia estadística para cultivares, y no se encontró significancia estadística para los fertilizantes e interacciones. La media obtuvo un promedio general de 94 días con un coeficiente de variación de 2.77 %.

En esta variable se pueden observar alta significancia estadística entre los cultivares, siendo los cultivares Iniap-14 y Go-00904 los más precoces con 87 días, y GO-00921 e Iniap-Fl-01 los más tardíos en florecer con 100 y 102 días respectivamente.

4.3. Ciclo Vegetativo

En este Cuadro 5 también puede apreciar los valores promedios del ciclo vegetativo. El análisis de varianza encontró alta significancia estadística entre cultivares pero no reporto significancia para fertilizante e interacciones. La media general fue de 124 días y un coeficiente de variación de 2.07 %.

En esta variable se encontró alta significancia estadística entre cultivares, siendo lo más precoces con 117 días los cultivares Iniap-14 y Go-00904. Los más tardíos fueron los cultivares GO-00921 e Iniap-FI-01 con 130 y 132 días respectivamente, siendo estadísticamente iguales.

4.4. Altura de planta

Los promedios de datos de altura de planta (Cuadro 5) reportó alta significancia estadística para los cultivares, pero no se encontró significancia estadísticas para los fertilizantes e interacciones. La media obtuvo un promedio general de 101 cm de altura con un coeficiente de variación de 5.10 %.

Se encontró alta significancia estadística entre cultivares siendo el cultivar Iniap-FI-01 el que mostró el mayor comportamiento en la altura de planta en promedio, con 108 cm de altura. Y el cultivar de menor promedio fue GO-00921 con 93 cm.

Cuadro 5. Datos promedios de las variables vigor, días a floración, ciclo vegetativo y altura de planta. Amazonia ecuatoriana, EELS 2014.

Cultivares	Vigor				\bar{X}
	Testigo 0	Hierro 10kg/ha	Zinc 20kg/ha	Hierro + Zinc 10 + 20kg/ha	
Iniap - 14	3	2	3	3	3
Iniap - 16	2	4	4	4	3
Iniap - 17	3	3	3	3	3
Iniap - FI - 01	4	4	4	3	3
GO - 00904	3	4	3	3	3
GO - 00921	4	4	4	3	4
\bar{X}	3 ns	3	3	3	
C.V.					12,65 %
Floración (días)					
Iniap - 14	88	86	86	86	87 D
Iniap - 16	93	93	93	94	93 C
Iniap - 17	93	96	98	94	95 B
Iniap - FI - 01	101	104	104	100	102 A
GO - 00904	85	87	89	86	87 D
GO - 00921	100	101	100	101	100 A
\bar{X}	93 ns	94	95	93	
C.V.					2,77 %
Ciclo Vegetativo (días)					
Iniap - 14	118	116	116	116	117 D
Iniap - 16	123	123	123	124	123 C
Iniap - 17	123	126	128	125	126 B
Iniap - FI - 01	131	134	134	130	132 A
GO - 00904	115	117	119	116	117 D
GO - 00921	130	131	130	131	130 A
\bar{X}	123 B	124 AB	125 A	124 AB	
C.V.					2,07 %
Altura de Planta (cm)					
Iniap - 14	100	104	101	99	101 B
Iniap - 16	107	99	106	103	103 B
Iniap - 17	107	101	101	104	103 B
Iniap - FI - 01	108	105	105	113	108 A
GO - 00904	103	97	99	105	101 B
GO - 00921	92	95	95	90	93 C
\bar{X}	103 ns	100	101	102	
C.V.					5,10 %

Valores promedio con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

ns, no significativo.

4.5. Números de Macollos m²

El análisis estadístico determinó alta significancia estadística para los cultivares, y no reportó significancia para fertilizante e interacciones, teniendo un valor promedio general de 415 macollos m² y un coeficiente de variación de 11.76 % (Cuadro 6).

En esta variable hubo alta significancia estadística para los cultivares siendo los de mayores números de macollos m² Iniap-14; GO-00921; Iniap-FI-01 y GO-00904 con 456; 438; 424 y 423 respectivamente, siendo estadísticamente iguales, y los que menor números de macollos m² tuvieron fueron los cultivares Iniap-17 e Iniap-16 con 373 y 378 respectivamente.

4.6. Números de panículas m²

En el Cuadro 6, se puede apreciar los datos promedio de esta variable. De acuerdo con el análisis de la varianza se presentó alta significancia estadística para los cultivares. Fertilizantes e interacciones no registraron significancia estadística.

En esta variable el cultivar con mayor número de panículas m² fue Iniap-14 con 379 panículas. Las variedades Iniap-17 e Iniap-16 con 302 y 315 respectivamente, siendo estadísticamente iguales, reportando menor número de panículas m². En esta variable el promedio general fue de 342 panículas m², con un coeficiente de variación de 9.55 %.

4.7. Longitud de panícula

En el análisis estadístico se determinó alta significancia estadística para los cultivares y reportó significancia estadística para fertilizante, pero no hubo significancia estadística entre las interacciones. La media general fue de 25.73 cm y el coeficiente de variación de 3.23 %. (Cuadro 6)

En esta variable se determinó alta significancia estadística para los cultivares siendo el Iniap-FI-01 el que mayor longitud de panícula presentó entre los cultivares con 28.49

cm y el cultivar GO-00921 con 24.09 cm fue el que menor longitud de panículas presentó. Para fertilizante que reportó significancia estadística con la aplicación de 10 kg de Hierro + 20 kg de Zinc presentó los mayores promedios de longitud de panículas con un promedio de 26.11 cm.

4.8. Granos por panículas

El análisis estadístico reportó alta significancia estadística entre cultivares siendo Iniap-FI-01 el cultivar que mayor promedio obtuvo con 163 granos por panículas y el de menor promedio con 140 granos por panículas fue el cultivar GO-00921. No se encontró significancia estadística en fertilizante e interacciones.

Se destaca que el promedio total de longitud de panícula fue de 150, con un coeficiente de variación de 11.77 % (Cuadro 6).

Cuadro 6. Datos promedios de número de macollos m², panículas m², longitud de panícula y número de granos por panícula. Amazonia ecuatoriana, EELS 2014.

Numero de macollos por m²					
Cultivares	Testigo 0	Hierro 10kg/ha	Zinc 20kg/ha	Hierro + Zinc 10 + 20kg/ha	\bar{X}
Iniap - 14	436	452	483	454	456 A
Iniap - 16	377	362	376	397	378 B
Iniap - 17	394	364	367	369	373 B
Iniap - FI - 01	415	411	426	444	424 A
GO - 00904	411	439	426	416	423 A
GO - 00921	430	423	404	496	438 A
\bar{X}	411 ns	408	413	429	415
C.V.					11.76 %
Numero de Panículas por m²					
Iniap - 14	365	385	408	360	379 A
Iniap - 16	321	303	316	321	315 D
Iniap - 17	319	291	294	303	302 D
Iniap - FI - 01	342	345	337	338	340 C
GO - 00904	335	357	347	347	347 BC
GO - 00921	373	360	347	398	369 AB
\bar{X}	342 ns	340	341	344	342
C.V.					9.55 %
Longitud por Panículas (cm)					
Iniap - 14	25.76	26.46	26.07	25.77	26.01 B
Iniap - 16	24.94	24.05	24.42	25.19	24.65 CD
Iniap - 17	24.55	25.15	25.46	25.78	25.23 C
Iniap - FI - 01	28.04	27.83	28.36	29.74	28.49 A
GO - 00904	25.38	25.63	26.91	25.72	25.91 B
GO - 00921	23.83	24.50	23.60	24.44	24.09 D
\bar{X}	25.42 B	25.60 B	25.80 AB	26.11 A	25.73
C.V.					3.23 %
Granos por Panículas					
Iniap - 14	144	157	135	140	144 BC
Iniap - 16	151	128	151	150	145 BC
Iniap - 17	149	142	168	152	153 ABC
Iniap - FI - 01	154	163	166	168	163 A
GO - 00904	147	154	173	147	155 ABC
GO - 00921	133	145	143	137	140 C
\bar{X}	146 ns	148	156	149	150
C.V.					11.77%

Valores promedio con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

ns, no significativa.

4.9. Esterilidad (%)

En el Cuadro 7, se muestran los promedios del porcentaje de esterilidad, el análisis estadístico reportó alta significancia estadística entre los cultivares y no presentó significancia estadística entre fertilizante e interacciones. La media total fue de 36.51 %, con un coeficiente de variación de 27.64 %.

El análisis estadístico reportó alta significancia estadística entre los cultivares, siendo Iniap-14 con 23.33 % quien presentó el promedio más bajo de esterilidad y los cultivares que obtuvieron los más altos promedios de esterilidad fueron Iniap-16; Iniap-17 e Iniap-FI-01 con 42.11; 42.91 y 47.74 % respectivamente.

