

**EVALUACIÓN DE CINCO NIVELES DE NITROGENO EN TRES
DENSIDADES DE SIEMBRA, SOBRE EL COMPORTAMIENTO
AGRONÓMICO, PRODUCTIVO E INDUSTRIAL DEL CULTIVO
DE ARROZ (*Oryza sativa*, L) MATERIAL PROMISORIO “LP-
5”**

VÍCTOR MANUEL GUTIÉRREZ ROMÁN

Tesis presentada a la Escuela de Agronomía como requisito parcial
para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2011

**EVALUACIÓN DE CINCO NIVELES DE NITROGENO EN TRES
DENSIDADES DE SIEMBRA, SOBRE EL COMPORTAMIENTO
AGRONÓMICO E INDUSTRIAL DEL CULTIVO DE ARROZ
(*Oryza sativa, L*) MATERIAL PROMISORIO “LP-5”**

VÍCTOR MANUEL GUTIÉRREZ ROMÁN

Aprobado por los miembros del Tribunal Examinador

Ing. Agr. Parménides Furcal Beriguete, M.Sc. _____
Asesor interno

Willy Navarro Álvarez, Ph.D en Agronomía. _____
Asesor externo

Ing. Agr. José Gerardo Chávez Alfaro, MAP. _____
Jurado

Ing. Agr. Carlos Castro Fallas, Lic. _____
Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE _____
Coordinador
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Luis Alberto Camero Rey, Msc. _____
Director
Escuela de Agronomía

DEDICATORIA

Al Señor DIOS todo poderoso por darme la oportunidad de alcanzar este gran logro, tanto personal como de mi familia. Por regalarme la paz, serenidad, salud y demás cosas que me ha facilitado para dar este nuevo paso en mi vida.

A mis padres, mi abuela, tíos, primos y en general a toda mi familia que me brindaron su apoyo incondicional, que confiaron en mí y ahora se termina con gran éxito

A mis grandes amistades que estuvieron muy cerca, sirviendo de apoyo en los momentos difíciles, brindándome valiosos consejos, que sirvieron de empuje para seguir mi camino.

AGRADECIMIENTO

Al Señor DIOS todo poderoso por la oportunidad de cumplir con mis metas.

A mi familia por depositarme su confianza y tratar de darme siempre lo mejor.

Al Ing. Agr. Parmenides Furcal Beriguete, M.Sc. por su esfuerzo y dedicación en la revisión del presente informe, así como también por sus consejos para finalizar el presente estudio.

Al señor Willy Navarro Álvarez, PhD en Agronomía por su esfuerzo y dedicación en la revisión del presente informe, por sus consejos como asesor y como jefe de la Dirección de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Corporación Arrocera Nacional.

Ing. Agr. José Gerardo Chávez Alfaro, MAP por ser parte del jurado examinador y por brindarme sus valiosos aportes para realizar este trabajo.

Al Ing. Mario Ulate, Lic por su aporte en el análisis estadístico de este documento.

Al Ing. Agr. Oswaldo Ledezma Rodríguez, al Ing. Agr. Carlos Castro Fallas y al Ing. Agr. Didier Rodríguez Salazar; por su colaboración durante el desarrollo en la fase de campo de este estudio.

Al Ing. Agr. Diego Jiménez del Laboratorio de Control de Calidad de la Corporación Arrocera Nacional, por su gran aporte durante el análisis de calidad molinera y su gran interés por ampliarme el conocimiento en ese campo.

A todos los compañeros de la Corporación Arrocera Nacional y en especial los de la Oficina Regional Huetar Norte y Huetar Atlántica

A todos mis compañeros del TEC, al personal docente, administrativo y demás personas que laboran en tan prestigiosa institución, de todos se lleva algún recuerdo; en especial al Señor Wagner Eduardo Andrade Carballo quien fuera como mi hermano durante el tiempo que compartimos en el TEC, y su familia fue como la mía

A todos ellos muchas gracias y que Dios los bendiga.

CONTENIDO

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Contenido.....	iii
Lista de cuadros.....	vi
Lista de figuras.....	vii
Lista de cuadros anexo A.....	ix
Lista de cuadros anexo B.....	xi
Lista de cuadros anexo C.....	xiii
Lista de figuras anexo D.....	xiv
Resumen.....	xv
Abstract.....	xvi
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3 HIPÓTESIS TÉCNICA.....	3
2 REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO	4
2.1.1 Pérdidas de nitrógeno en el suelo.....	4
2.1.2 Funciones del nitrógeno.....	5
2.1.3 Cantidad de nitrógeno por aplicar en el cultivo	6
2.1.4 Factores que afectan la respuesta al Nitrógeno.....	6
2.1.4.1 Condiciones edáficas.....	6
2.1.4.2 Condiciones climáticas	7
2.1.4.2.1 Radiación solar	7
2.1.4.2.2 Temperatura	8
2.1.4.3 Variedad de arroz	8
2.1.4.3.1 Características foliares	8
2.1.4.3.2 Altura de la planta y resistencia al volcamiento	9
2.1.4.3.3 Capacidad de macollamiento.....	9
2.1.4.3.4 Duración del ciclo de vida	10
2.1.4.4 Manejo del cultivo	10
2.1.4.4.1 Sistema de cultivo.....	10
2.1.4.4.2 Densidad de siembra	11
2.1.4.4.3 Control de plagas.....	11
2.1.4.5 Manejo de la fertilización en arroz	11
2.1.4.5.1 Fuentes de nitrógeno	11
2.1.4.5.2 Época de aplicación.....	12
2.1.4.5.3 Cantidad de nitrógeno que se debe aplicar	13
2.1.4.6 Deficiencias nutricionales	13

2.1.4.6.1	Deficiencia de nitrógeno	13
2.1.4.6.2	Deficiencia de fósforo	14
2.1.4.6.3	Deficiencia de potasio.....	14
2.2	ETAPAS DE DESARROLLO DE LA PLANTA DE ARROZ.....	15
2.2.1	Fase vegetativa.....	15
2.2.1.1	Germinación a emergencia (Etapa 0)	15
2.2.1.2	Plántula (Etapa 1)	15
2.2.1.3	Macollamiento (Etapa 2).....	15
2.2.1.4	Elongación del tallo (Etapa 3).....	15
2.2.2	Fase reproductiva	15
2.2.2.1	Iniciación de la panícula (Etapa 4).....	16
2.2.2.2	Desarrollo de panícula (Etapa 5)	16
2.2.2.3	Floración (Etapa 6)	16
2.2.2.4	Estado lechoso (Etapa 7)	16
2.2.2.5	Estado pastoso (Etapa 8)	16
2.2.3	Fase Maduración	16
2.2.3.1	Maduración (Etapa 9)	16
2.3	REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS	17
2.3.1	Precipitación	17
2.3.2	Humedad Relativa	17
2.3.3	Radiación solar	17
2.3.4	Longitud del día (Fotoperiodo).....	17
2.3.5	Viento.....	18
2.3.6	Temperatura	18
2.4	CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS.....	18
2.4.1	Habilidad de macollamiento.....	18
2.4.2	Volcamiento o acame	18
2.4.3	Floración y maduración.....	19
2.5	CARACTERÍSTICAS DE RENDIMIENTO	19
2.5.1	Rendimiento de arroz en granza en época de cosecha óptima ..	19
2.5.2	Número de panículas por unidad de superficie y granos por panícula	20
2.5.3	Peso del grano.....	20
2.6	VARIEDAD LP-5	21
3	MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1	LOCALIZACIÓN Y PERIODO DE EVALUACIÓN	22
3.2	CONDICIONES CLIMÁTICAS	22
3.3	ÉPOCA DE SIEMBRA	22
3.4	ANÁLISIS DE SUELO	22
3.5	MATERIAL EXPERIMENTAL.....	22
3.6	TRATAMIENTOS.....	23
3.7	FERTILIZACIÓN.....	24
3.8	CONTROL DE PLAGAS.....	24
3.9	VARIABLES EVALUADAS.....	24
3.9.1	Población inicial	24
3.9.2	Índice de macollamiento (HM)	25
3.9.3	Altura de la planta	25
3.9.4	Resistencia al acame.....	25
3.9.5	Número de tallos efectivos y no efectivos a la cosecha.....	26

3.9.6	Longitud de la panícula	26
3.9.7	Cantidad de ramificaciones por panícula	27
3.9.8	Granos llenos, granos vanos y totales por panícula	27
3.9.9	Peso de 1000 granos	27
3.9.10	Rendimiento por hectárea	28
3.9.11	Presencia de plagas	28
3.9.12	Calidad molinera	28
3.9.13	Ingreso neto	29
	DISEÑO EXPERIMENTAL Y CROQUIS DE LAS PARCELAS	29
3.10	MODELO ESTADÍSTICO	29
3.11	ANÁLISIS DE DATOS	30
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1	ÍNDICE DE MACOLLAMIENTO	31
4.2	ALTURA DE PLANTAS	33
4.2.1	Altura en la fase de máximo macollamiento	33
4.2.2	Altura en la fase de primordio floral	35
4.2.3	Altura medida en la fase de cosecha	36
4.3	LONGITUD DE PANÍCULAS	38
4.4	GRANOS LLENOS POR PANÍCULA	40
4.5	GRANOS VANOS POR PANÍCULA	41
4.6	NÚMERO TOTAL DE GRANOS POR PANÍCULA	42
4.7	NUMERO DE RAMIFICACIONES POR PANÍCULA	43
4.8	PESO DE 1000 GRANOS	44
4.9	RENDIMIENTO (TON/HA)	45
4.10	CALIDAD MOLINERA	48
4.10.1	Rendimiento pilada (%)	48
4.10.2	Rendimiento Grano entero (%)	49
4.10.3	Grano Quebrado Grueso (%)	50
4.10.4	El rendimiento de puntilla (%)	52
4.11	INGRESO NETO	54
4.12	TALLOS EFECTIVOS A LA COSECHA	55
4.13	TALLOS NO EFECTIVOS A LA COSECHA	56
4.14	PLAGAS	56
4.14.1	Rhinchosporium	56
4.14.2	Rhizoctonia	57
4.14.3	Piricularia	57
4.14.3.1	Piricularia en hoja	57
4.14.3.2	Piricularia al cuello	57
4.14.4	Helminthosporium	57
4.14.5	Sarocladium	57
4.14.6	Sogata – Hoja Blanca	57
4.14.7	Grano manchado	58
4.14.8	Acaro	58
4.15	RESISTENCIA AL ACAME	58
5	CONCLUSIONES	60
6	RECOMENDACIONES	62
7	BIBLIOGRAFÍA	63
8	ANEXOS	66

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1.	Características del material promisorio Ip-5.....	21
2.	Tratamientos empleados para desarrollar el ensayo, combinación de tres niveles de densidad de siembra y cinco niveles de nitrógeno.....	23
3.	Insecticidas, edad de aplicación y dosis, usados durante el desarrollo del presente estudio, pococí, 2010.	24
4.	Distribución al azar de las unidades experimentales, en un diseño irrestricto al azar en parcelas divididas en arreglo factorial 3x5, 15 tratamientos con 3 repeticiones, pococí, 2010.	29

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1.	Panícula de arroz, su longitud y características adyacentes.....	27
2.	Índice de macollamiento (m^2) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes densidad de siembra (qq/ha), pococí, 2010.....	32
4.	Altura al máximo macollamiento (cm) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de densidad de siembra (qq/ha), pococí, 2010.....	34
5.	Altura al máximo macollamiento (cm) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno (kg/ha), pococí, 2010.....	34
6.	Altura al inicio del primordio floral (cm) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de densidad de siembra (qq/ha), pococí, 2010.....	35
7.	Altura al inicio del primordio floral (cm) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno (kg/ha), pococí, 2010.....	36
8.	Altura a la cosecha (cm) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de densidad de siembra (qq/ha), pococí, 2010.....	37
9.	Altura a la cosecha (cm) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno (kg/ha), pococí, 2010.....	37
10.	Longitud de panículas (cm) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de densidad de siembra, pococí, 2010.....	39
11.	Longitud de panículas (cm) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno, pococí, 2010.....	39
12.	Granos llenos (cantidad/panícula) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de densidad de siembra, pococí, 2010.....	40
13.	Granos vanos (cantidad/panícula) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.....	41
14.	Granos vanos (cantidad/panícula) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.....	41
15.	Granos totales (cantidad/panícula) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de densidad de siembra, pococí, 2010.....	42
16.	Numero de ramificaciones (cantidad/panícula) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de densidad de siembra, pococí, 2010.....	43
17.	Numero de ramificaciones (cantidad/panícula) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno, pococí, 2010.....	44
18.	Rendimiento (ton/ha) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de densidad de siembra, pococí, 2010.....	47
19.	Rendimiento (ton/ha) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno, pococí, 2010.....	47
20.	Rendimiento de pilada (%) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno, pococí, 2010.....	49

21. Rendimiento de grano entero (%) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de densidad de siembra, pococí, 2010.	50
23. Rendimiento quebrado grueso (%) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de densidad de siembra, pococí, 2010.	51
24. Rendimiento quebrado grueso (%) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno, pococí, 2010.....	52
25. Grafico de interacción de los factores densidad de siembra y dosis de nitrógeno, particionado por densidad de siembra, pococí, 2010.	53
26. Ingreso (colones/ha) obtenido por la venta en la industria del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.....	54
27. Cantidad de tallos efectivos por m ² del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno, pococí, 2010.....	56

LISTA DE CUADROS ANEXO A

Cuadro	Título	Página
1a.	Análisis de varianza para el índice de macollamiento del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.	66
2a.	Análisis de varianza para la altura al máximo macollamiento del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.....	66
3a.	Análisis de varianza para la altura al inicio del primordio floral del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.....	66
4a.	Análisis de varianza para la altura a la cosecha del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.....	67
5a.	Análisis de varianza para la longitud de panículas del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010....	67
6a.	Análisis de varianza para la cantidad de granos llenos del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.....	67
7a.	Análisis de varianza para la cantidad de granos vanos del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.....	68
8a.	Análisis de varianza para la cantidad de granos totales del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.....	68
9a.	Análisis de varianza para el número de ramificaciones por panícula del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.....	68
10a.	Análisis de varianza para el rendimiento (ton/ha) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.	69
11a.	Análisis de varianza para el peso de 1000 granos (g) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.....	69
12a.	Análisis de varianza para el rendimiento de pilada (%) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.....	69
13a.	Análisis de varianza para el rendimiento de entero (%) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.....	70
14a.	Análisis de varianza para el rendimiento de quebrado grueso (%) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.....	70
15a.	Análisis de varianza para el rendimiento de puntilla (%) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.....	70

16a. Análisis de varianza para el numero de tallos efectivos del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.....	71
17a. Análisis de varianza para el numero de tallos no efectivos del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, pococí, 2010.....	72

LISTA DE CUADROS ANEXO B

Cuadro	Título	Página
1b.	Contrastes para el índice de macollamiento del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (ba) y nitrógeno (bb), pococí, 2010.....	72
2b.	Contrastes para la altura al máximo macollamiento del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (ba) y nitrógeno (bb), pococí, 2010.	73
3b.	Contrastes para la altura al inicio del primordio floral del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (ba) y nitrógeno (bb), pococí, 2010.	73
4b.	Contrastes para la altura a la cosecha del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (ba) y nitrógeno (bb), pococí, 2010.....	74
5b.	Contrastes para la longitud de panículas del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (ba) y nitrógeno (bb), pococí, 2010.....	74
6b.	Contrastes para la cantidad de granos llenos del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (ba) y nitrógeno (bb), pococí, 2010.....	75
7b.	Contrastes para la cantidad de granos vanos del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (ba) y nitrógeno (bb), pococí, 2010.....	76
8b.	Contrastes para la cantidad de granos totales del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (ba) y nitrógeno (bb), pococí, 2010.....	76
9b.	Contrastes para el numero de ramificaciones por panícula del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (ba) y nitrógeno (bb), pococí, 2010.....	77
10b.	Contrastes para el rendimiento (ton/ha) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (ba) y nitrógeno (bb), pococí, 2010.....	77
11b.	Contrastes para peso de 1000 granos (g) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (ba) y nitrógeno (bb), pococí, 2010.....	78
12b.	Contrastes para el rendimiento de pilada (%) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (ba) y nitrógeno (bb), pococí, 2010.....	79
13b.	Contrastes para el rendimiento de entero (%) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (ba) y nitrógeno (bb), pococí, 2010.....	79

14b. Contrastes para el rendimiento de quebrado grueso (%) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (ba) y nitrógeno (bb), pococí, 2010.....	80
15b. Contrastes para el rendimiento de puntilla (%) del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (ba) y nitrógeno (bb), pococí, 2010.....	80
16b. Contrastes para la cantidad de tallos efectivos del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (ba) y nitrógeno (bb), pococí, 2010.....	82
17b. Contrastes para la cantidad de tallos no efectivos del material promisorio lp-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (ba) y nitrógeno (bb), pococí, 2010.	83

LISTA DE CUADROS ANEXO C

Cuadro	Título	Página
1c.	Evaluación de enfermedades en los ensayos a los 79 ddg y su respectiva escala de evaluación del ses.	84
2c.	Evaluación de enfermedades en los ensayos a los 100 ddg y su respectiva escala de evaluación del ses.	85
3c.	Evaluación de enfermedades en los ensayos a los 115 ddg y su respectiva escala de evaluación del ses.	86
4c.	Evaluación de ácaros (individuos por tratamiento) en los ensayos a los 94 ddg y su respectiva escala de evaluación del ses.	86
5c.	Resultado del análisis químico de suelo en el terreno donde se llevó a cabo el estudio, pococí, 2010.	87

LISTA DE FIGURAS ANEXO D

Figura	Título	Página
1d.	Parcela cosechada y bordes no utilizados para reducir el efecto de borde, pococí, 2010.....	87
2d.	Emergencia de las plántulas a las 7 ddg, pococí, 2010.	87
3d.	Inicio del primordio floral, pococí, 2010.	88
4d.	Maduración del grano, pococí, 2010.	88
5d.	Resultado del análisis de textura del suelo en donde se llevó a cabo el estudio, pococí, 2010.	89

RESUMEN

Víctor Manuel Gutiérrez Román. EVALUACIÓN DE CINCO NIVELES DE NITROGENO EN TRES DENSIDADES DE SIEMBRA, SOBRE EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO E INDUSTRIAL DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa*, L) MATERIAL PROMISORIO “LP-5”

El presente trabajo de investigación se realizó en la estación experimental que tiene bajo arrendamiento la Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ) y que es propiedad del Consejo Nacional de la Producción (CNP), provincia Limón, cantón Pococí. Durante el periodo que comprende entre junio y octubre del 2010. El objetivo fue evaluar el efecto de cinco niveles de nitrógeno y tres densidades de siembra sobre el comportamiento agronómico, productivo e industrial de arroz, (*Oryza sativa*, L) material promisorio. LP-5. Se utilizó el diseño irrestricto al azar en parcelas divididas en un arreglo factorial 3 x 5 con 3 repeticiones. Los factores fueron nitrógeno (0, 40, 80, 120 y 160 Kg/ha) y densidad de siembra (2, 2.5 y 3 qq/ha). Todas las evaluaciones se hicieron de acuerdo a los procedimientos que maneja CONARROZ y la escala del SES (Sistema de Evaluación Estándar).