4.10. Peso de mil granos

En el Cuadro 7, se observa que el análisis de varianza registró alta significancia estadística para cultivares, mientras que para los demás componentes de variación no se determinó significancia estadística. La media general para esta variable fue de 27.56 g con un coeficiente de variación de 5.31 %.

En el análisis estadístico para esta variable presentó alta significancia estadística para cultivares, siendo Iniap-17 con 29.58 g el que mayor peso obtuvo y con el menor peso de mil granos se presentó en el cultivar GO-00921 con 24.47 g.

4.11. Rendimiento

El análisis de la varianza reportó alta significancia estadística para los cultivares, siendo Go-00904 e Iniap-14 con 4878 y 4543 kg/ha, estadísticamente iguales, los que mayores rendimientos de arroz paddy presentaron entre los cultivares, y el de menor promedio de rendimiento lo presentó Iniap-17 con 2442 kg/ha. Mientras que para las dosis e interacciones no hubo significancia estadística

La media general fue de 3560 kg/ha con un coeficiente de variación de 24.52 % que se puede apreciar en el Cuadro 7.

4.12. Longitud de Grano

En el Cuadro 7, también se observan los promedios de longitud de grano, el análisis de varianza determinó alta significancia estadística para cultivares; los otros componentes de variación no determinaron significancia estadística. La media general para esta variable fue de 7.01 mm con un coeficiente de variación de 3.03 %.

El cultivar con mayor longitud de grano fue Iniap-FI-01 con 7.35 mm teniendo un calificativo de grano largo según la escala utilizada y el cultivar GO-00921 presentó la menor longitud de grano con 6.89 mm, tomando también la categoría de grano largo.

Cuadro 7. Datos promedios del porcentaje de esterilidad de granos, Peso de mil granos, Rendimiento y Longitud de grano descascarado. Amazonia ecuatoriana, EELS 2014.

Esterilidad de granos (%)					
Cultivares	Testigo 0	Hierro 10kg/ha	Zinc 20kg/ha	Hierro + Zinc 10 + 20kg/ha	\bar{X}
Iniap - 14	27.65	21.99	16.02	27.64	23.33 C
Iniap - 16	44.09	42.44	37.43	44.47	42.11 A
Iniap - 17	41.39	43.94	45.35	40.96	42.91 A
Iniap - FI - 01	46.70	51.63	47.00	45.64	47.74 A
GO - 00904	26.98	27.27	32.03	31.93	29.55 BC
GO - 00921	34.63	27.58	33.30	38.14	33.41 B
\bar{X}	36.90 A	35.81 A	35.19 AB	38.13 A	36.51
C.V.					27.64 %
Peso de mil granos (g)					
Iniap - 14	27.21	27.32	27.63	26.76	27.23 C
Iniap - 16	29.10	29.37	28.45	28.40	28.83 AB
Iniap - 17	29.06	30.36	29.50	29.41	29.58 A
Iniap - FI - 01	27.79	25.91	27.20	28.49	27.35 C
GO - 00904	27.87	27.08	27.59	28.99	27.88 BC
GO - 00921	25.06	24.35	23.81	24.68	24.47 D
\bar{X}	27.68 ns	27.40	27.36	27.79	27.56
C.V.					5.31 %
Rendimiento (kg/ha)					
Iniap - 14	4128	4903	4487	4657	4543 A
Iniap - 16	2766	2493	2902	2840	2750 CD
Iniap - 17	2710	2011	2433	2615	2442 D
Iniap - FI - 01	3325	3322	3405	2857	3227 BC
GO - 00904	5120	4704	4934	4753	4878 A
GO - 00921	3583	3262	3829	3414	3522 B
\bar{X}	3605 ns	3449	3665	3523	3560
C.V.					24.52 %
Longitud de grano descascarado (mm)					
Iniap - 14	6.82	7.24	7.09	6.93	7.02 B
Iniap - 16	7.05	7.06	7.04	7.03	7.04 B
Iniap - 17	6.84	6.92	6.89	7.05	6.92 BC
Iniap - FI - 01	7.35	7.10	7.47	7.49	7.35 A
GO - 00904	6.93	6.79	6.68	6.90	6.82 BC
GO - 00921	6.85	6.92	6.93	6.85	6.89 C
\bar{X}	6.97 ns	7.00	7.02	7.04	7.01
C.V.					3.03 %

Valores promedio con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

ns, no significante.

4.13. Índice de Pilado

En el Cuadro 8, se observan los datos promedios de la variable índice de pilado. El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para cultivares, siendo Go-00921 e Iniap-14 con 58.37 y 57.32 % los que obtuvieron el más alto índice de pilado, y los cultivares que menor índice de pilado obtuvieron fueron Iniap-17 e Iniap-16 con 26.88 y 32.69 %. Para los otros componentes de variación no se determinó significancia estadística.

La media general para esta variable fue 43.91 % con un coeficiente de variación de 20.76 %.

4.14. Centro Blanco

Para realizar el análisis estadístico de la varianza se transformó los valores originales de centro blanco a \sqrt{x} . Los datos promedios de centro blanco se registran en el Cuadro 5.

En el análisis de varianza se registró alta significancia estadística para los cultivares, mientras que en los demás componentes no se determinó significancia estadística. La media general para esta variable fue 0.93 con un coeficiente de variación de 38 %.

En esta variable se puede observar que el cultivar Go-00921 presentó el menor promedio de centro blanco con 0.20 que corresponde a un grano translucido en toda su dimensión y de centro blanco más alto fue Iniap-14 con 2.13.

Cuadro 8. Datos promedios del porcentaje de índice de pilada y centro blanco del grano. Amazonia ecuatoriana, EELS 2014.

Índice de pilada (%)					
Cultivares	Testigo 0	Hierro 10kg/ha	Zinc 20kg/ha	Hierro + Zinc 10 + 20kg/ha	\bar{X}
Iniap - 14	49.10	61.67	57.24	61.26	57.32 A
Iniap - 16	32.14	34.58	34.58	29.48	32.69 C
Iniap - 17	27.09	25.20	24.15	31.09	26.88 C
Iniap - FI - 01	42.39	46.01	43.40	41.11	43.23 B
GO - 00904	48.30	49.49	39.85	42.46	45.02 B
GO - 00921	54.35	61.83	61.28	56.02	58.37 A
\bar{X}	42.23 ns	46.46	43.41	43.57	43.91
C.V.					20.76 %
Centro Blanco					
Iniap - 14	1.54	2.10	2.39	2.48	2.13
Iniap - 16	0.48	0.26	0.68	0.48	0.47
Iniap - 17	1.39	0.79	1.00	0.99	1.04
Iniap - FI - 01	0.74	0.34	0.53	0.51	0.53
GO - 00904	1.26	1.43	1.24	0.99	1.23
GO - 00921	0.26	0.05	0.13	0.38	0.20
\bar{X}	0.94 ns	0.83	0.99	0.97	0.93
C.V.					38.00 %

Valores promedio con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

ns, no significante.

4.15. Determinación del contenido de Fe y Zn

4.15.1. Arroz Pulido con Hierro

En el Cuadro 9, se puede apreciar los datos promedios de esta variable.

El análisis de la varianza reportó alta significancia estadística para los cultivares e interacciones y no hubo significancia estadística para fertilizante. El promedio general fue 2,61 ppm con un coeficiente de variación de 38,99 %.

Los cultivares que tuvieron mayor contenido de hierro en arroz pulido fueron Iniap-16, GO-00921, Iniap-17, Iniap-FI-01 y GO-00904 con 3,03, 2,85, 2,84, 2,83 y 2,60 ppm de arroz pulido respectivamente, siendo de igual significancia estadística, y el cultivar de menor contenido de hierro en arroz pulido fue Iniap-14 con 1,50 ppm. Entre las interacciones el de mayor contenido de arroz pulido con hierro fue Iniap-17 con la dosis de 20 Kg/ha de Zinc con 4,13 ppm de arroz pulido y el de menor contenido de arroz pulido fue Iniap-14 (testigo) con 1,10 ppm.

4.15.2. Arroz Integral con Hierro

En el análisis de la varianza mostró significancia estadística para fertilizante e interacciones, y no se encontró significancia estadística para cultivares. El promedio general fue de 8,27 ppm y con un coeficiente de variación de 19,03 % (Cuadro 9).

Para fertilizantes la dosis 10 Kg/ha de hierro + 20 kg/ha de zinc fue el que mayor contenido de arroz integral con hierro obtuvo con 9,10 ppm. El de menor contenido fue el testigo con 7,58 ppm de arroz integral con hierro, las interacciones que mayor contenido presentaron en esta variable fue Iniap-FI-01 con dosis de 10 Kg/ha de hierro + 20 kg/ha de zinc con 12,08 ppm y de menor contenido de arroz integral con hierro fue Iniap-FI-01 (testigo) con 6,92 ppm.