Al aumentar la densidad de siembra se redujo el índice de macollamiento, disminuyó la altura al máximo macollamiento, al inicio del primordio floral y a la cosecha, también se redujo la longitud de panícula, los granos llenos y total de granos por panícula, el número de ramificaciones por panícula. También se disminuyó el rendimiento de arroz en granza por hectárea, el rendimiento de grano entero y el ingreso. Del mismo modo, cuando se aumentó la densidad de siembra aumentó el porcentaje de grano quebrado grueso

Al ser aumentada la fertilización nitrogenada se aumentó el índice de macollamiento, aumentó la altura al máximo macollamiento, al inicio del primordio floral y a la cosecha; en esta última hasta alcanzar una constante a los 80 Kg/ha. Aumentó la longitud de panícula, el número de ramificaciones por panícula hasta un máximo de 80 Kg/ha de nitrógeno, luego el número de ramificaciones tiende a disminuir. Además, aumenta el rendimiento en grano, el rendimiento de pilada, el rendimiento de grano entero, el ingreso, el número de tallos efectivos hasta 120 kg/ha y disminuye en 160 kg/ha. Al aumentar la fertilización nitrogenada se redujo el porcentaje de grano quebrado grueso. En general el material fue poco afectado por las plagas evaluadas. La densidad de 2 qq/ha y 40 kg/ha de nitrógeno presentó tallos débiles. La densidad de 2,5 qq/ha con 80, 120, 160 kg/ha de nitrógeno presentaron tallos débiles. 0 y 40 kg/ha presentaron tallos moderadamente fuertes. La densidad de 3 qq/ha con 0 hasta 120 kg/ha de nitrógeno presentaron tallos moderadamente fuertes, 160 kg/ha de nitrógeno presentó tallos moderadamente débiles.

Palabras claves: arroz, nitrógeno, densidad de siembra, panícula, granos, rendimiento, calidad molinera.

ABSTRACT

Víctor Manuel Gutiérrez Román FIVE LEVELS NITROGEN EVALUATION IN THREE SOWING DENSITIES OVER THE AGRONOMICAL AND INDUSTRIAL RICE CROP BEHAVIOR (*ORYZA SATIVA*, L) PROMISSORY MATERIAL LP-5.

The present investigation work was done at experimental station rented by Corporacion Arroceria Nacional (CONARROZ) property of National Advice of Production (CNP), province Lemon, canton Pococí. Between June and October, 2010. The objective was to review the effect of the five levels nitrogen evaluation in three sowing densities over the agronomical and industrial rice crop behavior.

The design used unrestricted at random in plots divided in an arrangement factorial 3 x 3 with 3 repetitions. The factors were nitrogen (0, 40, 80, 120 y 160 Kg/ha) and density of sowing (2, 2.5 y 3 qq/ha). All the evaluations were done in agreement to the procedures that there handles CONARROZ and the scale of the SES (System of Standard Evaluation)

By increasing the plant density, the tillering index was reduced, the height decrease at maximum tillering, in floral primordium beginning and in the harvest, also the panicle length was reduced, filled grains and total of grains in the panicle and number of spikelet per panicle. Also was decreased the yield of paddy per hectare and the yield of the whole grain. In the same way, when it increased the sowing density, increased the broken thick grain.

By increase the nitrogen fertilization, the tillering index increased, the height increased at maximum tillering, in floral primordium beginning and in the harvest, the latter to reach a constant at 80 kg/ha. Increased the panicle length, the number of spikelet per panicle up to a maximum Nitrogen of 80 kg/ha, then number of spikelet tend to decrease. Besides increase the yield of the grain and the whole grain, the entry, the number of effective stems up to 120 kg/ha and decrease in 160 kg /ha. By increase the nitrogen fertilization, the broken thick grain decreased. Material was generally unaffected by evaluated pests. The 2 qq/ha density and nitrogen 40 kg/ha stems are weak. The 2.5 qq/ha density with nitrogen 80, 120, 160 kg/ha stems are weak also. 0 y 40 kg/ha stems are moderately strong. The 3 qq/ha with nitrogen 0 to 120 kg/ha stems are moderately strong, nitrogen 160 kg/ha stems moderately strong.

Key words: Rice, nitrogen, density of sowing, panicle, grains, performance, mill quality.

1 INTRODUCCIÓN

El cultivo del arroz (*Oryza sativa*) comenzó hace casi 10.000 años, en regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz debido a que en ella abundaban los arroces silvestres. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo (Infoagro 2010)

El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, además es el más importante del mundo cuando se considera la extensión de la superficie en que se cultiva. Igualmente, el arroz proporciona empleo al mayor sector de la población rural de la mayor parte de Asia, pues es el cereal típico del Asia meridional y oriental, aunque también es ampliamente cultivado en África y en América (Infoagro 2010).

La alimentación de Costa Rica es a base de granos, principalmente el arroz, nuestro país está catalogado entre los principales países consumidores de este grano en América Latina, para el periodo 2009-2010 se presentó un consumo per cápita de 50.98 kg, para un total de 231.256 toneladas de grano pilado. Las áreas sembradas en nuestro país no superan las 42.931 hectáreas en la primera siembra y 23.484 en la segunda, con ello el país posee una producción de arroz que ronda las 250.849 toneladas en granza secas y limpias, por lo tanto la falta de este grano es suplido mediante las importaciones, estas alcanzaron la suma de 123.885 toneladas en granza y 12.194 toneladas de arroz pilado (Conarroz 2011).

La producción de arroz en Costa Rica está recargada en un 60% sobre la variedad Palmar 18, dicha variedad en el 2004 tuvo problemas con la aparición del ácaro del vaneo del arroz (*Steneotarsonemus spinki*) y algunos fenómenos naturales como El Niño y La Niña, estos acontecimientos han llevado a la introducción de nuevas variedades al sector arrocero, que se adapten a las condiciones que rigen en el país. Es por ello que la Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ) realiza investigaciones con variedad LP-5, procedente de Cuba. La variedad LP-5 se ha reportado con características de alto rendimiento de campo, resistencia a plagas, calidad molinera y calidad culinaria sobresalientes (Vega 2009).

Por ser una variedad de reciente introducción en Costa Rica (año 2003), es necesario obtener información respecto al manejo nutricional, es por ello que se planteó estudiar la respuesta de la variedad LP-5 a la fertilización con nitrógeno y dar una orientación en el futuro a los agricultores sobre la fertilización nitrogenada.

1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de cinco niveles de nitrógeno y tres densidades de siembra sobre el comportamiento agronómico, productivo e industrial de arroz, (*Oryza sativa*, L) material promisorio LP-5.

1.2 *Objetivos específicos*

- Evaluar el efecto de la densidad de siembra y los niveles de nitrógeno, sobre las variables agronómicas índice de macollamiento, altura de planta y la resistencia al volcamiento, tallos efectivos y no efectivos del material promisorio LP-5.
- Evaluar el efecto de la densidad de siembra y los niveles de nitrógeno, sobre los componentes del rendimiento del material promisorio LP-5.
- Evaluar el efecto de la densidad de siembra y los niveles de nitrógeno, sobre la calidad molinera del material promisorio LP-5.
- Evaluar el efecto de la densidad de siembra y los niveles de nitrógeno, sobre la resistencia a las principales plagas del material promisorio LP-5
- Evaluar el ingreso neto para cada tratamiento

1.3 *Hipótesis técnica*

A medida que se aumenta la dosificación de nitrógeno y la densidad de siembra, se espera una mayor respuesta en las variables de producción y calidad molinera.

2 REVISION DE LITERATURA

2.1 Fertilización con Nitrógeno

Para el crecimiento del cultivo del arroz, el nitrógeno es el nutriente más limitante, porque casi todos los suelos son deficientes de este elemento. El nitrógeno que absorben las plantas es obtenido de las siguientes fuentes:

1) La materia orgánica descompuesta y la mineralización de nitrógeno, 2) fertilizantes químicos, 3) fijación de nitrógeno de la atmosfera por las algas y 4) la lluvia. Para el productor las dos primeras son las más importantes, principalmente el segundo, esto por la inversión de dinero que requiere. En los sistemas de siembra de Costa Rica, hay indicaciones de que las entradas de nitrógeno en el sistema son insignificantes, por lo cual, el problema es conservar el nitrógeno mineralizado de la materia orgánica del suelo y mejorar la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados (Cordero 1993).

El nitrógeno es el elemento posiblemente de mayor influencia en los rendimientos, además en la mayor parte de los casos se le considera como un factor limitante en la producción. Sin embargo a veces se ha encontrado un efecto negativo, la correlación lineal obtenida en 20 países, indica un promedio mundial de aumento en el rendimiento de 12,7Kg de arroz en cáscara por cada Kg de nitrógeno aplicado (Doyle, 1966. Citado por CIAT 1985).

2.1.1 Pérdidas de nitrógeno en el suelo

Según CIAT (1985), el nitrógeno en el suelo se puede perder de cuatro formas:

- Lixiviación

El movimiento de agua en el suelo está directamente relacionado con la lixiviación de nitratos y la cantidad perdida de nitrógeno depende de los siguientes factores:

- ✚ La forma y cantidad del nitrógeno presente o aplicado
- ✚ La cantidad y duración de las lluvias
- ✚ La velocidad de infiltración y percolación en los suelos
- ✚ La capacidad que tiene el suelo para retener el agua y la cantidad de humedad presente cuando se presenta la lluvia
- ✚ La presencia o no de cultivo y el tipo de cultivo
- ✚ La intensidad de la evaporación y el grado de movimiento ascendente de los nitratos durante los periodos de sequia
- Denitrificación

Es la reducción biológica que realizan varias bacterias anaeróbicas facultativas de nitratos o nitritos a nitrógeno gaseoso, el mismo pasa a la atmosfera.

- Volatilización del amonio

Debido al aumento de las dosis de los fertilizantes nitrogenados, a la utilización de soluciones de amonio en lugar de sales de amonio (fuente sólida) y al favoritismo del uso de la urea.

- Erosión y escorrentía

La erosión es un proceso degradativo que reduce la capacidad productiva del suelo (Adema 2001)

La escorrentía conduce a la pérdida del nitrógeno de la interacción suelo-planta, provocando una condición de deficiencia en el cultivo y la degradación de la calidad del agua (De la Casa et al 2003).

2.1.2 Funciones del nitrógeno

En el arroz las principales funciones del nitrógeno son las siguientes (Cordero 1993):

- ✓ Dar el color verde a las plantas.
- ✓ Estimular el rápido desarrollo de las plantas, aumentando la altura y el número de hijos, que incide directamente en el incremento del rendimiento del grano.

- ✓ Aumentar el tamaño de las hojas y de los granos.
- ✓ Aumentar el contenido de proteína en los granos.
- ✓ Mejorar la calidad del cultivo.
- ✓ Suplir el nitrógeno a los microorganismos, mientras que estos descomponen los materiales orgánicos bajos en nitrógeno.

2.1.3 Cantidad de nitrógeno por aplicar en el cultivo

El requerimiento de nitrógeno por el cultivo, se estima de varias formas:

- ✓ Utilizando los síntomas visuales del cultivo
- ✓ Con ayuda de los análisis foliares de las plantas, la concentración, absorción y extracción de nitrógeno en diferentes etapas de crecimiento y en especial a la cosecha.
- ✓ Por medio de análisis de suelos.
- ✓ Observando la respuesta del arroz en rendimiento de grano a las aplicaciones de nitrógeno.

Generalmente, es posible decir que las variedades de arroz en Costa Rica responden positivamente al nitrógeno, en un rango que va de 80 a 180Kg/N/ha. El rango depende principalmente de la variedad y del sistema de cultivo (Cordero 1993).

2.1.4 Factores que afectan la respuesta al Nitrógeno

2.1.4.1 Condiciones edáficas

La eficiencia de la aplicación de nitrógeno está afectada por los factores: contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH, contenido de sales, deficiencia o exceso de otros nutrientes. Ramírez (1979), citado por CIAT (1985), concluyó que la respuesta inicial del arroz fue mayor en niveles bajos de materia orgánica, en comparación con niveles medios y altos.

Sánchez (1972), citado por CIAT (1985) la característica que más afecta la respuesta del nitrógeno en el suelo es la CIC, entre más alta sea la CIC, mayor capacidad tiene el suelo para proveer y retener el amonio.

Conforme el pH aumenta, se amplían las pérdidas de amonio por volatilización. Cualquier dosis de nitrógeno donde los suelos son salinos, los rendimientos son menores en comparación de los suelos no salinos (CIAT 1985).

La respuesta al nitrógeno es afectada por algunos nutrientes tales como fósforo, potasio, calcio y magnesio (CIAT 1985).

2.1.4.2 Condiciones climáticas

Los factores climáticos afectan el crecimiento de dos maneras y con ello la absorción del nitrógeno y en el rendimiento del arroz. Afectan de forma directa los procesos fisiológicos relacionados con la producción (crecimiento vegetativo, formación de los órganos de almacenamiento y llenado de los granos). Asimismo afecta directamente el rendimiento al beneficiar la incidencia de enfermedades, insectos y malezas (CIAT 1985).

2.1.4.2.1 Radiación solar

Al utilizar una variedad con un buen tipo de planta y el abastecimiento de agua es apropiado, la plantación debe recibir suficiente radiación solar durante el periodo de reproducción para alcanzar respuesta al nitrógeno (CIAT 1985).

La tasa fotosintética depende de la energía solar recibida, y está relacionado con el aumento del contenido de biomasa desde el inicio de la panícula hasta la cosecha y se ve reflejado con la producción de grano (De Datta et al, 1968).

2.1.4.2.2 Temperatura

El efecto que tiene la temperatura en la absorción de nutrimentos por medio de las raíces, depende de la edad de la planta y la duración del periodo de alta o baja temperatura. Esta afecta tanto la acumulación de amonio como la denitrificación. Las temperaturas bajas disminuyen la cantidad de nutrientes tomados por las raíces de las plantas, a pesar de ello, el mayor efecto de las temperaturas bajas extremas, es debida al daño por el frio y no por deficiencia de nitrógeno. La fertilización con nitrógeno posee efectos sobre la esterilidad, a temperaturas moderadamente bajas (16°C), el porcentaje de esterilidad crece, al aumentar la dosis de nitrógeno (CIAT 1985).

2.1.4.3 Variedad de arroz

Las variedades modernas de alto rendimiento cuando crecen en suelos fértiles no dependen únicamente de los fertilizantes nitrogenados, pero si requieren de un buen manejo de cultivo para superar las variedades tradicionales (CIAT 1985).

2.1.4.3.1 Características foliares

Las variedades con alta respuesta a la fertilización con nitrógeno, el aumento del índice de área foliar (IAF) es debido principalmente al aumento del número de macollos y por lo cual aumenta el número de hojas. El espaciamiento foliar depende de características importantes de la hoja como el ángulo de inclinación con respecto al tallo y la curvatura que forma al expandirse. En los niveles altos de nitrógeno el IAF tiende a aumentar, también aumenta la autosombra entre las hojas y el coeficiente de extinción de luz disminuye y las hojas sombreadas reducen su capacidad fotosintética; situación que sucede con las variedades de gran crecimiento en la etapa vegetativa, producen mucha área foliar e inutilizan su capacidad para producir biomasa después de la floración y por efecto de la autosombra de las hojas, disminuyen su rendimiento en grano (CIAT 1985).

2.1.4.3.2 Altura de la planta y resistencia al volcamiento

Estudios hechos en el IRRI señalan la existencia de una estrecha correlación entre la altura de planta y la relación entre el peso de los granos y el peso total de la planta. Las variedades de gran crecimiento presentan un bajo índice de cosecha y cuando son dosificadas con nitrógeno, aumenta la altura y disminuye esta relación. Las variedades enanas y semienanas tienen una mejor respuesta en rendimiento de grano a la fertilización con nitrógeno (CIAT 1985).

El sobrecrecimiento de los entrenudos hace que las plantas sean vulnerables al volcamiento, este corta la transmisión de luz, la fotosíntesis y el transporte de nutrientes, genera esterilidad, baja respuesta al nitrógeno y reduce el rendimiento (CIAT 1985).

2.1.4.3.3 Capacidad de macollamiento

La cantidad de panículas por unidad de superficie, depende del número de tallos efectivos a la floración. Las variedades que tienen alta respuesta al nitrógeno, en los primeros estados de crecimiento tienen menos competencia por luz y el número de panículas aumenta al incrementar la dosis de nitrógeno (CIAT 1985).

Según Tanaka et al (1964), citado por CIAT (1985); el número de hijos se aumenta con la aplicación de nitrógeno (0-120 Kg/ha). Cuando se usan altas dosis de nitrógeno, la siembra de variedades de baja capacidad de macollamiento se debe hacer a altas densidades y viceversa (CIAT 1985).

2.1.4.3.4 Duración del ciclo de vida

Se ha demostrado que la duración del ciclo de vida además de afectar el rendimiento en grano, también afecta otras características relacionadas con el rendimiento (peso de la planta, relación grano paja, la respuesta al nitrógeno, altura de la planta, el IAF, entre otros). Para los trópicos se considera que el ciclo de vida óptimo es de 120-140 días. Las variedades nuevas que alcanzan la floración entre los 85 y 90 días, normalmente dan mayor rendimiento de grano al aplicárseles altas dosis de nitrógeno; la relación grano/paja y el índice de cosecha, disminuyen conforme aumentan los días a la floración y es más notorio al aplicar nitrógeno (CIAT 1985).

2.1.4.4 Manejo del cultivo

Una planta puede no alcanzar la máxima eficiencia cuando se le aplica nitrógeno, por las siguientes:

- El cultivo puede tomar el fertilizante y no ser utilizado en la producción del grano debido a la incidencia de factores que limitan el crecimiento tales como la poca disponibilidad de agua, luz o la falta de otro nutrimento diferente al nitrógeno.
- El fertilizante no puede ser tomado por las plantas si se aplica en un lugar equivocado o a destiempo o si las condiciones de suelo lo hacen no asimilable temporalmente.

Las prácticas del cultivo que modifican la respuesta al nitrógeno incluyen: el sistema de cultivo, la densidad de siembra y el control de malezas, plagas y enfermedades (Datta et al 1968).

2.1.4.4.1 Sistema de cultivo

El sistema de cultivo en seco o riego es de los factores que más afecta la eficiencia del nitrógeno, en el sistema inundado se frena la propagación del oxígeno, estableciendo condiciones para que el nitrógeno beneficie el arroz (CIAT 1985).

2.1.4.4.2 Densidad de siembra

La aplicación de nitrógeno amplía el número de hijos, teniendo así efecto en la densidad. Cuando no se hace aplicación de nitrógeno, el aumento de los rendimientos se logra aumentando la densidad de siembra, para compensar el escaso macollamiento. Por lo tanto, conforme se aumenta la densidad de siembra y la dosis de nitrógeno, el rendimiento aumenta hasta alcanzar un máximo (CIAT 1985).

2.1.4.4.3 Control de plagas

Se ha comprobado que la aplicación de nitrógeno, sin un control adecuado de malezas, disminuye los rendimientos; además el control de malezas e insectos sin la aplicación de nitrógeno, provoca pequeños aumentos en el rendimiento (CIAT 1985).

2.1.4.5 Manejo de la fertilización en arroz

2.1.4.5.1 Fuentes de nitrógeno

Investigaciones realizadas por el MAG, demuestran que no existen diferencias con el uso de las tres principales fuentes de nitrógeno (Urea, Sulfato de amonio y Nitrato de amonio); el uso de alguna de ellas dependerá de aspectos económicos, ya que agrónomicamente se comportan igual bajo condiciones de arroz de secano y si hay diferencias son menores que en el arroz de riego (Cordero 1993). La eficiencia en el uso de la Urea y el Sulfato de amonio se afecta por las propiedades del suelo y el método de aplicación (CIAT 1985).

La principal fuente de nitrógeno para el cultivo del arroz es la Urea, pero los problemas de uso incluyen, su descomposición por la enzima ureasa a amonio y dióxido de carbono, su aumento en forma temporal en el pH, lo que conlleva a la pérdida por volatilización de nitrógeno en forma de gas que ronda entre 40 y 80% (CIAT 1985).

En la actualidad se han elaborado nuevas formas de Urea clasificadas como: granulares y de lenta liberación; esta última de dos clases:

Compuestos químicos con tasas lentas de disolución per se.

Fertilizantes convencionales recubiertos para disminuir la tasa de disolución.

Los fertilizantes de lenta liberación suministran a la planta la cantidad de nitrógeno que necesita en cada etapa de crecimiento (CIAT 1985).

La Urea recubierta con azufre ha brindado rendimientos más altos en comparación con la Urea normal (CIAT 1985).

2.1.4.5.2 Época de aplicación

El cultivo de arroz alcanza una eficiencia de absorción cercana al 33%, por lo cual para mejorar esa eficiencia se recomienda hacer de 2-4 aplicaciones (Cordero 1993).

Cuando las aplicaciones de los fertilizantes nitrogenados se hacen divididas, se obtienen mayores rendimientos que cuando se hace sola aplicación de todo el fertilizante (Datta 1986).

Según Cordero (1993), las épocas más recomendables para hacer la aplicación son en la siembra, en el macollaje y al inicio de la panícula. Mientras que CIAT (1985), recomienda hacer la aplicación de nitrógeno en las dos últimas épocas mencionadas anteriormente.

2.1.4.5.2.1 En la siembra

Debido a la poca o nula absorción por parte de las plántulas de arroz, no es aconsejable hacer la fertilización a la siembra (Cordero 1993).

2.1.4.5.2.2 En el macollaje

Es importante aplicar el nitrógeno al inicio del ahijamiento, esto es en el estado de plántula, es decir cuando la planta tiene cuatro hojas. Esta fertilización también se puede fraccionar en dos durante esta etapa fenológica, y la segunda se puede realizar a la mitad del macollamiento, momento en el cual hay desarrollo activo de los hijos (Cordero 1993).

2.1.4.5.2.3 En el inicio de la panícula

Esta aplicación se refleja en el rendimiento y produce que la mayoría de los hijos formados lleguen a ser productivos, se recomienda aplicar de 50 – 60% del nitrógeno total (Cordero 1993).

En esta etapa, la planta toma el nitrógeno que se encuentra almacenado en las láminas y vainas de las hojas, para dar inicio a su translocación, de esta manera la mitad del nitrógeno almacenado va a los granos, mientras la otra mitad es absorbida por la planta durante la formación de los granos (CIAT 1985).

2.1.4.5.3 Cantidad de nitrógeno que se debe aplicar

La determinación de la cantidad adecuada a aplicar no es fácil de establecer, para ello se recomienda realizar experimentos de campo que combinen variedad-nitrógeno-densidad en cada una de las regiones y en diferentes épocas de siembra (CIAT 1985).

2.1.4.6 Deficiencias nutricionales

2.1.4.6.1 Deficiencia de nitrógeno

En Costa Rica es muy frecuente observar deficiencias de nitrógeno en el cultivo de arroz, especialmente a causa de los productores cuando no hacen uso eficiente de este elemento, durante la labor de fertilización. Actualmente la deficiencia es más notoria debido a la utilización de variedades altamente productoras y con muy alta respuesta a la fertilización nitrogenada (Cordero 1993).

De Datta (1981), citado por Cordero (1993), menciona las siguientes deficiencias:

- Crecimiento limitado de las plantas y atrofia.
- Las hojas angostas, pequeñas y erectas, color verde amarillento acorde alcanzan la maduración, mientras las hojas jóvenes conservan un color más verde.
- Las hojas viejas consiguen un color paja claro y mueren

2.1.4.6.2 Deficiencia de fosforo

No es muy frecuente observar deficiencias de fósforo en el cultivo de arroz, debido a que es un elemento de uso continuo en las labores de fertilización, su deficiencia manifiesta una reducción en los rendimientos, donde su presencia es inferior a 5 ppm y no se realiza aplicación del elemento (Cordero 1993).

De Datta (1981), citado por Cordero (1993), menciona las siguientes deficiencias:

- Crecimiento limitado de las plantas y atrofia.
- Las hojas angostas, pequeñas y erectas, color verde oscuro sucio.
- Las hojas jóvenes se mantienen más sanas en comparación con las hojas viejas, estas mueren al tomar un color café.
- Las variedades que producen antocianinas presentan un color rojizo purpura.

2.1.4.6.3 Deficiencia de potasio

Su deficiencia es poco frecuente en el cultivo de arroz; aunado a que el cultivo tiene bajo consumo de este elemento, a excepción de las siembras que se realizan en suelos vertisoles y en suelos con menos de 0,1 meq de K/100g de suelo.

De Datta (1981), citado por Cordero (1993), menciona las siguientes deficiencias:

- Poca capacidad para formar hijos y además las plantas se atrofian.
- Hojas color verde oscuro, pequeñas y senescentes.
- Se forman panículas largas y delgadas.
- Cuando existe desproporción enorme entre el nitrógeno y el potasio, se podría observar síntomas de marchitamiento.

2.2 Etapas de desarrollo de la planta de arroz

Según CIAT (1985), el cultivo de arroz se divide en tres fases: vegetativa, reproductiva y maduración

2.2.1 Fase vegetativa

Desde la germinación de la semilla, hasta el comienzo de la diferenciación de la panícula (CIAT 1985) y comprende las etapas siguientes.

2.2.1.1 Germinación a emergencia (Etapa 0)

Desde la siembra hasta que se da la aparición de la primera hoja, esta etapa puede tener una duración de aproximadamente 5 – 10 días, dependiendo de la humedad y de la profundidad de siembra.

2.2.1.2 Plántula (Etapa 1)

Abarca desde la emergencia hasta antes de aparecer la primer macolla, en esta etapa emergen cuatro hojas, muriendo la primer hoja al día doce de la emergencia.

2.2.1.3 Macollamiento (Etapa 2)

Desde que se da la aparición del primer hijo hasta que se alcanza la máxima aparición ellos (máximo macollamiento). Este es el estado más largo y puede tardar de 45 – 50 días. Una forma de incrementar el número de macollas es realizando fertilización con nitrógeno y fosforo. Cuando se aumenta el número de plántulas por ha, cada planta reduce su capacidad de macollamiento.

2.2.1.4 Elongación del tallo (Etapa 3)

Comprende desde el inicio de la elongación del cuarto entrenudo del tallo principal por debajo de la inflorescencia y finaliza cuando se da la iniciación de la panícula.

2.2.2 Fase reproductiva

Desde el inicio de la panícula y la floración, hasta la maduración.

2.2.2.1 Iniciación de la panícula (Etapa 4)

En esta etapa se marca el fin de la fase vegetativa y el inicio de la fase reproductiva, se da la diferenciación del meristemo en el punto de crecimiento, de esta forma se marca el primordio de la panícula.

2.2.2.2 Desarrollo de panícula (Etapa 5)

Desde el momento en que se puede observar la panícula, hasta el momento en que la punta de la panícula está por debajo del cuello de la hoja bandera. La panícula al alcanzar una longitud de 5cm inicia la diferenciación de las espiguillas.

2.2.2.3 Floración (Etapa 6)

Se marca con la salida de la panícula de la vaina de la hoja bandera y continuamente se da la anthesis de las flores en el tercio superior de la panícula. Vientos cálidos, secos y húmedos, perturban gravemente la fecundación de los estigmas, disminuyendo el rendimiento.

2.2.2.4 Estado lechoso (Etapa 7)

Ocurre después de la fertilización de las flores, los carbohidratos son translocados para llenar el grano con un líquido lechoso, este líquido puede ser expulsado a presión por los dedos.

2.2.2.5 Estado pastoso (Etapa 8)

El grano cambia su consistencia primero a pastosa suave y aproximadamente a los 15 días endurece, el color pasa a verdoso amarillento. Los granos aumentan su peso.

2.2.3 Fase Maduración

Desde la floración hasta alcanzar por completo la madurez

2.2.3.1 Maduración (Etapa 9)

Esta etapa se alcanza a los 30 días después de la floración, la planta completa logra la madurez fisiológica, cuando el 90% de los granos están maduros y presentan color amarillo pajizo.

2.3 Requerimientos climáticos

2.3.1 Precipitación

La mayor parte de los países tropicales debe coordinar la siembra con la estación lluviosa, ya que tienen gran dependencia de la precipitación pluvial (Grist 1982). En el arroz de secano, el agua de lluvia es la única fuente de agua que tiene la planta para su crecimiento, desarrollo y producción. Para lograr el éxito es tan importante la cantidad como la distribución de la lluvia. Es necesario hacer coincidir las épocas de mayor precipitación con ciertos periodos de crecimiento como germinación, macollamiento y la fase reproductiva; mientras que para la preparación del suelo y la cosecha, la precipitación menor. La necesidad de precipitación depende de la evapotranspiración y la percolación del suelo. Diariamente es necesario de 5 a 10 mm de lluvia y de 150 a 300 mm mensuales (Murillo y González 1982).

2.3.2 Humedad Relativa

Es de mucha importancia en la evaporación y la transpiración; afecta la apertura de las glumelas y el desarrollo de enfermedades, cuando es mayor a 90% beneficia la incidencia de *Pyricularia* (Murillo y González 1982).

2.3.3 Radiación solar

Es la fuente de energía para el proceso de fotosíntesis, se ha investigado que las mayores cosechas y la respuesta al nitrógeno, tienen una estrecha relación con la cantidad de energía en la fase reproductiva y maduración, por lo tanto, cuando la energía solar es alta, la tasa fotosintética se eleva, de igual forma se elevan los rendimientos (Murillo y González 1982).

2.3.4 Longitud del día (Fotoperiodo)

Es de los principales factores que inciden en el desarrollo de las plantas de arroz, pero no se comporta como se usan variedades resistentes a los cambios en el fotoperiodo (Murillo y González 1982).

2.3.5 Viento

Es la principal causa de volcamiento y pérdida de grano; además en la época de polinización son causantes de esterilidad, también disminuyen el crecimiento del grano por el daño mecánico en la superficie (Murillo y González 1982).

2.3.6 Temperatura

Es uno de los elementos más limitantes, aumentos o reducciones de la temperatura pueden incidir fuertemente en el rendimiento del grano. En las zonas arroceras del país no se tienen problemas con la temperatura, ya que las fluctuaciones son bajas (Murillo y González 1982).

En la fase reproductiva las bajas temperaturas aumentan la esterilidad y reducen el número de flores por panojas. Después de la floración una reducción de la temperatura, tiende a aumentar los rendimientos de grano (Murillo y González 1982).

La temperatura en la germinación debe ser entre 30 y 35 °C, 32 a 34 °C en el macollamiento, en la floración de 30 a 32 °C, en la maduración del grano de 20 a 22 °C (Murillo y González 1982).

2.4 Características Agronómicas

2.4.1 Habilidad de macollamiento

Jennings (1985) manifiesta que en plantas mejoradas se prefiere un alto macollamiento, esto para lograr una productividad máxima con poblaciones moderadas y densas. Sin embargo a densidades altas de semilla las variedades que macollan profusamente forman pocos tallos por planta, pero darán una producción total más alta que variedades de bajo macollamiento inherente.

2.4.2 Volcamiento o acame

Jennings et al (1981) indica que la resistencia al volcamiento está relacionada principalmente con la poca altura. Tallos cortos y fuertes, más que ningún otro carácter, determinan la resistencia al acame.