4.15.3. Arroz Pulido con Zinc

En esta variable se encontró alta significancia estadística para cultivares, presentando los mayores valores los cultivares Iniap-FI-01, GO-00921 y GO-00904 con 21,55, 21,00 y 20,71 ppm en su orden, siendo de igual significancia estadística. El fertilizante presentó alta significancia estadística siendo el de mayor valor de arroz pulido con zinc la dosis testigo con 21,04 ppm.

Para las interacciones mostró alta significancia estadística siendo el de mayor valor Iniap-16 (testigo) con 24,12 ppm de arroz pulido con zinc, y los que menores cantidades obtuvieron fueron Iniap-14 con 10 Kg/ha de hierro, Iniap-14 (testigo), Iniap-16 10 Kg/ha de hierro, Iniap-16 con 20 Kg/ha de zinc, Iniap-17 con 20 Kg/ha de zinc, Iniap-17 con 10 Kg/ha de hierro, Iniap-17 con 10 Kg/ha de hierro + 20 Kg/ha de zinc, Iniap-14 con 10 Kg/ha de hierro + 20 Kg/ha de zinc con 16,50, 16,74, 16,83, 17, 17, 17,17, 17,17 y 17,67 ppm respectivamente, siendo de igual significancia estadística.

La media general fue de 19,51 con un coeficiente de variación de 6,78 % que se muestran en el Cuadro 9.

4.15.4. Arroz Integral con Zinc

En el Cuadro 9, también se puede observar los valores promedios de esta variable con una media general de 28,81 y un coeficiente de variación de 13,32 %.

En esta variable se encontró alta significancia estadística para cultivares y no reportó significancia estadística en fertilizante e interacciones. Siendo Iniap-FI-01 con 34,54 ppm el cultivar que mayor contenido presentó en arroz integral con zinc, y los de menores contenidos los obtuvieron Iniap-14, Iniap-17 e Iniap-16 con 23,92, 26,17 y 26,58 ppm respectivamente de igual significancia estadística.

Cuadro 9. Determinación del contenido de Hierro y Zinc en arroz pulido e integral. Amazonia ecuatoriana, EELS 2014.

Determinación del contenido de Fe y Zn								
Arroz Pulido con Hierro (ppm)								
Cultivares	Testigo	Hierro	Zinc	Hierro + Zinc	\bar{X}			
	0	10kg/ha	20kg/ha	10 + 20kg/ha				
Iniap - 14	1,10 H	1,70 FGH	1,45 GH	1,73 EFGH	1,50	B		
Iniap - 16	3,89 AB	2,05 CDEFGH	3,43 ABCDEF	2,73 ABCDEFGH	3,03	A		
Iniap - 17	1,46 GH	2,95 ABCDEFG	4,13 A	2,83 ABCDEFGH	2,84	A		
Iniap - FI - 01	2,52 ABCDEFGH	3,47 ABCDE	1,88 DEFGH	3,45 ABCDE	2,83	A		
GO - 00904	2,08 CDEFGH	2,42 ABCDEFGH	2,47 ABCDEFGH	3,43 ABCDEF	2,60	A		
GO - 00921	1,83 EFGH	3,65 ABC	2,35 BCDEFGH	3,58 ABCD	2,85	A		
\bar{X}	2,15 B	2,71 AB	2,62 AB	2,96 A	2,61			
C.V.							38,99 %	
Arroz Integral con Hierro (ppm)								
Iniap - 14	7,88 BCD	7,75 CD	7,47 CD	7,38 CD	7,62	B		
Iniap - 16	8,85 BCD	7,98 BCD	7,50 CD	8,77 BCD	8,27	AB		
Iniap - 17	7,57 CD	8,50 BCD	7,65 CD	10,50 AB	8,55	AB		
Iniap - FI - 01	6,92 D	7,98 BCD	9,58 BCD	12,08 A	9,14	A		
GO - 00904	6,98 CD	8,15 BCD	7,50 CD	8,10 BCD	7,68	B		
GO - 00921	7,30 CD	8,70 BCD	9,68 BC	7,75 CD	8,36	AB		
\bar{X}	7,58 B	8,18 AB	8,23 AB	9,10 A	8,27			
C.V.							19,03 %	
Arroz Pulido con Zinc (ppm)								
Iniap - 14	16,74 G	16,50 G	18,17 FG	17,67 G	17,27	C		
Iniap - 16	24,12 A	16,83 G	17,00 G	18,67 EFG	19,16	B		
Iniap - 17	18,17 FG	17,17 G	17,00 G	17,17 G	17,38	C		
Iniap - FI - 01	22,55 ABC	21,50 BCD	21,67 BCD	20,50 CDE	21,55	A		
GO - 00904	21,83 BCD	19,83 DEF	20,83 BCD	20,33 DE	20,71	A		
GO - 00921	22,83 AB	20,17 DEF	20,67 CDE	20,33 DE	21,00	A		
\bar{X}	21,04 A	18,67 B	19,22 B	19,11 B	19,51			
C.V.							6,78 %	
Arroz Integral con Zinc (ppm)								
Iniap - 14	24,33	22,50	23,67	25,17	23,92	C		
Iniap - 16	28,00	25,50	23,00	29,83	26,58	C		
Iniap - 17	29,00	25,00	25,83	24,83	26,17	C		
Iniap - FI - 01	32,50	34,83	34,67	36,17	34,54	A		
GO - 00904	26,67	28,50	30,50	35,17	30,21	B		
GO - 00921	30,33	32,83	30,33	32,17	31,42	B		
\bar{X}	28,47 AB	28,19 B	28,00 B	30,56 A	28,81			
C.V.							13,32 %	

Valores promedio con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

4.16. Análisis químico Foliar

En el Cuadro 10, se puede observar las variaciones de los resultados de los análisis químicos foliares en los tratamientos.

Respecto a los macronutrientes se puede observar que Nitrógeno (N) se encontraron concentraciones adecuada y excesivo en los tratamientos, en tanto que el cultivar Iniap-FI-01 con 20 kg/ha de zinc mostro deficiencia de N con 2.5%, Fosforo (P), Potasio (K) presentó concentraciones de manera adecuada en todos los tratamientos, Calcio (Ca), Magnesio (Mg) reportaron rangos adecuados y deficientes, en Azufre (S) reporto concentraciones de manera adecuadas y excesivas en los tratamientos.

En lo que concierne a los micronutrientes podemos observar que Cobre (Cu), Manganeso (Mn) presentaron rangos adecuados, Boro (B) reportó concentraciones adecuadas, excesivas y deficientes en los tratamientos, para Zinc (Zn) se encontró rangos adecuados y deficientes, siendo los tratamientos GO-00904 con 10 kg/ha de hierro + 20 kg/ha de zinc; Iniap-FI-01 con 10 kg/ha de hierro + 20 kg/ha de zinc; Go-00921 con 10 kg/ha de hierro + 20 kg/ha de zinc; Go-00904 con 10 kg/ha de hierro; Iniap-14 con 10 kg/ha de hierro + 20 kg/ha de zinc; Iniap-16 con 10 kg/ha de hierro + 20 kg/ha de zinc; G0-00904 testigo y Go-00904 con 20 kg/ha de zinc con 25; 21; 20; 20; 19; 19; 18 y 18 ppm respectivamente que presentaron su concentración adecuada y los restantes tratamientos están con rangos deficientes de concentración de Zinc (Zn).

En Hierro (Fe) sus concentraciones fueron adecuadas y deficientes siendo entre las concentraciones adecuadas el tratamiento Iniap-14 con 10 kg/ha de hierro + 20 kg/ha de zinc; Iniap-FI-01 con 10 kg/ha de hierro + 20 kg/ha de zinc; Iniap-14 con 20 kg/ha de zinc; G0-00921 con 10 kg/ha de hierro; Go-00904 con 10 kg/ha de hierro + 20 kg/ha de zinc; Go-00921 Testigo; Iniap-17 con 10 kg/ha de hierro + 20 kg/ha de zinc; Iniap-17 con 10 kg/ha de hierro; Iniap-17 con 20 kg/ha de zinc y Go-00921 con 10 kg/ha de hierro + 20 kg/ha de zinc con 84; 81; 81; 79; 78; 76; 75; 74; 73 y 72 ppm respectivamente, los demás tratamientos presentaron concentraciones menores a 70 siendo un rango deficiente de Fe.

Cuadro 10. Resultados de análisis químico foliar “Respuesta de cultivares de arroz a la fertilización con Hierro y Zinc, sobre su concentración en el grano, en la Amazonia Ecuatoriana”, EELS 2014.