2.4.3 Floración y maduración

Según Jennings (1985) el ciclo de vida de la planta de arroz esta generalmente en un rango de 100 a 210 días, con la moda entre 110 a 150 días; variedades con ciclos de 150 a 210 días son usualmente sensibles al fotoperiodo. La mayor parte de las variedades modernas son de maduración intermedia (110 a 135 días) y rinden más que las que maduran precozmente (menor a 110 días) o más tarde (mayor a 135 días).

2.5 Características de rendimiento

El rendimiento de una variedad está en función del potencial de producción, la resistencia a plagas y enfermedades, adaptabilidad al medio y de ciertas prácticas agronómicas utilizadas (Vargas 1985).

2.5.1 Rendimiento de arroz en granza en época de cosecha óptima

El rendimiento en grano del arroz está condicionado por tres factores:

- a. Número de panículas por unidad de superficie.
- b. Número de granos llenos por panícula.
- c. Peso promedio de los granos por panícula.

La distribución de los componentes de rendimiento revela que el número de granos por unidad de superficie contribuye con el 74% del rendimiento y el resto de factores con un 26% (Fernández y Vergara 1985).

Jennings citado por Ruiz (1983) considera que el rendimiento de una variedad de arroz, depende principalmente del tipo de planta y su respuesta a dosis altas de nitrógeno.

2.5.2 Número de panículas por unidad de superficie y granos por panícula

El número de panículas por unidad de superficie, es determinado en gran parte durante la fase vegetativa y depende del número de macollos efectivos formados, nutrición de la planta, agua y densidad de siembra (González et al 1985).

En variedades modernas de arroz, una población adecuada para obtener rendimientos aceptables debe ser superior a 400 panículas por metro cuadrado, con un promedio de 60 o más granos por panícula (Tascón 1985).

2.5.3 Peso del grano

Durante la etapa de maduración se determina el peso medio del grano, plantas con óptimo suministro de nutrimentos en cada fase de crecimiento, con alto índice de área foliar y en condiciones favorables de ambiente producen una buena cantidad de carbohidratos, lo cual a su vez da como beneficio un alto número de granos con un buen peso por panícula (Fernández y Vergara 1985).

Jenning et al (1981) menciona que el peso del grano se expresa como el peso de 1000 granos al 14% de humedad, y que este, varía de 10 a 50 mg por grano (20 – 35 g por mil granos). Se ha demostrado que se pueden aumentar los rendimientos de arroz con las variedades de grano largo y extralargo, ya que poseen mayor capacidad de acumulación de carbohidratos.

2.6 Variedad LP-5

Cuadro 1. Características del material promisorio LP-5

Característica	Descripción
Progenitores	2077/CP1C8
Ciclo del cultivo	corto (alrededor de 110 ddg)
Porte de la planta al final del ahijamiento	Erecta
Color del follaje	verde oscuro
Altura de la planta	66 cm
Peso 1000 granos con cascara (g)	29 g muy alto
Peso 1000 granos sin cascara (g)	22,8 g medio
Granos llenos/panícula	105
Resistencia al acame	Resistente
Resistencia al desgrane	Resistente
Rendimiento potencial en cascara (ton/ha)	8.0
Aptitud para la siembra directa	Apta
Aptitud para la recolección mecanizada	Apta
<i>Pyricularia grisea</i>	Intermedia
<i>Helminthosporium oryzae</i>	Resistente
<i>Cercospora oryzae</i>	Resistente
<i>Tagosodes orizicolus</i>	Intermedia
Dimensión del grano	Largo
Rendimiento de molino	68.5
Porcentaje grano quebrado	11.8%

Fuente: Vega 2009.

ddg: días después de la germinación

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y periodo de evaluación

El terreno experimental se encuentra ubicado en la provincia de Limón, cantón Pococí, distrito La Rita, caserío del Leesville, se encuentra en la Latitud 10°16'52"N y Longitud 83°47'10"O, una altura de 111 msnm.

El trabajo de investigación se realizó en un terreno propiedad del Consejo Nacional de Producción (CNP), las actividades de campo comprenden desde junio hasta octubre del 2010.

3.2 Condiciones climáticas

La precipitación pluvial es alta en la zona, la cual oscila en los 4.490 mm anuales. La temperatura media de 25.3°C, la humedad relativa media 85.8%

3.3 Época de siembra

La siembra se efectuó en la segunda semana de junio del año 2010, en la tercera semana de octubre se finalizó las actividades de campo con la realización de la cosecha a los 120 días después de la germinación (ddg).

La siembra se realizó en forma manual al voleo

3.4 Análisis de suelo

Se realizó un análisis químico de suelos correspondiente al área experimental, en el Laboratorio de Análisis de Suelo de la Universidad de Costa Rica, dando como resultado una fertilidad química media. La textura que presentó el suelo fue Franco Limosa. Los resultados detallados se encuentran en el Cuadro 1E.

3.5 Material Experimental.

Descrito en la sección 2.6

3.6 Tratamientos

Los tratamientos comprendieron la densidad de siembra con tres niveles y la aplicación de nitrógeno con cinco dosis, como se puede apreciar en el cuadro siguiente.

Cuadro 2. Tratamientos empleados para desarrollar el ensayo, combinación de tres niveles de densidad de siembra y cinco niveles de nitrógeno.

Densidad (qq/ha)	Nitrógeno (kg N/ha)	Tratamiento
D1= 2	N1= 0	T1
	N2= 40	T2
	N3= 80	T3
	N4= 120	T4
	N5= 160	T5
D2= 2,5	N1= 0	T6
	N2= 40	T7
	N3= 80	T8
	N4= 120	T9
	N5= 160	T10
D3= 3	N1= 0	T11
	N2= 40	T12
	N3= 80	T13
	N4= 120	T14
	N5= 160	T15

3.7 Fertilización

La primera aplicación de nitrógeno se realizó a los 20 ddg, la segunda a los 35 ddg y la tercera a los 50 ddg. La fertilización fue repartida en un 20%, 40% y un 40%, para la primera, segunda y tercera aplicación respectivamente.

Las fuentes nitrogenadas utilizadas fueron las siguientes:

Urea con azufre (40-0-0-6(S)) y Urea (46-0-0)

La fertilización con el resto de nutrientes se llevó a cabo de la siguiente manera: el potasio 80 kg/ha con la fuente KCl (0-0-60) y el fósforo 50 kg/ha con la fuente Daphos (0-25-0-7(MgO)-35(CaO)-3(S)-22(SiO₂))

3.8 Control de Plagas

El control de plagas se realizó considerando la incidencia y severidad, con el objetivo de realizar únicamente las aplicaciones que fueron necesarias.

Cuadro 3. Insecticidas, edad de aplicación y dosis, usados durante el desarrollo del presente estudio, Pococí, 2010.

Aplicación	Edad (ddg)	Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis/ha
I	22	Muralla	Imidacloprid + Cyflutrin	0,5 l
II	29	Tigre	Cipermetrina + Dimetoato	1 l
III	64	Tigre	Cipermetrina + Dimetoato	1 l
IV	78	Tigre	Cipermetrina + Dimetoato	1 l

3.9 Variables evaluadas

3.9.1 Población inicial

La evaluación se efectuó diez ddg, para lo cual se utilizó una cuadrícula de 0.25m², donde se contó el número de plantas dentro de la cuadrícula y se extrapoló a 1m², la medición se hizo en cada parcela o unidad experimental.

3.9.2 Índice de macollamiento (HM)

La determinación del índice de macollamiento se hizo realizando dos evaluaciones en sitios de muestreo fijos, se consideró la primera medición que se obtuvo de la población inicial y la segunda se efectuó a los 60 ddg, la evaluación se realizó de la misma forma como se determinó la población inicial.

El índice de macollamiento se obtuvo aplicando la siguiente fórmula (Arce 2006).

$$HM = \frac{PT - PI}{PI} \quad \text{donde:}$$

HM = índice de macollamiento

PT = plantas totales

PI = población inicial

3.9.3 Altura de la planta

Se midió en centímetros desde el suelo hasta la punta de la hoja más alta, para realizar esta medición se tomaron diez plantas en forma aleatoria y se obtuvo un promedio por cada unidad experimental, las mediciones se realizaron al máximo macollamiento, al inicio del primordio floral y a la cosecha (esta última hasta la panícula más alta).

3.9.4 Resistencia al acame

Es un carácter varietal que puede cambiar con las condiciones ambientales. La evaluación en campo se hizo a los 100 días después de la germinación, de la siguiente forma: Se bajó la punta de los tallos hasta una altura aproximada de 30 cm del suelo, para que al soltarlos, los tallos fuertes y resistentes, recuperen su posición original; los susceptibles al acame permanecen cerca del suelo. Utilizando la metodología de Conarroz; las plantas se consideraron:

1 = Fuertes: si todas las plantas conservan su posición original (no hay volcamiento)

3 = Moderadamente fuertes, si la mayor parte (más del 85%) de las plantas a las cuales se les aplica presión retornan a su posición original

5 = Intermedias, si entre un 50% y un 84% de las plantas retornan a su posición original

7 = Débiles, si menos de un 50% de las plantas retornan a su posición original

9 = Muy débiles, si todas las plantas permanecen en el suelo

3.9.5 Número de tallos efectivos y no efectivos a la cosecha

Con ayuda de la cuadrícula de 0.25m^2 , se cortó el total de plantas dentro de la cuadrícula y se contó el número de plantas con panícula y sin panícula. El resultado se extrapoló a 1 m^2 .

3.9.6 Longitud de la panícula

Se midió en centímetros desde la base de la panícula o nudo ciliar hasta el ápice de la misma (Figura 1). Se tomaron diez panículas de la estación fijada y se obtuvo un promedio. Dicha evaluación se hizo al alcanzar la madurez fisiológica (cosecha).

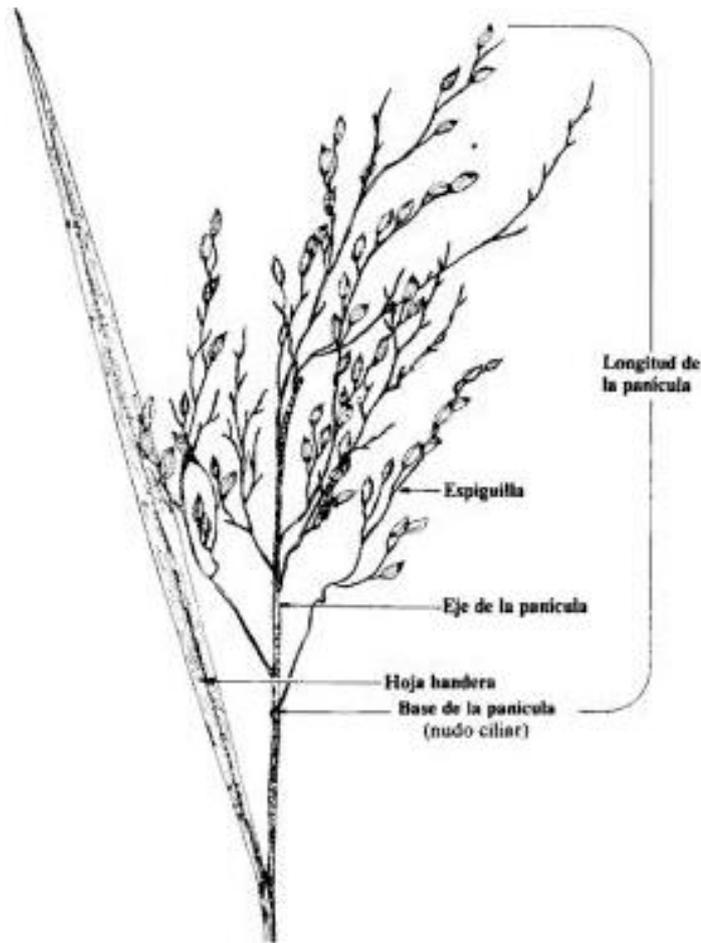


Figura 1. Panícula de arroz, su longitud y características adyacentes.

3.9.7 Ramificaciones por panícula

Se contó el número de ramificaciones que conforman la panícula, para ello se aprovecharon las panículas utilizadas anteriormente. Finalmente se obtuvo un promedio por cada tratamiento.

3.9.8 Granos llenos, granos vanos y totales por panícula

Se tomaron las mismas panículas a las que se les midió la longitud en cada tratamiento y se contó manualmente la cantidad de granos llenos, vanos y totales por panícula, posteriormente se promedió los granos para cada tratamiento, esto se realizó al momento de efectuar la cosecha.

3.9.9 Peso de 1000 granos

Se contaron 1000 granos de cada parcela cosechada, luego se pesaron en una balanza analítica para la determinación de su peso (13% de humedad).

3.9.10 Rendimiento por hectárea

Se cosechó el área efectiva (6,75m²) de cada una de las parcelas de 10m², se tomó el peso de las muestras (13% de humedad y 1,5% de impurezas), el peso obtenido se extrapolo a 1ha.

3.9.11 Presencia de plagas

La evaluación se llevó acabo de acuerdo a la escala del SES (Sistema de Evaluación Estándar), establecida por el IRRI para estandarizar las evaluaciones del cultivo a nivel mundial.

La evaluación de Piricularia en hoja se realizó a los 40 ddg y la Piricularia al cuello se hizo en la etapa de maduración. Sogata-virus de la hoja blanca de plántula en maduración. Gerlachia a los 82 y 115 ddg. Helminthosporium y Sarocladium a los 100ddg. Rhizoctonia a los 79 ddg. Ácaro del vaneo en el inicio del primordio floral.

3.9.12 Calidad molinera

Los análisis se realizaron de acuerdo con los Métodos de Análisis de Calidad de Arroz (MACA) y fueron ejecutados en el Laboratorio de Control de Calidad de la Corporación Arrocera Nacional.

Para el estudio del comportamiento industrial, se consideraron las siguientes variables:

- Impureza
- Humedad
- Rendimiento de pilada
- Rendimiento de semolina
- Puntilla
- Rendimiento de entero
- Grano quebrado grueso
- Grano yesoso
- Grano dañado
- Grano rojo
- Grado de calidad

3.9.13 Ingreso neto

Se consideró el rendimiento por hectárea y la calidad molinera; para obtener el ingreso bruto y se le descontó el costo por hectárea para cada tratamiento; para finalmente obtener el ingreso neto.

Diseño Experimental y croquis de las parcelas

Se utilizó el Diseño Irrestricto al Azar en Parcelas Divididas en Arreglo Factorial 3 x 5 con tres repeticiones.

El área del experimento se constituyó por 10m² (2mx5m) por cada tratamiento, con 1m² de separación entre tratamientos, para un total de 450 m² por todo el ensayo. Para reducir el efecto de borde se consideró dejar 0.25m sin cosechar por cada borde, por lo cual la parcela útil fue de 6,75 m².

Cuadro 4. Distribución al azar de las unidades experimentales, en un Diseño Irrestricto al Azar en Parcelas Dividas en Arreglo Factorial 3x5, 15 tratamientos con 3 repeticiones, Pococí, 2010.

D1N1	D1N5	D1N2	D1N3	D1N4	D3N5	D3N3	D3N2	D3N4	D3N1	D3N2	D3N5	D3N1	D3N3	D3N4
D2N3	D2N2	D2N1	D2N4	D2N5	D3N3	D3N4	D3N2	D3N5	D3N1	D1N2	D1N4	D1N5	D1N3	D1N1
D1N2	D1N1	D1N4	D1N5	D1N3	D2N5	D2N1	D2N4	D2N3	D2N2	D2N3	D2N2	D2N4	D2N1	D2N5

3.10 Modelo estadístico

Para el análisis estadístico de los datos, se utilizó el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ije} = \mu + n_j + d_i + nd_{ij} + E_{ije}$$

Y_{ije} = Variable dependiente (observación)

μ = Media general

n = Efecto de la j-ésimo dosis de nitrógeno

d = Efecto de la i-ésimo densidad

nd = Interacción de la densidad y nitrógeno

E = Error experimental

3.11 Análisis de datos

Se realizó un análisis de la varianza para cada uno de los niveles de cada factor (densidad de siembra y dosis de nitrógeno), para cada una de las variables estudiadas, con el programa estadístico InfoStat versión estudiantil 2011. Contrastes polinomiales para determinar la tendencia en la variable de respuesta. También con el programa InfoStat se realizaron los gráficos respectivos.

En la variable ingreso se realizó un estudio económico, para lo cual se graficó el ingreso por cada tratamiento, utilizando el programa JMP del SAS (Statistical Analysis System) versión 9.2

4 Resultados y Discusión

4.1 *Índice de macollamiento*

En el índice de macollamiento al realizar el análisis estadístico no se encontraron interacciones entre los factores analizados. Tampoco se encontraron diferencias significativas entre los niveles del factor nitrógeno. Por el contrario, se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en los niveles del factor densidad de siembra (Cuadro 1A).

En el Cuadro 2B(a) y la Figura 2 puede apreciarse que la densidad de siembra tiene una tendencia lineal, conforme se aumenta la densidad de siembra se reduce el índice de macollamiento, lo que se convierte en un menor número de hijos por planta madre. Al aumentar la cantidad de plantas por metro cuadrado, se produce una reducción del número de hijos por planta (Cruz et al 1987).