Tratamientos	Cultivares	Nutriente + Dosis	(%)									ppm													
			N		P		K		Ca		Mg		S		Zn		Cu		Fe		Mn		B		
1	C1N1	INIAP 14	Testigo	3.1	A	0.17	A	1.43	A	0.56	A	0.14	D	0.20	A	16	D	11	A	65	D	343	A	6	A
2	C2N1	INIAP 16	Testigo	2.9	A	0.16	A	1.27	A	0.50	A	0.20	A	0.16	A	16	D	12	A	65	D	305	A	5	D
3	C3N1	INIAP 17	Testigo	2.8	A	0.17	A	1.41	A	0.50	A	0.14	D	0.19	A	15	D	10	A	58	D	251	A	7	A
4	C4N1	INIAP FI-01	Testigo	2.7	A	0.15	A	1.15	A	0.42	A	0.12	D	0.20	A	16	D	9	A	66	D	270	A	9	E
5	C5N1	GO-00904	Testigo	3.5	E	0.16	A	1.53	A	0.54	A	0.13	D	0.22	E	18	A	14	A	60	D	341	A	7	A
6	C6N1	GO-00921	Testigo	2.9	A	0.16	A	1.23	A	0.37	D	0.11	D	0.19	A	16	D	11	A	76	A	212	A	8	E
7	C1N2	INIAP 14	Fe-10 kg/ha	3.3	E	0.15	A	1.33	A	0.54	A	0.13	D	0.21	E	15	D	12	A	65	D	393	A	7	A
8	C2N2	INIAP 16	Fe-10 kg/ha	2.9	A	0.15	A	1.22	A	0.47	A	0.15	D	0.18	A	16	D	12	A	58	D	215	A	6	A
9	C3N2	INIAP 17	Fe-10 kg/ha	2.7	A	0.16	A	1.30	A	0.51	A	0.14	D	0.20	A	14	D	9	A	74	A	265	A	6	A
10	C4N2	INIAP FI-01	Fe-10 kg/ha	2.6	A	0.15	A	1.11	A	0.38	D	0.14	D	0.19	A	16	D	8	A	57	D	237	A	5	D
11	C5N2	GO-00904	Fe-10 kg/ha	3.4	E	0.18	A	1.46	A	0.47	A	0.12	D	0.24	E	20	A	13	A	64	D	373	A	5	D
12	C6N2	GO-00921	Fe-10 kg/ha	3.0	A	0.17	A	1.29	A	0.36	D	0.12	D	0.22	E	16	D	10	A	79	A	265	A	7	A
13	C1N3	INIAP 14	Zn 20 kg/ha	3.3	E	0.16	A	1.30	A	0.64	A	0.14	D	0.24	E	16	D	13	A	81	A	446	A	5	D
14	C2N3	INIAP 16	Zn 20 kg/ha	3.1	A	0.16	A	1.15	A	0.55	A	0.17	D	0.20	A	16	D	12	A	67	D	339	A	5	D
15	C3N3	INIAP 17	Zn 20 kg/ha	2.7	A	0.14	A	1.23	A	0.49	A	0.15	D	0.18	A	13	D	9	A	73	A	293	A	6	A
16	C4N3	INIAP FI-01	Zn 20 kg/ha	2.5	D	0.16	A	1.06	A	0.42	A	0.15	D	0.19	A	17	D	10	A	63	D	284	A	4	D
17	C5N3	GO-00904	Zn 20 kg/ha	3.2	A	0.16	A	1.40	A	0.52	A	0.13	D	0.23	E	18	A	13	A	65	D	541	A	5	D
18	C6N3	GO-00921	Zn 20 kg/ha	2.6	A	0.16	A	1.21	A	0.36	D	0.13	D	0.18	A	14	D	8	A	51	D	313	A	4	D
19	C1N4	INIAP 14	Fe + Zn	3.1	A	0.18	A	1.21	A	0.65	A	0.13	D	0.27	E	19	A	11	A	84	A	595	A	8	E
20	C2N4	INIAP 16	Fe + Zn	3.1	A	0.16	A	1.05	A	0.50	A	0.14	D	0.20	A	19	A	12	A	72	A	333	A	9	E
21	C3N4	INIAP 17	Fe + Zn	2.6	A	0.16	A	1.22	A	0.59	A	0.14	D	0.20	A	16	D	9	A	75	A	481	A	7	A
22	C4N4	INIAP FI-01	Fe + Zn	2.8	A	0.15	A	1.18	A	0.45	A	0.11	D	0.20	A	21	A	10	A	81	A	435	A	8	E
23	C5N4	GO-00904	Fe + Zn	3.2	A	0.18	A	1.38	A	0.62	A	0.12	D	0.26	E	25	A	14	A	78	A	551	A	8	E
24	C6N4	GO-00921	Fe + Zn	2.9	A	0.18	A	1.25	A	0.38	D	0.12	D	0.22	E	20	A	11	A	72	A	348	A	7	A
<i>Rangos Adecuados por Nutriente</i>				2.6 - 3.2		0.09 - 0.18		1.0 - 2.2		0.4 - 1.2		0.2 - 0.3		0.15 - 0.20		18.0 - 50.0		8.0 - 25.0		70.0 - 150.0		150 - 800		6.0 - 7.0	

Código:

A = Adecuado

E = Exceso

D = Deficiente

4.17. Análisis económico

El valor de la saca de arroz paddy al momento de la cosecha se cotizó a \$ 34,50 es decir a \$ 0,36 el kilogramo, esto sirvió para calcular el presupuesto parcial del experimento. El cultivar GO-00904 Testigo fue el tratamiento con la que se obtuvo el mayor rendimiento ajustado con 4863.76 kg/ha y por lo tanto el tratamiento que mayor beneficio bruto presentó (\$ 950,32). Mientras que el cultivar Iniap-17 con 10 kg/ha de Hierro fue el tratamiento que presentó el menor beneficio neto con apenas \$ 27,71 y un rendimiento ajustado de 1910.69 Kg/ha

La cantidad de Sulfato de Hierro empleada con la dosis de 10 kg/ha de Hierro tuvo un costo de \$ 0,42 el Kg con un costo total de \$ 4,20 los 10 kg/ha y con la dosis de 20 kg de Zinc tuvo un costo de \$ 1,14 el Kg teniendo un costo total de \$ 22,80.

En las aplicaciones del fertilizante se empleó un jornal para la aplicación, teniendo un costo de \$ 10.00 por hectárea.

En general el cultivar GO-00904 (testigo) fue el tratamiento que obtuvo el mayor beneficio neto con \$ 950,32 (Cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis económico del rendimiento de grano en función al costo de producción de los tratamientos. Amazonia ecuatoriana, EELS 2014.

Tratamientos	Cultivares	Nutrientes	Dosis (kg/ha)	Rendimiento Kg/ha	Rendimiento Kg/ha ajustado 5%	Valor de la producción \$	Costos variables/ha			Costo de producción		Costo total de tratamiento \$	Beneficio neto \$	
							Valor del fertilizante \$	Costo de aplicación \$	Cosecha + transporte \$	Costo variable \$	Costo fijo \$			
1	C1N1	INIAP 14	Testigo	0	4127.50	3921.13	1411.61	0.00	0.00	205.40	205.40	545.85	751.25	660.35
2	C1N2	INIAP 14	Hierro	10	4902.50	4657.38	1676.66	4.20	10.00	243.97	258.17	545.85	804.02	872.64
3	C1N3	INIAP 14	Zinc	20	4486.50	4262.18	1534.38	22.80	10.00	223.27	256.07	545.85	801.92	732.47
4	C1N4	INIAP 14	Hierro + Zinc	10 – 20	4656.50	4423.68	1592.52	27.00	10.00	231.73	268.73	545.85	814.58	777.95
5	C2N1	INIAP 16	Testigo	0	2765.50	2627.23	945.80	0.00	0.00	137.62	137.62	545.85	683.47	262.33
6	C2N2	INIAP 16	Hierro	10	2493.00	2368.35	852.61	4.20	10.00	124.06	138.26	545.85	684.11	168.49
7	C2N3	INIAP 16	Zinc	20	2901.50	2756.43	992.31	22.80	10.00	144.39	177.19	545.85	723.04	269.27
8	C2N4	INIAP 16	Hierro + Zinc	10 – 20	2839.75	2697.76	971.19	27.00	10.00	141.32	178.32	545.85	724.17	247.03
9	C3N1	INIAP 17	Testigo	0	2710.25	2574.74	926.91	0.00	0.00	134.87	134.87	545.85	680.72	246.18
10	C3N2	INIAP 17	Hierro	10	2011.25	1910.69	687.85	4.20	10.00	100.09	114.29	545.85	660.14	27.71
11	C3N3	INIAP 17	Zinc	20	2433.00	2311.35	832.09	22.80	10.00	121.08	153.88	545.85	699.73	132.36
12	C3N4	INIAP 17	Hierro + Zinc	10 – 20	2615.00	2484.25	894.33	27.00	10.00	130.13	167.13	545.85	712.98	181.35
13	C4N1	INIAP-FL-01	Testigo	0	3324.75	3158.51	1137.06	0.00	0.00	165.45	165.45	545.85	711.30	425.76
14	C4N2	INIAP-FL-01	Hierro	10	3321.50	3155.43	1135.95	4.20	10.00	165.29	179.49	545.85	725.34	410.61
15	C4N3	INIAP-FL-01	Zinc	20	3405.00	3234.75	1164.51	22.80	10.00	169.45	202.25	545.85	748.10	416.41
16	C4N4	INIAP-FL-01	Hierro + Zinc	10 – 20	2857.00	2714.15	977.09	27.00	10.00	142.18	179.18	545.85	725.03	252.07
17	C5N1	Go-00904	Testigo	0	5119.75	4863.76	1750.95	0.00	0.00	254.78	254.78	545.85	800.63	950.32
18	C5N2	Go-00904	Hierro	10	4703.75	4468.56	1608.68	4.20	10.00	234.08	248.28	545.85	794.13	814.55
19	C5N3	Go-00904	Zinc	20	4933.75	4687.06	1687.34	22.80	10.00	245.52	278.32	545.85	824.17	863.17
20	C5N4	Go-00904	Hierro + Zinc	10 – 20	4753.25	4515.59	1625.61	27.00	10.00	236.54	273.54	545.85	819.39	806.22
21	C6N1	Go-00921	Testigo	0	3583.25	3404.09	1225.47	0.00	0.00	178.32	178.32	545.85	724.17	501.30
22	C6N2	Go-00921	Hierro	10	3262.25	3099.14	1115.69	4.20	10.00	162.34	176.54	545.85	722.39	393.30
23	C6N3	Go-00921	Zinc	20	3829.00	3637.55	1309.52	22.80	10.00	190.55	223.35	545.85	769.20	540.32
24	C6N4	Go-00921	Hierro + Zinc	10 – 20	3413.50	3242.83	1167.42	27.00	10.00	169.87	206.87	545.85	752.72	414.70