En la Figura 2 se aprecia que la densidad de siembra que presentó el mayor índice de macollamiento fue la densidad más baja (2qq/ha). Las plantas de arroz sembradas a menores densidades, tienen menor competencia entre sí, por lo cual presentan mayor potencial para expresar su habilidad de macollamiento. Jennings (1985) expresa que la habilidad de macollamiento dependerá de los nutrientes, el agua y el espacio. De igual manera Lira (2004) en un estudio donde relacionaba la densidad de siembra y el manejo, encontró un mayor índice de macollamiento a la menor densidad de siembra. En estas existió mayor espaciamiento entre plantas, menor competencia entre sí y plantas con mejor desarrollo.

Según Jennings (1985) en las plantas mejoradas se prefiere un alto índice de macollamiento, con el fin de obtener alta productividad.

En la Figura 3 se puede observar que los niveles de 80, 120 y 160 Kg/ha de nitrógeno presentaron el mayor índice de macollamiento, resultados que coinciden con lo expuesto por CIAT (1985) y Chandler (1984). Estos resultados no difieren estadísticamente, probablemente no existe diferencias por el alto coeficiente de variación (cuadro 1A) y por ende no existe efecto de tratamiento. Según CIAT (1985), la aplicación de nitrógeno incrementa el número de hijos, teniendo así efecto en la densidad. Chandler (1984) menciona que cuando se utilizan altos niveles de nitrógeno, las variedades modernas establecen macollas más abundantes, producen más granos por área, y tienen mayor resistencia al acame hasta la cosecha. Al aplicar altas dosis de nitrógeno, las variedades de poca habilidad de macollamiento se deben sembrar en densidades altas y las de alta habilidad, en densidades menores (CIAT 1982).

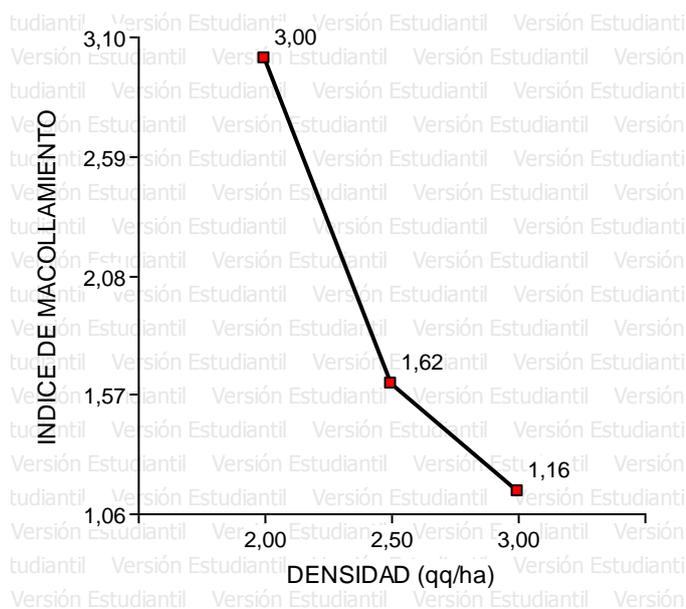


Figura 2. Índice de macollamiento (m^2) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes densidad de siembra (qq/ha), Pococí, 2010.

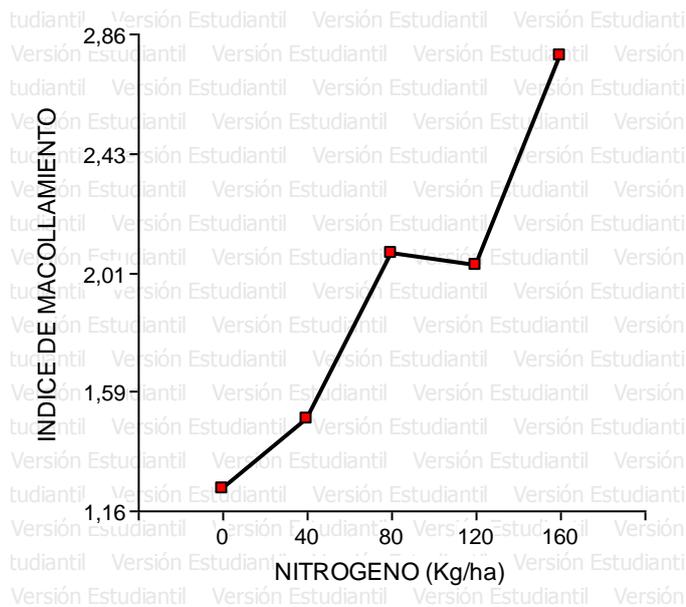


Figura 3. Índice de macollamiento (m^2) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno (kg/ha), Pococí, 2010.

4.2 Altura de plantas

Entre las funciones de la fertilización nitrogenada se encuentra el crecimiento rápido o mayor altura de la plantas (Datta 1996).

Circunstancias donde se hace una elevada fertilización nitrogenada las plantas de arroz se vuelven frondosas y altas (Tinarelli 1989).

4.2.1 Altura en la fase de máximo macollamiento

En la altura medida durante la fase de máximo macollamiento no se presentó interacción entre los factores estudiados. Sin embargo, en forma individual los niveles de la dosis de nitrógeno presentaron diferencias significativas, mientras que no se encontraron diferencias significativas ($P>0,05$) en los niveles de la densidad de siembra (Cuadro 2A).

En el Cuadro 2B(a) y la Figura (4) puede apreciarse que la densidad de siembra presenta una tendencia lineal negativa. Conforme se aumenta la densidad de siembra se reduce la altura en la fase de máximo macollamiento.

La dosis de nitrógeno presenta una tendencia lineal. Conforme se aumenta el contenido de este elemento, se aumenta la altura durante la fase de máximo macollamiento (Cuadro 2B(b) y Figura 5), excepto entre las dosis de 120 y 160 Kg/ha, en que la curva tiende a ser constante.

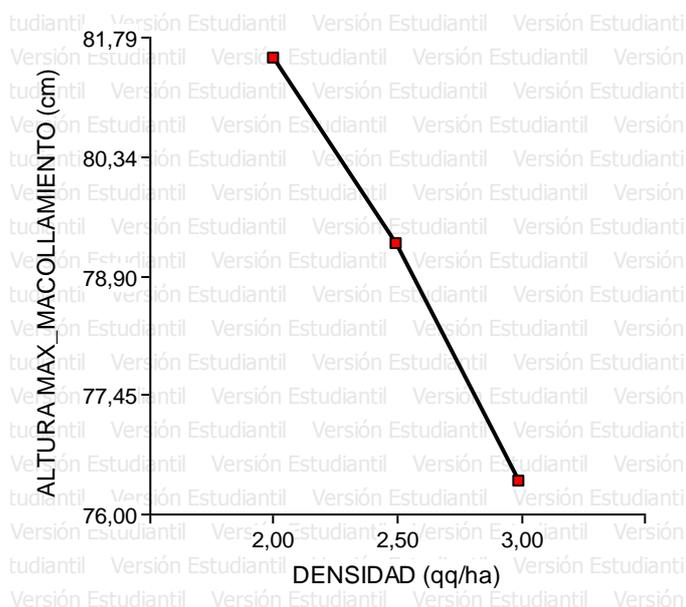


Figura 4. Altura al máximo macollamiento (cm) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de densidad de siembra (qq/ha), Pococí, 2010.

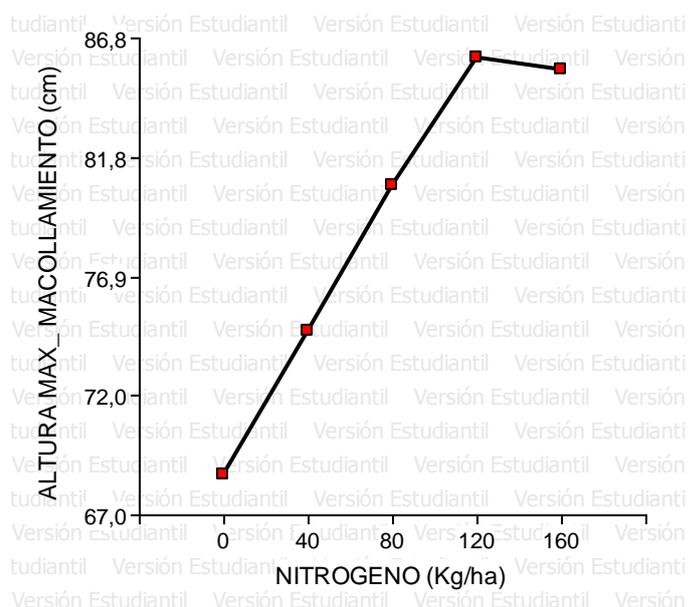


Figura 5. Altura al máximo macollamiento (cm) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno (Kg/ha), Pococí, 2010.

4.2.2 Altura en la fase de primordio floral

En la medición de la altura durante el inicio de la fase de primordio floral, el comportamiento fue idéntico a la fase máximo macollamiento. No existieron interacciones entre los factores analizados. En forma individual, los niveles de nitrógeno presentaron diferencias significativas, mientras que en los niveles de la densidad de siembra, estadísticamente no se encontraron diferencias ($P>0,05$) (Cuadro 3A).

En el Cuadro 3B(a) y en la Figura 6 puede apreciarse que la densidad de siembra presenta una tendencia lineal negativa. Conforme aumenta la densidad de siembra se reduce la altura de plantas al momento del primordio floral.

Como se indicó anteriormente, las dosis de nitrógeno presentaron diferencias significativas, que muestran una tendencia lineal positiva, es decir, conforme aumenta la dosis de nitrógeno, aumenta la altura medida al inicio de la fase de primordio floral (Cuadro 3B(b) y Figura 7).

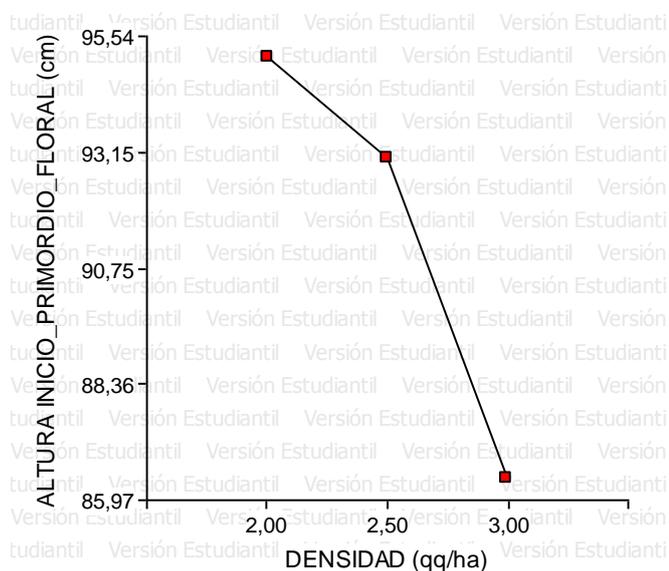


Figura 6. Altura al inicio del primordio floral (cm) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de densidad de siembra (qq/ha), Pococí, 2010.

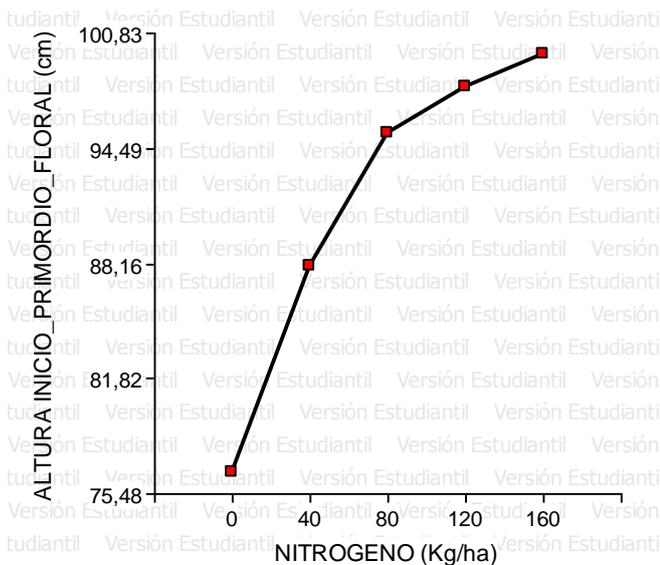


Figura 7. Altura al inicio del primordio floral (cm) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno (kg/ha), Pococí, 2010.

4.2.3 Altura medida en la fase de cosecha

La altura medida en la fase de cosecha no presentó interacción entre los factores analizados. Por el contrario, en los factores individuales, tanto los niveles de nitrógeno como los de densidad de siembra presentaron diferencias significativas, ($P \leq 0,05$) (Cuadro 4A).

En el Cuadro 4B(a) y en la Figura 8 puede apreciarse que la densidad de siembra presenta una tendencia lineal descendente, es decir, conforme se aumenta la densidad de siembra se reduce la altura a la cosecha. Además las dosis de nitrógeno también presentan una tendencia lineal entre cero, 40 y 80 kg/ha, pero entre 80, 120 y 160 kg/ha, no se aprecian diferencias por presentarse la curva con aspecto constante, lo que indica que la mejor dosis de nitrógeno para la altura al momento de la cosecha, fue 80 kg/ha (Cuadro 4B(b) y Figura 9). Vega (2009) reporta una altura de 66 cm, dicha altura fue superada por cada uno de los tratamientos en este estudio, el testigo presentó una altura promedio alrededor de 94 cm para la dosis de nitrógeno; el resto de los tratamientos superaron al testigo.

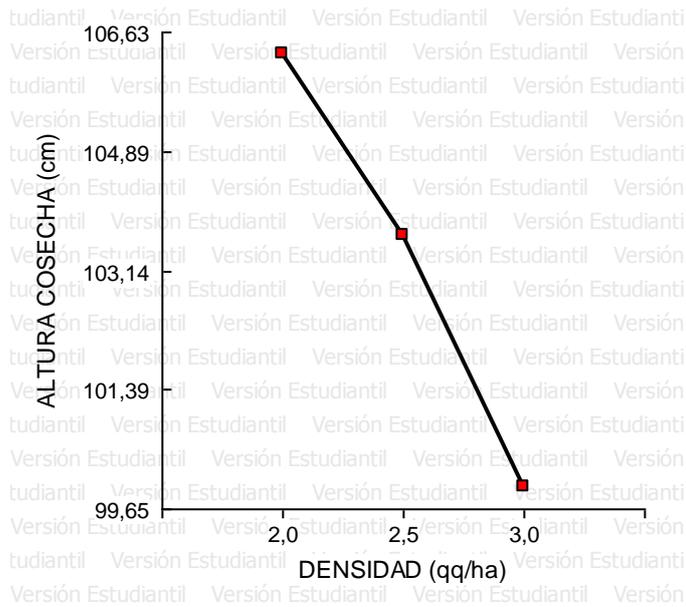


Figura 8. Altura a la cosecha (cm) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de densidad de siembra (qq/ha), Pococí, 2010.

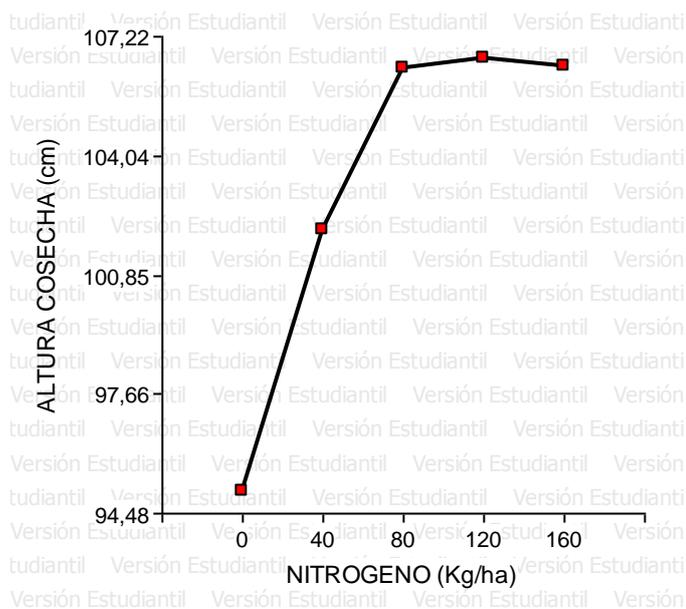


Figura 9. Altura a la cosecha (cm) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno (Kg/ha), Pococí, 2010.

4.3 Longitud de panículas

Según Datta (1986), el aumento de los rendimientos por efecto de la fertilización con nitrógeno, habitualmente es debida a la mayor cantidad de panículas que en el tamaño de las mismas; de esta forma lo expuesto por este autor concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde no se tuvo un efecto de los niveles de nitrógeno sobre la longitud de las panículas. La Figura 11 y en el Cuadro 5A, presenta los resultados de los tratamientos de nitrógeno, en los cuales no hubo diferencia estadística.