V. DISCUSIÓN

Los resultados de floración y ciclo vegetativo en el trabajo de investigación, registraron alta significancia estadística entre los cultivares siendo Iniap-14 y Go-00904 los más precoces con 117 días de ciclo vegetativo, y los más tardío fueron Iniap-FI-01 y Go-00921 con 132 y 130 respectivamente. Concordando con lo expresado por Somarriba (1998), quien manifiesta que la precocidad y buen rendimiento de un material son cualidades muy apreciadas en la producción comercial; lo que permite hacer un mejor aprovechamiento del área de siembra y obtener hasta tres cosechas al año y de esta manera reducir la exposición del cultivo a plagas y enfermedades en el campo.

En lo que respecta a vigor vegetativo los tratamientos Iniap-16 testigo y Iniap-14 con 10 kg/ha de hierro presentaron los mejores promedios con un valor 2 de vigor, superando a los demás tratamientos, el cultivar Iniap-16 respondió favorablemente a la variable vigor con 2, igual al tratamiento mencionado anteriormente pero con la diferencia de que este no necesitó de la aplicación de hierro al suelo, siendo calificado como material vigoroso en su totalidad, variable muy importante con base en lo reportado por Narváez (2007), quien establece que el vigor disminuye la competencia de las malezas y compensa las pérdidas de plantas.

En lo concerniente a la variable altura de planta, los resultados obtenidos en los tratamientos demuestran que los cultivares están con una altura promedio de 93 a 108 cm por lo que recibieron un calificativo de planta semienana e Intermedia lo cual es una característica deseable, Zeledón (1993), expresa que la altura de la planta está influenciada por condiciones ambientales, siendo importante desde el punto de vista agronómico, por estar estrechamente relacionada con la resistencia al acame.

En lo que respecta al número de macollos por m², se observó que en las evaluaciones de los cultivares hubo alta significancia estadística, siendo Iniap-14; GO-00921; Iniap-FI-01 y GO-00904 con 456, 438, 424 y 423 respectivamente, que mostraron los mayores promedios. Concordando con lo expuesto por Soto (1991), quien manifiesta

que la formación y desarrollo de una planta depende del potencial genético de las variedades cultivadas y de las condiciones climáticas durante las diversas fases de crecimiento y desarrollo, así como las prácticas agronómicas aplicadas al cultivo.

En lo concerniente al número de macollos m^2 y panículas m^2 presentó alta significancia estadística para los cultivares. El cultivar que presentó mayor número de macollos y panículas m^2 fue Iniap-14 con 456 y 379 en su orden, mientras que Iniap-17 e Inip-16 fueron los que menor número de macollos y panículas m^2 obtuvieron y por lo consiguiente estos cultivares alcanzaron los menores rendimientos. Concordando con Narváez, (1998) que manifiesta que el macollamiento es deseable para lograr una productividad máxima con poblaciones moderadas y densas, además el número de hijos formados determina el número de panículas, es el factor más importante para obtener altos rendimientos de granos.

En la variable longitud de panícula se determinó alta significancia estadística para los cultivares siendo el Iniap-FI-01 el que mayor longitud de panícula presentó entre los cultivares con 28.49 cm, Monserrat (1993), cita que el CIAT encontró que, el tamaño de panículas así como el peso y número de espiguillas cambian según la variedad. Mencionó también que la producción por hectárea varía de acuerdo a la zona y depende de, el tipo del cultivo y la variedad.

El análisis estadístico mostró alta significancia estadística entre los cultivares siendo el de mayor cantidad de granos por panícula Iniap-FI-01 con 163 granos y el menor número de grano lo presentó GO-00921 con 140 granos, esto concuerda con lo mencionado por Soto (1991), quien menciona que el número de granos varía de 50 a 500 según la variedad y las condiciones ambientales y la mayoría de las variedades comerciales oscilan entre 100 y 150 granos/panícula.

En lo concerniente al peso de 1000 granos, esta característica se mostró determinada únicamente por los genotipos de los cultivares, ya que todos los materiales de arroz y tratamientos estudiados sobrepasaron los 24 g. Ávila (2012), en su estudio realizado en

la provincia del Guayas dice que todas las poblaciones en estudio sobrepasaron los 20 g considerando que los granos son de tipo largo y extra largo.

El análisis estadístico no reportó significancia estadística en dosis ni en las interacciones, solo en cultivares se encontró alta significancia estadística. Siendo GO-00904 e Iniap-14 con 4878 y 4543 Kg/ha respectivamente los que mayor rendimiento de grano obtuvieron y el de menor rendimiento fue Iniap-17 con 2442 kg/ha, concordando con Triana (2012), quien menciona que los cultivares se comportan de forma diferente en lo que respecta a rendimiento de grano dependiendo de las condiciones climáticas y edáficas que se encuentre y que el rendimiento de arroz es un carácter que está determinado por el genotipo, ambiente y manejo agronómico.

En las variables longitud de grano descascarado, se mostró alta significancia estadística para los cultivares, siendo el Iniap-FI-01 el que presentó la mayor longitud de grano con un promedio de 7.35 mm, por lo que se calificó como grano largo, los demás cultivares estuvieron por debajo, pero también presentando granos largos, ya que sobre pasan la longitud de 6.61 mm, argumentado por Gamarra (1996), que en América Latina generalmente se prefiere un grano de tipo largo a extra largo.

En los tratamientos GO-00921 con 10 Kg/ha de hierro; Iniap-14 con 10 Kg/ha de hierro; GO-00921 con 20 Kg/ha de zinc; Iniap-14 con 10 Kg/ha de hierro + 20 Kg/ha de zinc, se obtuvo el mejor promedio de arroz pilado con 61.83; 61.67; 61.28 y 61.26 % respectivamente, presentando el mejor porcentaje en esta variable; en cuanto a este carácter Somarriba (1998), manifiesta que la calidad del arroz como la de otros cereales que se preparan para la alimentación humana es una combinación de muchas características, como: el secado, molienda y la calidad del arroz para la cocción. Todas estas características de la calidad del arroz dependen en gran parte de la variedad y los procedimientos de recolección, secado e industrialización

En lo que tiene que ver con centro blanco, se puede observar que el cultivar GO-00921 presentó el menor promedio comparado con los demás cultivares con 0.20 que corresponde a un grano translucido en toda su dimensión. En relación al centro blanco

el CIAT (2005), manifiesta que los granos translucidos son los más deseados en la industria arrocera, por lo tanto los fitomejoradores ponen particular interés en el desarrollo de nuevas variedades que tengan granos libres de mancha blanca.

En lo que respecta a la determinación del contenido de Fe y Zn, el cultivar Iniap-14 fue el que menor concentración presentó tanto como en el arroz integral y pulido con 1,50 ppm de Fe en arroz pulido, 7,62 ppm de Fe en arroz integral, 17,27 ppm de Zinc en arroz pulido y 23,92 ppm de Zinc en arroz integral, por su parte Proaño (2012) en una investigación realizada manifiesta que Iniap-14 llegó a tener las mayores concentraciones de Fe, de 11 a 267 ppm en arroz integral y de 4 a 195 ppm en arroz pulido.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En función a los resultados obtenidos se concluye:

- Los cultivares GO-00904 e Iniap-14 tuvieron mejor comportamiento agronómico por lo tanto presentaron los mayores rendimientos de grano en la amazonia ecuatoriana.
- En cuanto al análisis económico el cultivar GO-00904 (testigo) fue el que presentó mayor beneficio neto con \$950,32.
- El cultivar GO-00921 agronómicamente fue inferior a GO-00904 y a la variedad Iniap-14, sin embargo fue el que presentó la menor cantidad de granos con centro blanco.
- Se encontró relación a las aplicaciones de Hierro (Fe) y Zinc (Zn) al suelo y su expresión en el grano de arroz.
- El cultivar que presentó mayor concentración de Fe y Zn en el arroz integral fue: Iniap-FI-01 con 9,14 ppm de Fe y 34,54 ppm de Zinc.
- Respecto a los cultivares que presentaron mayor concentración de Fe en el arroz pulido fueron: Iniap-16 con 3,03 ppm, GO-00921 con 2,85 ppm, Iniap-17 con 2,84 ppm, Iniap-FI-01 con 2,83 ppm y GO-00904 con 2,60 ppm.
- Los cultivares que presentaron mayor concentración de Zn en el arroz pulido fueron: Iniap-FI-01 con 21,55 ppm GO-00921 con 21 ppm y GO-00904 con 20,71 ppm.
- El cultivar Iniap-14 fue el que presentó menor concentración de Fe y Zn en el grano de arroz integral y pulido.

Según los resultados que se obtuvieron en el trabajo de investigación se recomienda:

- No cultivar Iniap-16 e Iniap-17 en la Amazonia ecuatoriana ya que son variedades muy susceptibles a enfermedades por las condiciones ambientales que se presenta en esta región.
- Repetir el ensayo en suelos con deficiencia de Hierro (Fe) y Zinc (Zn).

- Buscar las mejores épocas de siembra de arroz que se podrían dar en la Amazonia ecuatoriana.
- Estimular el consumo de arroz integral a la población ecuatoriana, ya que contiene altos contenidos nutricionales.
- Se debe realizar investigaciones sobre mejoramiento genético, para obtener genotipos con alta capacidad de absorción de Fe y Zn.

VI. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se lo realizó en la Estación Experimental Central de la Amazonia, del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), que se encuentra situada en la Vía Sacha - San Carlos a 3 km de la entrada a la Parker, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana, ubicada a 280 m.s.n.m, 0° 21' 32,2" de latitud sur y 76° 52' 40,1" de longitud occidental, con temperatura anual de 24 °C, precipitación promedio anual de 3100 mm, y 85 % de humedad relativa media anual.

Este experimento tuvo como objetivos: Determinar el o los cultivares de arroz, que mediante las aplicaciones de hierro y zinc al suelo, mejoren los contenidos de estos nutrientes en los granos, cuantificar las concentraciones de Hierro y Zinc en el grano integral y pulido de los diferentes cultivares en estudio, realizar un análisis Económico de los tratamientos investigados.

El experimento estuvo conformado por seis cultivares, los cuales fueron Iniap 14; Iniap-16; Iniap-17; Iniap-FI-01; Go-00904 y Go-00921; 4 dosis de nutrientes; 0 Testigo; 10 kg/ha de sulfato ferroso; 20 kg/ha de sulfato de zinc; 10 kg/ha de sulfato ferroso + 20 kg/ha de sulfato de zinc, con un total de 24 tratamientos analizados bajo el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) en arreglo factorial 6x4 con cuatro repeticiones.

Las variables en estudio fueron: Ciclo vegetativo, vigor, días a floración, análisis Foliar, macollos panículas por m², altura de planta, longitud de panícula, granos por panícula, esterilidad (%), peso de 1000 granos, rendimiento de grano, longitud del grano descascarado, índice de pilado, evaluación de centro blanco y determinación del contenido de Fe y Zn.

Según los resultados se obtuvo que, los cultivares GO-00904 e Iniap-14 tuvieron mejor comportamiento agronómico por lo tanto presentaron los mayores rendimientos de grano en la amazonia ecuatoriana. En cuanto al análisis económico el cultivar GO-00904 (testigo) fue el que presentó mayor beneficio neto con \$950,32. El cultivar

GO-00921 agronómicamente fue inferior a GO-00904 y a la variedad Iniap-14, sin embargo fue el que presentó la menor cantidad de granos con centro blanco. Se encontró relación a las aplicaciones de Hierro (Fe) y Zinc (Zn) al suelo y su expresión en el grano de arroz. El cultivar que presentó mayor concentración de Fe y Zn en el arroz integral fue: Iniap-FI-01 con 9,14 ppm de Fe y 34,54 ppm de Zinc. Respecto a los cultivares que presentaron mayor concentración de Fe en el arroz pulido fueron: Iniap-16 con 3,03 ppm, GO-00921 con 2,85 ppm, Iniap-17 con 2,84 ppm, Iniap-FI-01 con 2,83 ppm y GO-00904 con 2,60 ppm. Los cultivares que presentaron mayor concentración de Zn en el arroz pulido fueron: Iniap-FI-01 con 21,55 ppm GO-00921 con 21 ppm y GO-00904 con 20,71 ppm. El cultivar Iniap-14 fue el que presentó menor concentración de Fe y Zn en el grano de arroz integral y pulido.

VII. SUMMARY

This research work was done at the Central Experimental Station of the Amazon, the Autonomous National Institute of Agricultural Research (INIAP), which is located in the Milky Sacha - San Carlos 3 km from the entrance to the Parker, Canton jewel of the Sachas, Orellana Province, located 280 meters above sea level, 0 ° 21' 32.2 "south latitude and 76 ° 52 '40.1" west longitude, with an annual temperature of 24 °C, average annual rainfall of 3100 mm, and 85% average annual relative humidity.

This experiment had the following objectives: To determine it o those rice cultivars, through applications of iron and zinc in soil, improve the content of these nutrients in grains, quantifying the concentrations of iron and zinc in whole grain and polishing different cultivars under study, conduct an economic analysis of the treatments investigated.

The experiment consisted of six cultivars, which were Iniap 14; Iniap-16; Iniap-17; Iniap-FI-01; Go-Go-00904 and 00921; 4 doses of nutrients; 0 Control; 10 kg / ha of ferrous sulfate; 20 kg / ha of zinc sulfate; 10 kg / ha of ferrous sulfate + 20 kg / ha of zinc sulfate, with a total of 24 treatments analyzed under the design of randomized complete block (RCBD) 6x4 factorial arrangement with four replications.

The variables studied were: vegetative cycle, vigor, days to flowering, Foliar analysis tiller panicles per m², plant height, panicle length, grains per panicle, sterility (%), 1000 grain weight, grain yield, length grain husked, milled index, white center assessment and determination of Fe and Zn.

According to the results obtained that, the GO-00904-14 and Iniap cultivars had better agronomic performance therefore had the highest grain yields in the Ecuadorian Amazon. In the economic analysis cultivar GO-00904 (control) was presented the highest net benefit \$ 950.32. The GO-00921 was grown agronomically inferior to GO-00904 and variety Iniap-14, however it is the one with the least amount of grain with white center. Relation to applications Iron (Fe) and zinc (Zn) to the ground and its expression in rice grain was found. The cultivar showed higher concentration of Fe and Zn in brown rice was: Iniap-FI-01 with 9.14 ppm of Fe and 34.54 ppm Zinc. Regarding cultivars showed higher Fe concentration in polished rice were: Iniap-16 with 3.03 ppm, GO-00921 2.85 ppm, Iniap-17 with 2.84 ppm, Iniap-FI-01 with 2.83 ppm and GO-00904 with 2.60 ppm. Cultivars showed higher concentration of Zn in polished rice were Iniap-FI-01 with GO-00921 21.55 ppm with 21 ppm and GO-00904 to 20.71 ppm. The cultivar was Iniap-14 which had a lower concentration of Fe and Zn in polished grain brown rice.

VIII. LITERATURA CITADA

Alcívar, S., Mestanza, S. 2007. Manual del Cultivo de Arroz. No. 66. E. E. Boliche. P. 40-50.

Angrade, F., Haro, E.; Tulcán, W. s.f. Guía práctica para la siembra de arroz. Guayaquil, Ec. Yara. p. 26.

Andrade, F., Hurtado, J. 2007. Manual del Cultivo de Arroz. No. 66. E. E. Boliche. P. 7-9.

Avila Alvarado, W.I. 2012. Evaluación y selección de poblaciones F1 de arroz (*Oryza sativa* L.) provenientes de cruzamientos entre progenitores deseables. Tesis de Ing. Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Babahoyo, Ec. 132 p.

Bird, W. y Soto S. 1991. El cultivo del arroz en Nicaragua. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Centro Nacional de Investigación y Granos Básicos. 45 p.