La longitud de panículas no presentó interacción entre los factores analizados. En los niveles de nitrógeno no se encontraron diferencias significativas, mientras que si se encontraron ($P \leq 0,05$) en los niveles de la densidad de siembra (Cuadro 5A).

En el Cuadro 5B(a) y la Figura 10, puede apreciarse que la densidad de siembra presenta una tendencia lineal descendente, esta indica que al aumentar la densidad de siembra, se reduce la longitud de panícula. Es así como la densidad menor (2 qq/ha), presenta las panículas con mayor longitud. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Lira (2004), donde observó que a medida que aumentaba la densidad de siembra, se reducía la longitud de las panículas.

Soto (1991), afirma que la longitud de la panícula varía entre 10 y 40 cm, aunque la mayoría de las variedades comerciales están entre 20 a 24 cm de largo. Los resultados obtenidos en este estudio, coinciden con lo indicado por el autor mencionado anteriormente, puesto que el promedio de la longitud de panículas de todos los tratamientos, se encuentran dentro de este rango (Figura 10).

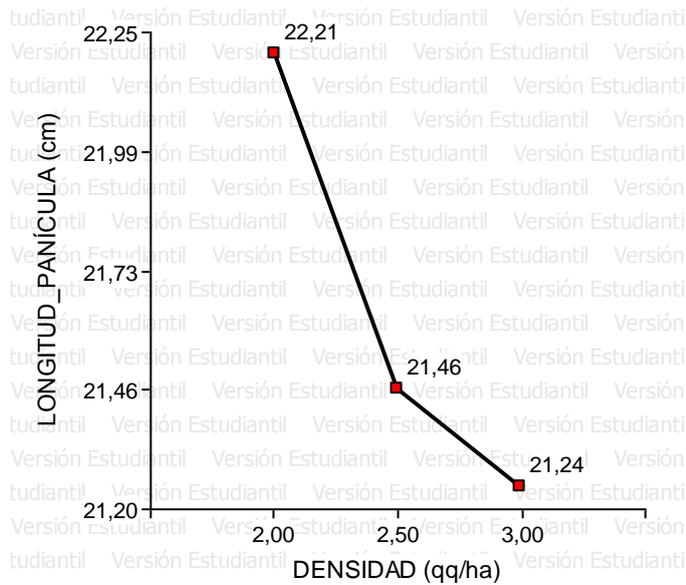


Figura 10. Longitud de panículas (cm) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de densidad de siembra, Pococí, 2010.

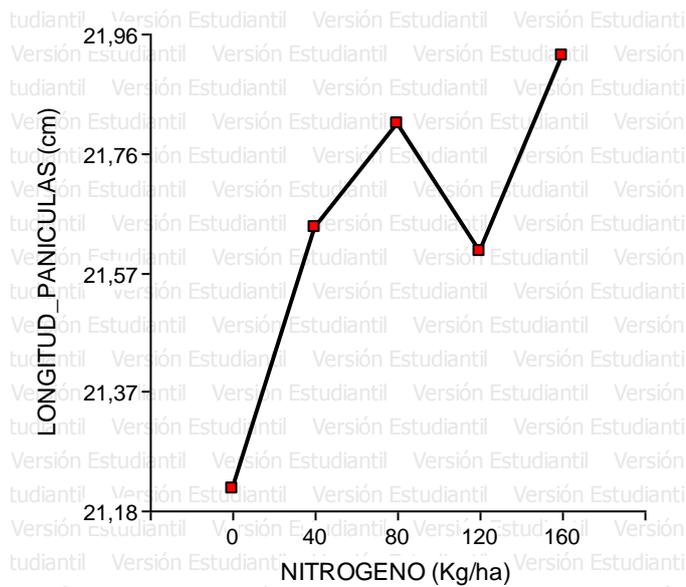


Figura 11. Longitud de panículas (cm) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno, Pococí, 2010.

4.4 Granos llenos por panícula

El número de granos llenos no presentó interacción entre los factores analizados. En los niveles de nitrógeno no se encontraron diferencias significativas, mientras que si se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en los niveles de la densidad de siembra (Cuadro 6A).

En el Cuadro 6B(a) y la Figura 12 puede apreciarse que la densidad de siembra presenta una tendencia lineal negativa, lo que significa que al aumentar la densidad de siembra, se reduce la cantidad de granos llenos.

El número de granos llenos por panícula es uno de los tres componentes que condicionan el rendimiento (Fernández y Vergara 1985). Para este material promisorio LP-5, se reporta un promedio de 105 granos por panícula, bajo este parámetro solamente la densidad de 2 qq/ha superó los 105 granos por panícula, las otras densidades fueron inferiores a este promedio. Vale la pena recalcar que ninguno de los niveles de la densidad de siembra fue inferior a los 90 granos por panícula. Según Tascón (1985) las variedades modernas de arroz con una población adecuada, para obtener rendimientos aceptables se debe tener un promedio de 60 o más granos por panícula. Bajo este concepto los tres niveles de siembra serían aceptables.

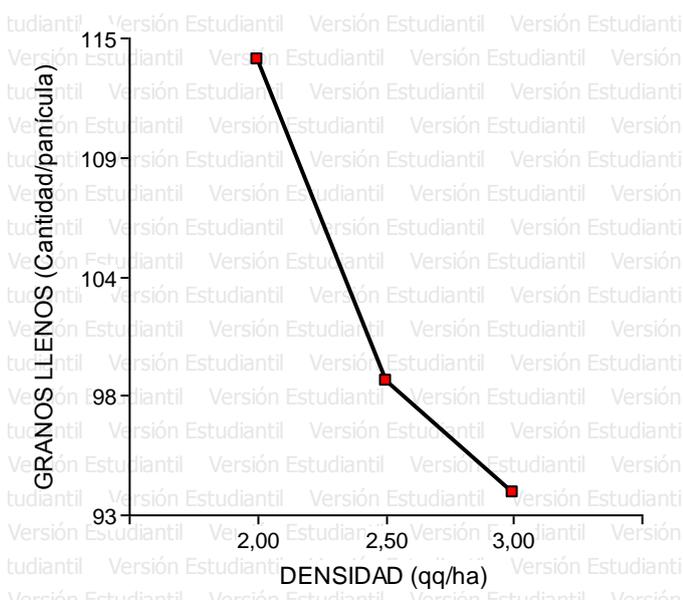


Figura 12. Granos llenos (cantidad/panícula) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de densidad de siembra, Pococí, 2010.

4.5 Granos vanos por panícula

El número de granos vanos no presentó interacción entre los factores analizados. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) en los niveles de nitrógeno, tampoco en los niveles de la densidad de siembra (Cuadros 7A). Este resultado debido posiblemente al coeficiente de variación tan alto, produce que los datos no sean tan confiables (Cuadro 7A). En las Figuras 13 y 14 se aprecian los promedios por tratamiento, tanto de densidad de siembra como de dosis de nitrógeno, respectivamente.

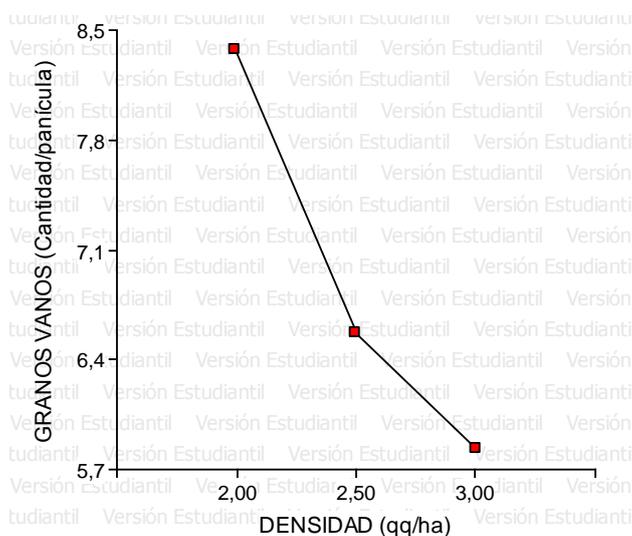


Figura 13. Granos vanos (cantidad/panícula) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

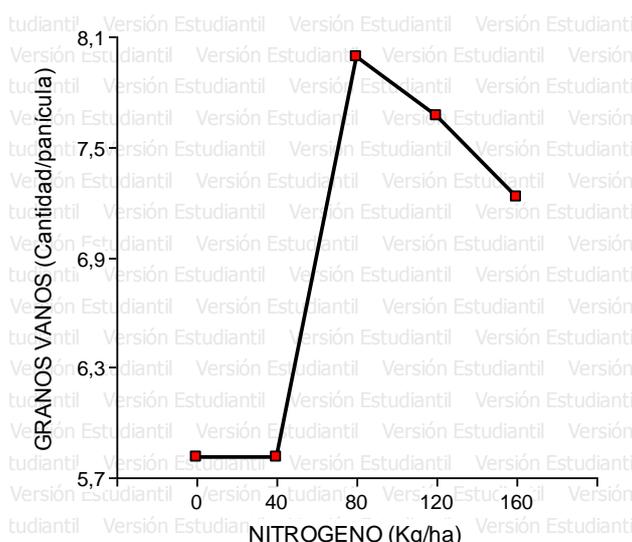


Figura 14. Granos vanos (cantidad/panícula) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

4.6 Número total de granos por panícula

El número total de granos por panícula no tuvo interacción en los factores analizados. Los niveles de la densidad de siembra presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$); mientras que los niveles del factor nitrógeno no presentaron diferencias significativas (Cuadro 8A).

En el Cuadro 8B(a) y la Figura 15 puede apreciarse que la densidad de siembra presenta una tendencia lineal descendente, es decir, conforme se aumenta la densidad de siembra se reduce la cantidad de granos totales por panícula. La densidad de 2 qq/ha presenta la mayor cantidad de granos totales por panícula. Este resultado coincide con lo expresado por Cruz et al (1987), donde al aumentar la densidad de siembra, se incrementa las panículas por metro cuadrado, y a su vez se reduce el número de granos por panícula, llamado un efecto de compensación.

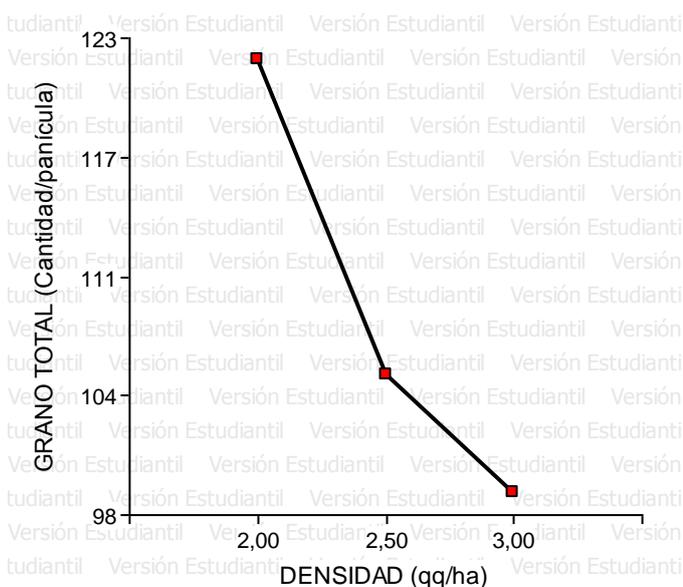


Figura 15. Granos totales (cantidad/panícula) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de densidad de siembra, Pococí, 2010.

4.7 Ramificaciones por panícula

El número de ramificaciones por panícula no presentó interacción entre los factores nitrógeno y densidad de siembra. Los niveles del factor densidad de siembra presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$); de igual forma los niveles del factor nitrógeno también evidenciaron diferencias significativas (Cuadro 9A).

En el Cuadro 9B(a) y la Figura 16 puede apreciarse que la densidad de siembra presenta una tendencia lineal descendente, es decir, conforme se aumenta la densidad de siembra se reduce el número de ramificaciones por panícula.

Esta variable tiene una relación directa con el número de granos por panícula, es de esperarse que a mayor número de ramificaciones, mayor será la cantidad de granos totales.

Para el caso de nitrógeno, en la Figura 17 se presenta que la dosis 80 kg/ha muestra la mayor cantidad de ramificaciones por panícula.

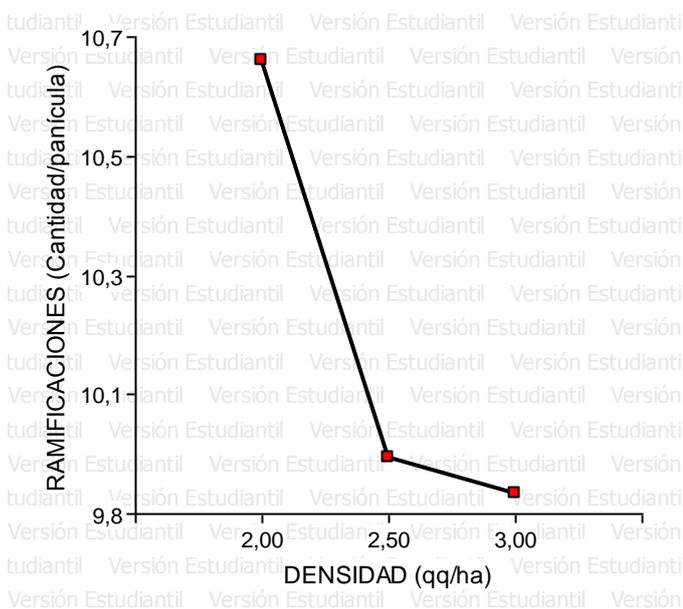


Figura 16. Numero de ramificaciones (cantidad/panícula) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de densidad de siembra, Pococí, 2010.

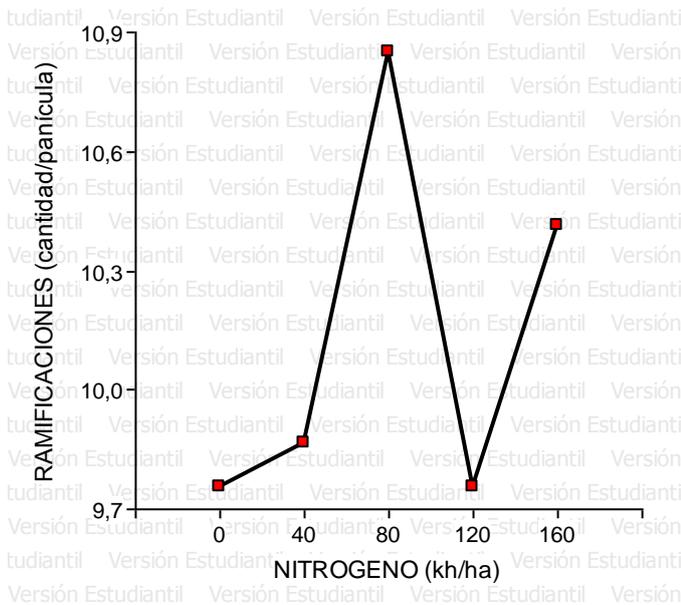


Figura 17. Número de ramificaciones (cantidad/panícula) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno, Pococí, 2010.

4.8 *Peso de 1000 granos*

El peso de mil granos no presentó interacción entre los factores nitrógeno y densidad de siembra. Los niveles del factor densidad de siembra no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$); de igual forma los niveles del factor nitrógeno, tampoco presentaron diferencias significativas (Cuadro 11A). Por todo lo anterior tampoco se presentó significancia en las tendencias en los niveles de los factores.

García (1992) concuerda con el presente estudio, donde comprobó que la densidad de siembra no afecta el peso de 1000 granos. Rodríguez et al (2002) estudiando las variedades de arroz Fonaiap 1 y Cimarrón a dos densidades de siembra y dos dosis de nitrógeno, no encontraron significancia estadística para la variable peso de 1000 granos, además encontraron que es una variable determinada por la variedad.

4.9 Rendimiento (ton/ha)

El rendimiento no presentó interacción entre los factores nitrógeno y densidad de siembra. Contrariamente se esperaba que existiera interacción; este resultado pudo deberse a que los niveles de densidad de siembra utilizados, son los normalmente empleados a nivel comercial (2 a 3 qq/ha), estas densidades permiten un buen desarrollo sin la intervención de nitrógeno.

Los niveles del factor densidad de siembra no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$); no así los niveles del factor nitrógeno, que si presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,001$) (Cuadro 10A).

A pesar que no hubo diferencias estadísticas en el rendimiento (ton/ha), a simple vista se puede observar, como al aumentar la densidad de siembra se reduce el rendimiento del grano por hectarea (Figura 18). Por los resultados anteriormente obtenidos en las variables evaluadas, esta reducción en el rendimiento se puede asociar con la reducción del índice de macollamiento (menos plantas por metro cuadrado), longitud de panículas, granos llenos y granos totales; debidos al aumento en la densidad de siembra y la reducción de dichas variables.