Blandon, J. 2013. Importancia Del Zinc (Zn) en la fertilización del cultivo de arroz. (En línea). Consultado agosto 5. 2013. Disponible en: <http://temasagronicos.blogspot.com/2013/04/importancia-del-zinc-zn-en-la.html>

Castilla, L., L. A. 2000. Fundamentos técnicos de los fertilizantes y la fertilización en el cultivo de arroz. Ibagué, Co. FEDEARROZ. 7 p.

CIAT. 1980. Evaluación de Calidad de Arroz. 2 edición, Cali, Col. p. 8

CIAT. 2005. Morfología de la planta de arroz: Guía de estudio. Cali, Col., CIAT. 4– 8 p.

Coello, K. 2010. Trabajo de campo: Arroz. (En línea) consultado nov 27. 2013. Disponible en <http://www.slideshare.net/dicoello/manipulacion-del-arroz-parte-i>

Degiovanni, B., V. Martinez R. C. Motta O., F. 2010. Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. Cali, Co. CIAT. Tomo 1, p 83, 84, 144, 145.

Doberman, A., Fairhurst, T. 2000. Arroz. Desordenes nutricionales y manejo de nutrientes.p. 46-93.

Fedearroz. 2000. Fundamentos técnicos de los fertilizantes y la fertilización en el cultivo de arroz. Ibagé. Fedearroz. p. 7,8.

Fernández, F. Vergara, S. Yapit, N., García, O. 1985. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. Investigación y producción Referencia de los recursos de capacitación sobre arroz dictados por el CIAT Cali Colombia P. 80-100.

Franquet, M y Borra, C. 2004. Variedades y mejora del arroz (*Oriza sativa*, L), primera edición, Cataluña España. P. 9-16

Gonzales, N., Zamorano, D. 2009. El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). (En línea). Consultado el 20 de julio del 2013. Disponible en: http://www.sap.uchile.cl/descargas/fisiogenetica/fisiologia_del_arroz.pdf

Gamarra Santa Cruz, G. 1996. Arroz. Manual de producción. Montevideo, Ur. Hemisferio sur. p. 163-177.

Gregorio, G., Senadhira, D., Htut, H., Graham, R. 2000. Breeding for trace mineral density in rice. *Food and Nutrition Bulletin* 21.p.6.

Gregorio, GB. 2002. Progress in breeding for trace minerals in staple crops. *J Nutr.*

Hernández, R. 1999. Alimentación en la primera infancia. Capítulo 52. En: *Tratado de Nutrición*. Ediciones Díaz de Santos. S.A. Madrid. p. 809-829

INIAP. (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 2007. *Manual del Cultivo de Arroz*. No. 66. E. E. Boliche. 161p.

Juárez, M., Cerdán, M., Sánchez A. 2007. Hierro en el sistema suelo- planta. Dpto. Agroquímica y Bioquímica. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante. Es. p 2-21.

King, JC. 2002. Evaluating the impact of plant biofortification on human nutrition. *JNutr.California*, Us.511S-513S.

Kirby, E., Römheld, V. 2008. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. *Informaciones Agronómicas*. No. 68. International Plant Nutrition Institute. Quito, Ec. p. 1-3.

Medina, B., M. A. 2009. Evaluación de tres niveles de Zinc (Zn) como complemento en un Programa de Fertilización para el Cultivo de Arroz de Siembra por Trasplante, Variedad Iniap 12, en la Zona de Yaguachi. Tesis Ing. Agr. Guayaquil, Ec. Escuela Superior Politecnica del Litoral. P. 35-55

Mejia, S., Menjivar, S. 2010. Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. Cali, Co. CIAT. Tomo 1, p. 306 -332

Monserate Varas, J.E. 1993. Evaluación de líneas promisorias y variedades comerciales de arroz, sembradas en la zona de Alfredo Baquerizo, Provincia Del Guayas. Tesis Ing. Agr. Guayaquil, Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. p. 11.

Narváez, L. 2007. Metodología utilizada por el Programa de Mejoramiento Genético de Arroz del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria para la toma de datos de Habilidad de macollamiento. Centro Nacional de Investigaciones de Granos Básicos (CNIA). Managua, Nicaragua. 35 p.

Narváez, L. 1998. Informe Anual de Arroz Granos Básicos INTA-CIAT. Managua - Nicaragua, 160 pp.

Nestel, P. 2006. Biofortification of staple food crops. J Nutr.p. 136.

POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE (PPI), POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA (PPIC), INSTITUTO DE LA POTASA Y ELFOSFORO (INPOFOS). 1997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Primera impresión, versión en español.

Proaño, C. 2012. Identificar las áreas y las variedades de arroz con altos contenidos de hierro (Fe) en las principales zonas arroceras del país. TESIS Ing. Agr. Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ingeniería Agronómica. Manabí, Ec.

Sanint, L.R. AND S. Woods. 1997. El arroz en Latino América y el Caribe en: El impacto de la investigación en arroz en Latino América y el Caribe durante las tres últimas décadas. San José, CR. p.11

SICA (Servicio de Información y Censo Agropecuario del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador). 2009. Arroz (*Oryza sativa*). Panorama de la cadena del arroz. (En línea). Consultado jul 17. 2013. Disponible en: http://www.sica.gov.ec/cadenas/arroz/docs/panorama_arrozecuador.html

SIGAGRO – MAGAP. 2011. Agrocadena de arroz y piladoras - panorama nacional. Encontrado en: magap.gob.ec/sinagap/charts/arroz_panoramanac.htm

Somarriba, R. C. 1998. Texto de Granos Básicos. Universidad Nacional Agraria. Escuela de Producción Vegetal. Managua, Nicaragua. 197 p.

Soto, B. 1991. Estudio de observación de 20 variedades USA y 7 líneas promisorias nacionales en comparación con dos testigos comerciales de arroz. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 61 p.

Triana, S. 2012. Evaluación y caracterización de cultivares de arroz de diferente constitución genética en varios agro-ecosistemas de producción. Tesis de Ing. Agropecuario. Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Babahoyo, Ec. 115 p.

Welch, RM., Graham, RD. 1999. A new paradigm for world agriculture: Meeting human needs- productive, sustainable, nutritious. Field Crops Res. p. 1-10.

Zeledón, P. 1993. Estudio de observación de 112 líneas de arroz (Oryza sativa L.) VIOAL-92 bajo el ecosistema de riego Managua, Nicaragua 29 pp.

Fuente: Banco Mundial. Insuficiencia Nutricional en Ecuador, Quito: Banco Mundial; 2007 consultado en línea: <http://ecuador.nutrinet.org/ecuador/situacion-nutricional/58-las-cifras-de-la-desnutricion-en-ecuador>

ANEXOS

Cuadro 1A. Análisis combinado de varianza del vigor de planta.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,32	26	0,05	1,11	0,3532
Cultivares	0,06	5	0,01	0,25	0,9377
Dosis	0,23	3	0,08	1,65	0,1855
Repeticiones	0,09	3	0,03	0,68	0,5689
Cultivares*Dosis	0,94	15	0,06	1,38	0,1830
Error	3,15	69	0,05		
Total	4,47	95			

Cuadro 2A. Análisis combinado de varianza días a floración.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3643,52	26	140,14	20,60	<0,0001
Cultivares	3430,59	5	686,12	100,86	<0,0001
Dosis	44,20	3	14,73	2,17	0,0999
Repeticiones	38,86	3	12,95	1,90	0,1370
Cultivares*Dosis	129,86	15	8,66	1,27	0,2433
Error	469,39	69	6,80		
Total	4112,91	95			

Cuadro 3A. Análisis combinado de varianza macollos por m².

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	144870,75	26	5571,95	2,33	0,0027
Cultivares	87505,13	5	17501,03	7,33	<0,0001
Dosis	6615,25	3	2205,08	0,92	0,4339
Repeticiones	23911,75	3	7970,58	3,34	0,0242
Cultivares*Dosis	26838,63	15	1789,24	0,75	0,7260
Error	164655,75	69	2386,32		
Total	309526,50	95			

Cuadro 4A. Análisis combinado de varianza panículas por m².