En el Cuadro 10B(b) se puede observar que las dosis de nitrógeno presenta tendencia lineal y cuadrática respecto al rendimiento de granos, pero la primera es más fuerte. En la Figura 19 se confirma lo dicho anteriormente respecto a la dosis de nitrógeno y el rendimiento (ton/ha). Según CIAT (1982), la aplicación de nitrógeno estimula la formación de hijos, por ende, el rendimiento que se obtiene es mayor que sin aplicación. Conforme aumenta la densidad y la dosis de nitrógeno aplicado, el rendimiento aumenta hasta alcanzar un máximo.

El rendimiento está compuesto por el número de panículas por m^2 , el número de granos por panícula y el peso promedio de los granos por panícula. Los resultados en este estudio indican que al aumentar la dosis de nitrógeno linealmente aumenta el rendimiento; no así los componentes del rendimiento.

La longitud de panícula y el número de panículas no necesariamente indica un mayor rendimiento, porque si la cantidad de granos llenos es baja por panícula, no aumenta el rendimiento. Se puede tener una panícula muy larga pero pocos granos o una más corta pero con más granos. Claro está que el rendimiento depende del número de granos llenos por panícula y del número de panículas por m², así mismo depende de la cantidad de ramificaciones por panícula.

Otro factor que pudo afectar este resultado es la técnica de muestreo, ya que para determinar el rendimiento se consideró toda la parcela útil, mientras que para medir el número de granos, longitud de la panícula se tomaron diez panículas al azar dentro de la parcela útil. El índice de macollamiento se determinó únicamente utilizando una cuadrícula, el peso de 1000 granos fue medido al azar.

En cuanto a densidad es un poco más fácil de explicar porque los efectos se suman positiva o negativamente. Al tener una baja densidad posiblemente se obtendrá tallos más fuertes, granos con mayor peso, panículas más grandes que cuando se tiene una mayor densidad. Pero al analizar rendimiento, no necesariamente sucede lo mismo.

Según Cordero (1993) entre las funciones del nitrógeno en el cultivo de arroz están aumentar el tamaño de los granos, aumentar el contenido de proteína en los granos y por consiguiente el incremento del rendimiento del grano.

Vega (2009) reporta un rendimiento de 8 ton/ha para este material, contrariamente en este estudio ningún tratamiento pudo alcanzar este rendimiento. Uno de los factores que podrían tener relación con esta respuesta, es la falta de radiación solar que limita los productos de asimilación. En cada variedad la respuesta al nitrógeno es mayor durante la estación soleada seca que en la estación húmeda. Las siembras de arroz en seco producen menores rendimientos en grano, debido a que están expuestos a fenómenos naturales como la sequía (Contin 1975).

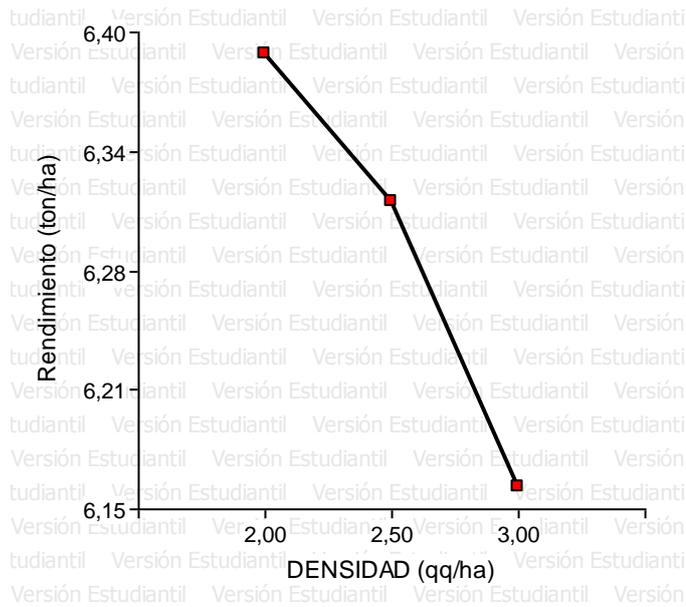


Figura 18. Rendimiento (ton/ha) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de densidad de siembra, Pococí, 2010.

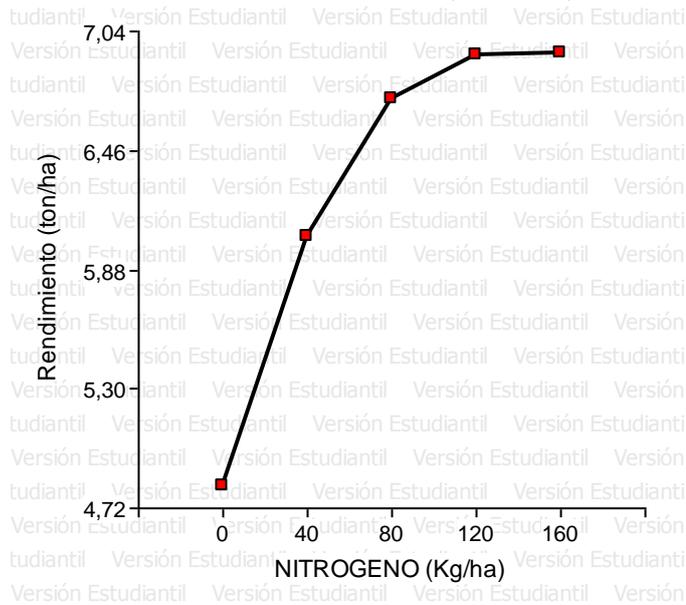


Figura 19. Rendimiento (ton/ha) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno, Pococí, 2010.

4.10 Calidad molinera

Actualmente la calidad molinera es una de las variables más determinantes, para fijar el precio pagado al productor por la producción entregada a la industria, o sea, el quintal de arroz se paga de acuerdo a la calidad obtenida en los laboratorios respectivos para dicho fin; siendo esta cualidad la que refleja el mayor peso para aumentar la eficiencia económica de los productores.

La buena o mala calidad molinera puede ser una característica de cada variedad, pero esta puede ser alterada por razones de manejo del cultivo, manipulación del grano y sobre todo por las diferencias de los efectos ambientales durante el llenado y secado de los granos.

La calidad molinera es afectada por una serie de variables, para este estudio se consideró el rendimiento de pilada, a su vez el rendimiento de pilada compuesto por rendimiento de granos enteros (%), rendimiento de granos quebrados gruesos (%), y rendimiento de puntilla (%).

4.10.1 Rendimiento pilada (%)

Esta variable dentro de la calidad molinera, es de las más importantes para la obtención del pago por la venta de la producción de arroz.

El rendimiento de pilada (%) no presentó interacción entre los factores nitrógeno y densidad de siembra. Los niveles del factor densidad de siembra no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$); por el contrario los niveles del factor nitrógeno, si presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,001$) (Cuadro 12A).

En el cuadro 12B(b) y la Figura 20 se puede observar que los niveles de nitrógeno presentan una tendencia lineal; conforme se acrecienta la dosis de nitrógeno, de igual forma se aumenta el rendimiento de pilada. De esta manera se demuestra que a mayor dosis de nitrógeno, mayor es el rendimiento de pilada.

Vega (2009) reporta un rendimiento de pilada de 68,5% para este material promisorio, los niveles de 80, 120 y 160 kg/ha de nitrógeno estuvieron por encima de este parámetro; alcanzando un máximo de casi 70% de rendimiento de pilada para el nivel de 160 kg/ha de nitrógeno.

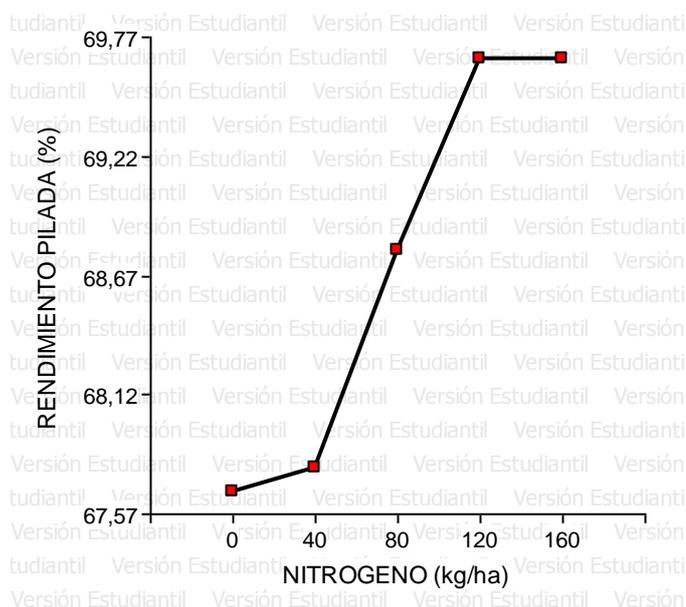


Figura 20. Rendimiento de pilada (%) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno, Pococí, 2010.

4.10.2 Rendimiento Grano entero (%)

El rendimiento de grano entero no mostró interacción entre los factores analizados. Los niveles de la densidad de siembra presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$); de igual forma los niveles del factor nitrógeno presentaron diferencias significativas (Cuadro 13A).

En el Cuadro 13B(a) y la Figura 21 puede apreciarse que la densidad de siembra presenta una tendencia lineal descendente, conforme se aumenta la densidad de siembra se reduce el rendimiento de grano entero (%); la densidad de 2 qq/ha presenta el mayor rendimiento de grano entero (%). Por otro lado el comportamiento del grano entero, con relación a la dosis de nitrógeno (Cuadro 13B(b) y la Figura 22), también presenta una tendencia lineal, pero ascendente; es decir, conforme se aumenta la dosis de nitrógeno, asimismo aumenta el rendimiento de grano entero.

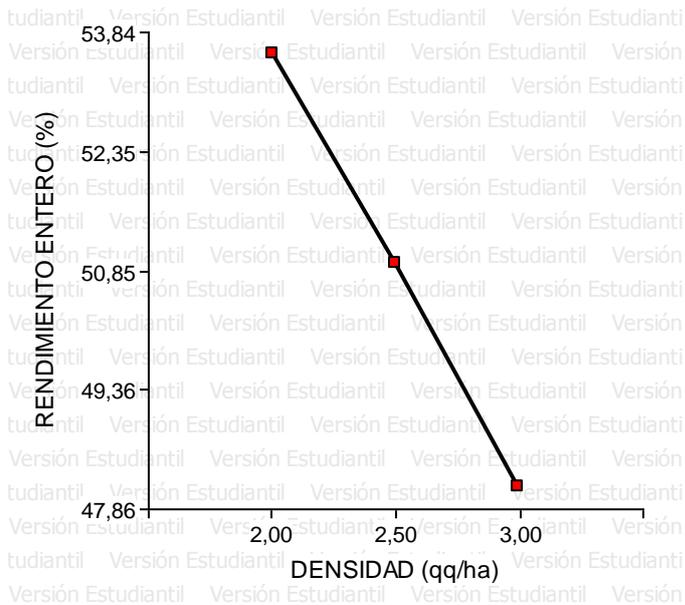


Figura 21. Rendimiento de grano entero (%) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de densidad de siembra, Pococí, 2010.

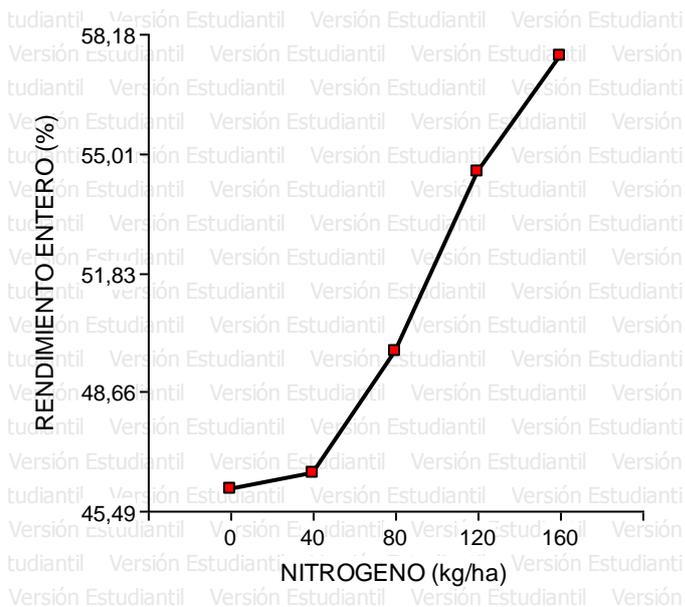


Figura 22. Rendimiento grano entero (%) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno, Pococí, 2010.

4.10.3 Grano Quebrado Grueso (%)

El porcentaje de quebrado grueso no mostró interacción entre los factores analizados. Los niveles de la densidad de siembra presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$); de igual forma los niveles del factor nitrógeno presentaron diferencias significativas (Cuadro 14A).

En el Cuadro 14B(a) puede apreciarse que la densidad de siembra presenta una tendencia lineal positiva, conforme se aumenta la densidad de

siembra se incrementa el porcentaje de grano quebrado grueso; la densidad de 2 qq/ha presenta el menor rendimiento de quebrado grueso (%) (Figura 23). Se puede decir que a mayor densidad de plantas, mayor es la incidencia de grano quebrado grueso (%)

Por otro lado el comportamiento del quebrado grueso, con relación a la dosis de nitrógeno (Cuadro 14B(b)), presenta una tendencia lineal negativa; conforme se aumenta la dosis de nitrógeno, asimismo se reduce el porcentaje de grano quebrado grueso. El nivel de 160 Kg/ha de nitrógeno presentó el menor porcentaje de grano quebrado grueso (%) (Figura 24).

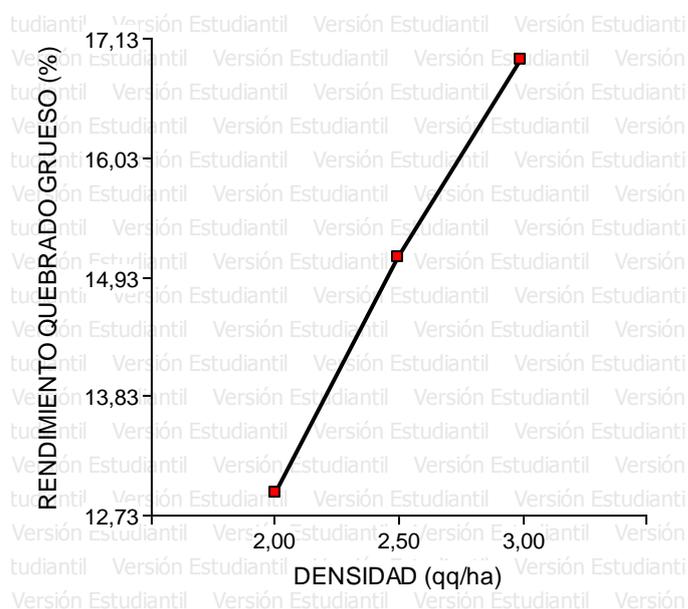


Figura 23. Rendimiento quebrado grueso (%) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de densidad de siembra, Pococí, 2010.

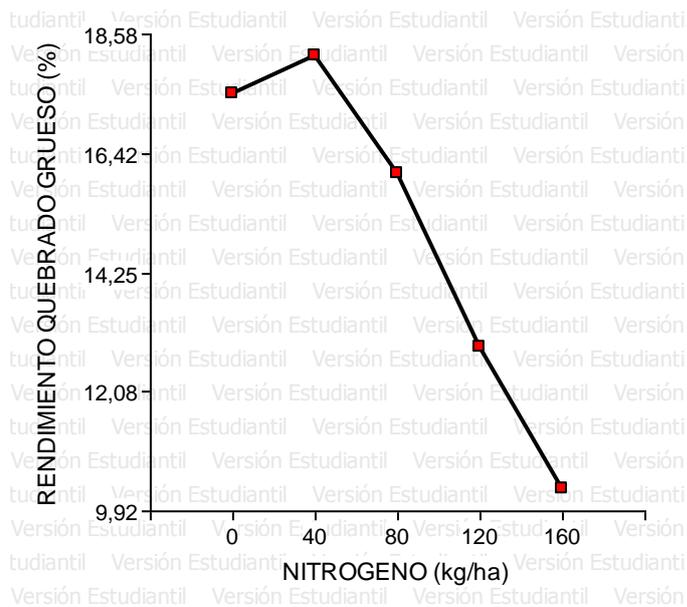


Figura 24. Rendimiento quebrado grueso (%) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno, Pococí, 2010.

4.10.4 El rendimiento de puntilla (%)

El porcentaje de puntilla presentó significancia en la interacción entre los factores analizados. Los niveles de la densidad de siembra presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$); de igual forma los niveles del factor nitrógeno presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,0001$) (Cuadro 15A). Por la significancia de la interacción entre los factores, se debió hacer una partición de los factores, como se indica a continuación.

En el Cuadro 15 A se observa el análisis de varianza partiendo la densidad de siembra respecto a los niveles de nitrógeno. La densidad de 3 qq/ha fue la única que mostró diferencias altamente significativas ($P \leq 0,0001$), es decir cuando se usa la densidad de semilla de 3 qq/ha, el nitrógeno presenta diferencia significativa (Figura 25).