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	110438,08	26	4247,62	3,98	<0,0001
Cultivares	72126,25	5	14425,25	13,52	<0,0001
Dosis	246,88	3	82,29	0,08	0,9721
Repeticiones	23003,46	3	7667,82	7,19	0,0003
Cultivares*Dosis	15061,50	15	1004,10	0,94	0,5244
Error	73603,54	69	1066,72		
Total	184041,63	95			

Cuadro 5A. Análisis combinado de varianza altura de planta.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2833,67	26	108,99	4,07	<0,0001
Cultivares	1866,21	5	373,24	13,93	<0,0001
Dosis	109,88	3	36,63	1,37	0,2601
Repeticiones	322,71	3	107,57	4,02	0,0108
Cultivares*Dosis	534,88	15	35,66	1,33	0,2082
Error	1848,29	69	26,79		
Total	4681,96	95			

Cuadro 6A. Análisis combinado de varianza longitud de panículas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	226,14	26	8,70	12,61	<0,0001
Cultivares	189,42	5	37,88	54,90	<0,0001
Dosis	6,32	3	2,11	3,05	0,0342
Repeticiones	12,07	3	4,02	5,83	0,0013
Cultivares*Dosis	18,34	15	1,22	1,77	0,0570
Error	47,61	69	0,69		
Total	273,75	95			

Cuadro 7A. Análisis combinado de varianza granos por panículas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	16630,51	26	639,64	2,05	0,0094
Cultivares	5857,76	5	1171,55	3,76	0,0045
Dosis	1308,33	3	436,11	1,40	0,2501
Repeticiones	3821,41	3	1273,80	4,09	0,0099
Cultivares*Dosis	5643,03	15	376,20	1,21	0,2873
Error	21490,26	69	311,45		
Total	38120,78	95			

Cuadro 8A. Análisis combinado de varianza porcentaje de esterilidad del grano.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7958,36	26	306,09	3,01	0,0001
Cultivares	6883,96	5	1376,79	13,53	<0,0001
Dosis	120,61	3	40,20	0,39	0,7570
Repeticiones	115,59	3	38,53	0,38	0,7688
Cultivares*Dosis	838,21	15	55,88	0,55	0,9026
Error	7023,08	69	101,78		
Total	14981,45	95			

Cuadro 9A. Análisis combinado de varianza peso de mil granos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	295,04	26	11,35	5,29	<0,0001
Cultivares	247,58	5	49,52	23,08	<0,0001
Dosis	3,16	3	1,05	0,49	0,6900
Repeticiones	13,92	3	4,64	2,16	0,1002
Cultivares*Dosis	30,39	15	2,03	0,94	0,5212
Error	148,01	69	2,15		
Total	443,05	95			

Cuadro 10A. Análisis combinado de varianza rendimiento de grano.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	90607024,58	26	3484885,56	4,57	<0,0001
Cultivares	75527898,13	5	15105579,63	19,82	<0,0001
Dosis	641730,25	3	213910,08	0,28	0,8392
Repeticiones	10380915,58	3	3460305,19	4,54	0,0058
Cultivares*Dosis	4056480,63	15	270432,04	0,35	0,9857
Error	52592307,92	69	762207,36		
Total	143199332,50	95			

Cuadro 11A. Análisis combinado de varianza longitud de grano descascarado.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,03	26	0,16	3,44	<0,0001
Cultivares	2,83	5	0,57	12,55	<0,0001
Dosis	0,06	3	0,02	0,44	0,7278
Repeticiones	0,13	3	0,04	0,95	0,4211
Cultivares*Dosis	1,02	15	0,07	1,50	0,1291
Error	3,11	69	0,05		
Total	7,15	95			

Cuadro 12A. Análisis combinado de varianza índice de pilado.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14643,16	26	563,20	6,77	<0,0001
Cultivares	12901,44	5	2580,29	31,04	<0,0001
Dosis	233,06	3	77,69	0,93	0,4288
Repeticiones	674,11	3	224,70	2,70	0,0521
Cultivares*Dosis	834,56	15	55,64	0,67	0,8051
Error	5735,93	69	83,13		
Total	20379,09	95			

Cuadro 13A. Análisis combinado de varianza de centro blanco del grano.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13,67	26	0,53	5,02	<0,0001
Cultivares	11,47	5	2,29	21,88	<0,0001
Dosis	0,31	3	0,10	0,99	0,4006
Repeticiones	0,73	3	0,24	2,31	0,0840
Cultivares*Dosis	1,17	15	0,08	0,74	0,7350
Error	7,23	69	0,10		
Total	20,91	95			

Cuadro 14A. Análisis combinado de varianza arroz pulido con hierro.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	69,99	26	2,69	2,61	0,0008
Cultivares	25,18	5	5,04	4,87	0,0007
Dosis	8,29	3	2,76	2,67	0,0540
Repeticiones	0,62	3	0,21	0,20	0,8956
Cultivares*dosis	35,90	15	2,39	2,32	0,0098
Error	71,29	69	1,03		
Total	141,29	95			

Cuadro 15A. Análisis combinado de varianza arroz integral con hierro.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	144,10	26	5,54	2,24	0,0042
Cultivares	25,78	5	5,16	2,08	0,0781
Dosis	27,99	3	9,33	3,77	0,0145
Repeticiones	12,71	3	4,24	1,71	0,1730
Cultivares*dosis	77,62	15	5,17	2,09	0,0206
Error	170,89	69	2,48		
Total	314,99	95			

Cuadro 16A. Análisis combinado de varianza arroz pulido con zinc.

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	562,50	26	21,63	12,38	<0,0001
Cultivares	280,61	5	56,12	32,11	<0,0001
Dosis	79,11	3	26,37	15,09	<0,0001
Repeticiones	95,66	3	31,89	18,24	<0,0001
Cultivares*dosis	107,12	15	7,14	4,09	<0,0001
Error	120,61	69	1,75		
Total	683,10	95			

Cuadro 17A. Análisis combinado de varianza arroz integral con zinc.

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	1651,96	26	63,54	4,32	<0,0001
Cultivares	1239,91	5	247,98	16,85	<0,0001
Dosis	100,74	3	33,58	2,28	0,0868
Repeticiones	37,53	3	12,51	0,85	0,4713
Cultivares*dosis	273,79	15	18,25	1,24	0,2646
Error	1015,47	69	14,72		
Total	2667,43	95			



Figura 1. Siembra directa del ensayo de tesis.



Figura 2. Aplicación de herbicidas pre-emergente.



Figura 3. Aplicación de segunda fracción de fertilizantes.



Figura 4. Evaluación de la variable días a floración.



Figura 5. Toma de datos de la variable altura de plantas.



Figura 6. Cosecha manual (chicoteo).



Figura 7. Mini piladora que se utilizó para descascarar y pulir los tratamientos.



Figura 8. Medición de la variable Longitud de grano descascarado.



**ESTACION EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**

Km. 26 Vía Durán Tambo
Yaguachi - Ecuador Teléfono: 2717119 Fax: 2717260

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre :	ING. BRAULIO LAHUATHE, RESP. DMSA	Nombre :	ING. JOFFRE CHAVEZ	Cultivo Actual :	ARROZ
Dirección :	KM. 26 VIA DURAN TAMBO	Provincia :	FRANCISCO DE ORELLANA	Nº Reporte :	0001103
Ciudad :	YAGUACHI	Cantón :	JOYA DE LOS SACHAS	Fecha de Muestreo :	18/10/2013
Teléfono :	2724260	Parroquia :	SAN CARLOS	Fecha de Ingreso :	25/10/2013
Fax :	N/E	Ubicación :	SAN CARLOS	Fecha de Salida :	21/11/2013

Nº Muest.	Datos del Lote		pH	ppm		meq/100ml		ppm						
	Identificación	Area		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
2437	MUESTRA #1	NE	5,9 MeAc	36 M	7 B	0,46 A	10,0 A	1,4 M	12 M	13,4 A	14,4 A	211 A	69,3 A	0,11 B

INTERPRETACION					METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH					pH = Suelo: agua (1:2,5)		Olsen Modificado	
MAc = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	LAl = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal	Elementos: de N a B		N,P,B = Colorimetria	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino		B = Bajo	M = Medio	S = Turbidimetria	Fosfato de Calcio Monobásico	
MeAc = Media. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino		A = Alto		K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica	BS	

RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

RESPONSABLE LABORATORIO



ESTACION EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 26 Via Durán Tambo
 Yaguachi - Ecuador Teléfono: 2717119 Fax: 2717260

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre :	ING. BRAULIO LAHUATHE, RESP. DMS	Nombre :	ING. JOFFRE CHAVEZ	Cultivo Actual :	ARROZ
Dirección :	KM. 26 VIA DURAN TAMBO	Provincia :	FRANCISCO DE ORELLANA	Nº de Reporte :	0001103
Ciudad :	YAGUACHI	Cantón :	JOYA DE LOS SACHAS	Fecha de Muestreo :	18/10/2013
Teléfono :	2724260	Parroquia :	SAN CARLOS	Fecha de Ingreso :	25/10/2013
Fax :	N/E	Ubicación :	SAN CARLOS	Fecha de Salida :	21/11/2013

Nº Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	(meq/l)½	ppm	Textura (%)			Clase Textural		
	Al+H	Al	Na									C.E.	M.O.	Mg		K	K
2437					4,0	M	6,7	3,24	25,00	11,96							

INTERPRETACION			
Al+H, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto

ABREVIATURAS
C.E. = Conductividad Eléctrica
M.O. = Materia Orgánica
RAS = Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA
C.E. = Conductímetro
M.O. = Titulación de Walkley Black
APHI = Titulación con NaOH

RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

RESPONSABLE LABORATORIO