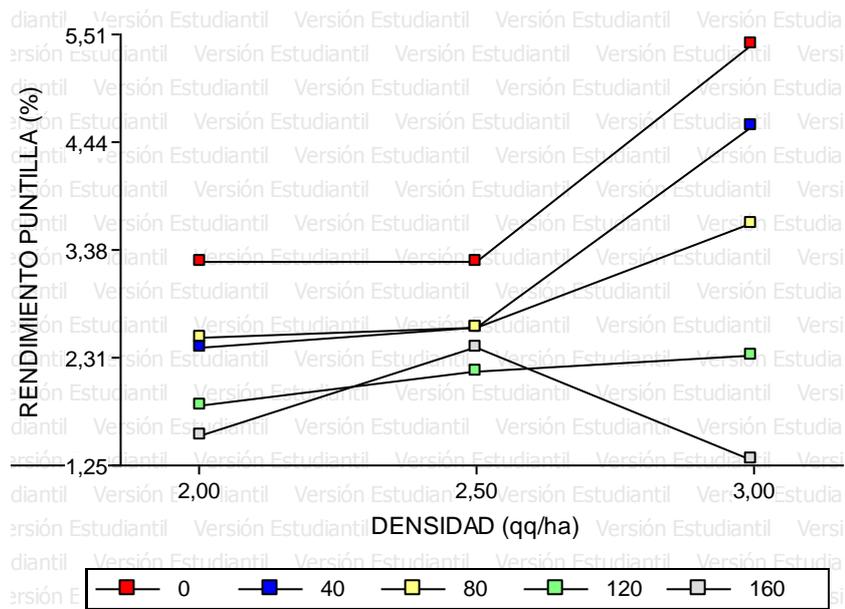


Figura 25. Grafico de Rendimiento de puntilla (%), fraccionado por densidad de siembra, Pococí, 2010.

4.11 Ingreso neto

Para los tratamientos se hizo un análisis económico, considerando la calidad molinera, el rendimiento y los costos por cada tratamiento. En la Figura 26, puede observarse el efecto de la fertilización nitrogenada y de la densidad de siembra. Es notable que al aumentar la dosis de nitrógeno aumenta el ingreso neto (¢/ha). La densidad de siembra de 2,5qq/ha y 160 kg/ha de nitrógeno, presenta el mayor ingreso

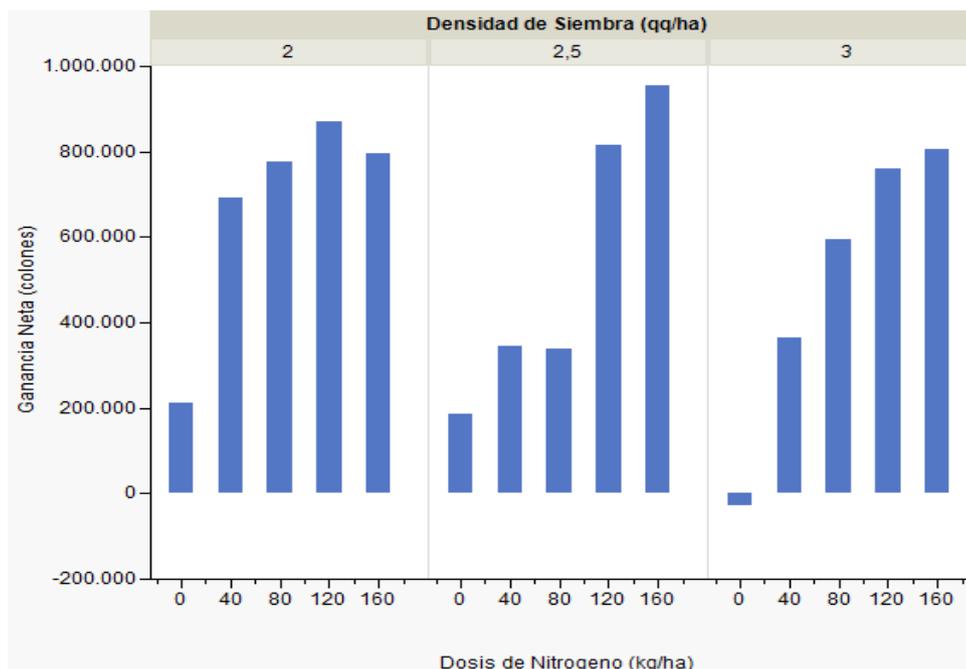


Figura 26. Ingreso (colones/ha) obtenido por la venta en la industria del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

4.12 Tallos Efectivos a la Cosecha

La cantidad de tallos efectivos no mostró interacción entre los factores analizados. Los niveles de la densidad de siembra no presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$); contrariamente los niveles del factor nitrógeno si presentaron diferencias significativas (Cuadro 16A).

En el Cuadro 16B(b) puede apreciarse que las dosis de nitrógeno presentan una tendencia lineal; conforme se aumenta la dosis de nitrógeno, así mismo aumenta el número de tallos efectivos, excepto entre los niveles de 80 y 120 donde se observa que el número de tallos efectivos tiende a ser constante y entre el nivel de 120 y 160 tiende a disminuirse el número de tallos efectivos a la cosecha (Figura 27).

El cultivo del arroz deben tener tanto nitrógeno como necesite, en la etapa inicial y media del macollamiento, esto para lograr aumentar al máximo el número de panículas, estas muy importante para aumentar el rendimiento en grano (Contín 1975). De esta forma coincide con los resultados de tallos efectivos de este trabajo plasmados en las figuras 19 y 27, donde al aumentar la aplicación de nitrógeno aumenta el número de tallos efectivos y el rendimiento en grano respectivamente. En la figura 27, se observa con la aplicación superior a 120 kg/ha de nitrógeno un descenso en el número de tallos efectivos a la cosecha. Tanaka et al (1964) citado por CIAT (1982), indica que las variedades con alta respuesta a la fertilización nitrogenada sufren menor competencia por luz en los estadios iniciales de crecimiento y el número de panículas aumenta al acrecentar las dosis de nitrógeno.

Las variedades con alta cantidad de tallos efectivos, pueden obtener un aumento en el rendimiento con una elevada aplicación de nitrógeno combinada con una alta densidad de población (Datta 1986).

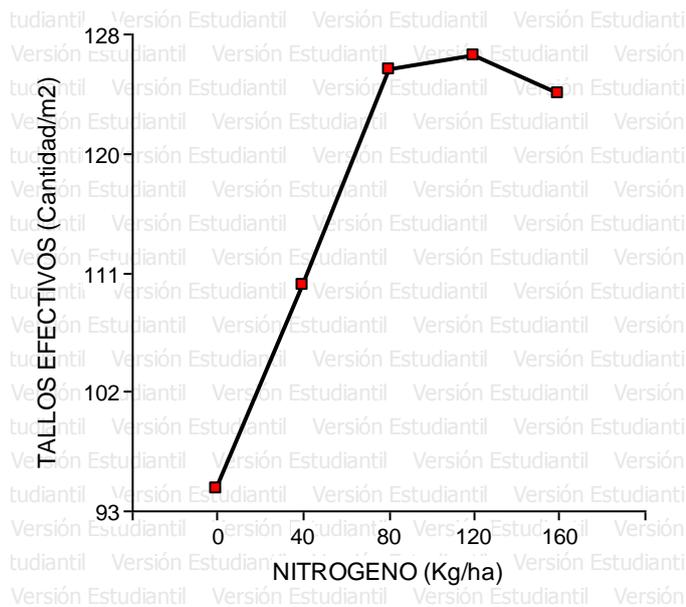


Figura 27. Cantidad de tallos efectivos por m² del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno, Pococí, 2010.

4.13 Tallos no Efectivos a la Cosecha

La cantidad de tallos no efectivos no mostró interacción entre los factores analizados. Los niveles de la densidad de siembra no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$); de igual forma los niveles del factor nitrógeno tampoco presentaron diferencias significativas (Cuadro 17A).

4.14 Plagas

Estas fueron evaluadas de acuerdo a la escala de SES (Sistema de Evaluación Estándar).

4.14.1 Rhinchosporium

La primera evaluación se hizo a los 82 días después de la germinación (ddg), en este momento todos los tratamientos fueron resistentes a dicha enfermedad. La segunda evaluación se hizo a los 115 días ddg, los tratamientos con las dosis de nitrógeno mayores (120 y 160 kg/ha) fueron las más afectadas por la enfermedad, se encuentra en la escala de evaluación con el valor de 5, esto quiere decir que entre 6 y 25% de la población fue afectada por dicha enfermedad (Cuadro 1C y 3C).

4.14.2 Rhizoctonia

Se efectuó una sola evaluación a los 79 días, en dicho momento se observó menos del 1% de la población afectada (Cuadro 1C).

4.14.3 Piricularia

4.14.3.1 Piricularia en hoja

La evaluación se hizo a los 40 días, en dicho momento se observó menos del 1% de la población afectada (Cuadro 2C).

4.14.3.2 Piricularia al cuello

La evaluación se realizó durante la etapa de maduración del grano. Todos los tratamientos presentaron menos del 1% de infección de la enfermedad (Cuadro 2C y 3C).

4.14.4 Helminthosporium

La evaluación se realizó a los 100 ddg. La mayoría de tratamientos presentaron entre el 1-5% de infección. Excepto la densidad de 2 qq con 0 y 160 Kg/ha de nitrógeno (T1 y T5) que presentaron menos del 1% de la población afectada (Cuadro 2C).

4.14.5 Sarocladium

La evaluación se hizo a los 100 días. Todos los tratamientos fueron afectados por la enfermedad, las evaluaciones se clasificaron en la escala del SES entre 3 y 5, esto quiere decir que se afectó entre 1 y 25% de la población existente de cada tratamiento (Cuadro 2C).

4.14.6 Sogata – Hoja Blanca

La evaluación se hizo a los 100 días. Todos los tratamientos presentaron menos del 1% de infección de la enfermedad (Cuadro 2C).

4.14.7 Grano manchado

La evaluación se hizo a los 115 días. Todos los tratamientos presentaron entre 1 y 5% de infección de la enfermedad. Solamente los tratamientos D1N4 (densidad 2qq y 120 kg/ha de nitrógeno) y D2N3 (densidad 2,5qq y 80 kg/ha de nitrógeno) presentaron un mayor porcentaje de grano manchado entre el 6 y el 25% de los granos se mancharon (Cuadro 3C).

4.14.8 Acaro

La resistencia al ácaro fue excelente, únicamente tres parcelas presentaron un único individuo cada una. Esto es realmente insignificante porque no se usó ningún tipo de control contra ácaros. Ninguna de las parcelas coincidió con alguna de su respectiva repetición (Cuadro 4C).

4.15 Resistencia al Acame

El exceso de la aplicación de nitrógeno en el cultivo de arroz, expone el cultivo a sufrir acame (Tinarelli 1989).

La densidad de 2qq con la dosis de nitrógeno desde 40 kg/ha presentaron tallos débiles, en la escala del SES se clasificaron con un valor de 7, mientras que la parcela con cero nitrógeno (testigo) presentó tallos muy fuertes sin volcamiento (Cuadro 3C). Estas últimas por la no aplicación de nitrógeno la altura fue menor, por ende, los entrenudos fueron más cortos y no tan débiles para ser afectadas por el acame.

La densidad de 2,5qq con 0 y 40 kg/ha de nitrógeno presentaron tallos moderadamente fuertes (escala de 3 del SES), la dosis de 80 y 160 kg/ha de nitrógeno presentaron tallos débiles (escala de 7 del SES), mientras que la dosis de 120 kg/ha de nitrógeno presentó tallos moderadamente débiles (escala de 5 del SES) (Cuadro 3C).

La densidad de 3qq con las dosis que van desde 0 hasta los 120 kg/ha de nitrógeno presentó tallos moderadamente fuertes (escala de 3 del SES), mientras que la dosis de 160 kg/ha de nitrógeno presentó tallos moderadamente débiles (Cuadro 3C). Las variedades resistentes al acame son capaces de aprovechar dosis más altas de nitrógeno que las variedades susceptibles (Datta 1986).

Leal y Degiovanni (1993) citados por Lira (2004), afirman que el acame es debido a factores genéticos y deficiencias en el manejo de variedades como: densidades de siembra altas, alta fertilización con nitrógeno, cuando existe alta lámina de agua por efecto del riego, y cerca a la cosecha los vientos fuertes (Cuadro 3C). En los tres niveles del factor densidad, el nivel de 160 kg/ha de nitrógeno presentó los tallos más débiles.

5 CONCLUSIONES

En las condiciones donde se realizó este estudio se concluye que:

- En el índice de macollamiento se presentaron diferencias significativas únicamente entre las densidades de siembra. Al aumentar la densidad de siembra se reduce el índice de macollamiento.

- Los niveles de densidad de siembra no afectaron la altura al momento de máximo macollamiento y en la fase de primordio floral, mientras que al aumentar los niveles de nitrógeno aumentó la altura en dichos momentos.

- Al aumentar la dosis de nitrógeno se aumenta la altura en la fase de cosecha, contrariamente ocurre con la densidad de siembra; al aumentar esta se reduce la altura en la fase de cosecha.

- La longitud de las panículas no se vio afectada por la densidad de siembra, ni las dosis de nitrógeno.

- Conforme aumenta la densidad de siembra se reduce la cantidad de granos llenos por panícula.

- Al aumentar la densidad de siembra se reduce el número de granos totales por panícula.

- Conforme se aumentaron los niveles del factor densidad se reduce la cantidad de ramificaciones por panícula, ocurre lo contrario con los niveles de nitrógeno.

- El peso de 1000 granos no presentó diferencias significativas en ninguno de los factores estudiados

- Conforme se incrementa la fertilización nitrogenada se aumenta el rendimiento (ton/ha). No así para la densidad de siembra de semilla.

- El ingreso aumenta conforme se aumenta la dosis de nitrógeno. La densidad 2,5 qq/ha y 160 kg/ha de nitrógeno generó el mayor ingreso con un valor aproximado de ¢950.000 por hectárea.

- Conforme se acrecentó la dosis de nitrógeno, se reflejó en un aumento en el rendimiento de pilada.

- Al aumentar los niveles del factor densidad de siembra se redujo el rendimiento de grano entero; sucede lo contrario para el factor nitrógeno.

- Al aumentar los niveles del factor densidad de siembra se aumentó el porcentaje de grano quebrado grueso. Por el contrario al aumentar los niveles del factor nitrógeno se redujo el porcentaje quebrado grueso.

- El porcentaje de puntilla presentó interacción altamente significativa entre la densidad de tres quintales y las dosis de nitrógeno. Donde 3 qq/ha con 0 y 40 kg/ha de N presentaron el mayor porcentaje de puntillas y la interacción 3 qq/ha con 120 y 160 kg/ha de N arrojaron el menor porcentaje.

- Conforme se aumenta la dosis de nitrógeno, asimismo aumenta el número de tallos efectivos. La densidad de siembra no afectó significativamente los tallos efectivos.

- La incidencia y severidad de las enfermedades en todos los tratamientos fue muy baja, parece no haber efecto de la fertilización nitrogenada y de la densidad de siembra sobre la afectación de enfermedades en el período y la zona donde se llevó a cabo el experimento.

- Los tratamientos con el nivel mayor de fertilización y la menor densidad de siembra tuvieron menor resistencia al acame.

6 RECOMENDACIONES

Por los resultados obtenidos en el presente trabajo, se recomienda utilizar la densidad 2 qq/ha con las dosis de nitrógeno de 120 kg/ha, bajo un perfil económico; mientras que bajo un perfil ambiental se sugiere la densidad de 2 qq/ha y la dosis de 40 kg/ha. La dosis de 40 kg/ha de nitrógeno, ya que con esta se obtiene un ingreso neto muy cercano al obtenido cuando se utilizó 80 kg/ha de nitrógeno, pero utilizando la mitad de nitrógeno.

7 BIBLIOGRAFÍA

Adema, E. 2001. Perdida de Nutrientes por Erosión Hídrica en Dos Suelos Del Caldenal Pampeano. Consultada el 03 de Agosto 2010. Disponible en: http://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_19n2/adema_144154.pdf

Arce, 2006. Evaluación y Selección de Líneas de Arroz (*oryza sativa*), del Vivero ION – CIAT – Secano, en Base a Características Agronómicas, Resistencia a Enfermedades y Calidad Molinera. Tesis, Bachillerato en Ingeniería en Agronomía. San Carlos. Alajuela. Costa rica. ITCR. 116p.

Chandler, R. 1984. Arroz en los Trópicos. Primera Edición. IICA. San Jose. Costa Rica. 280 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), 1982. Fertilización Nitrogenada del Arroz. Cali. Colombia. 40p.

CIAT, 1985. Arroz: Investigación y Producción. Cali, Colombia. 224 p.

Conarroz (Corporación Arroceras Nacional), 2011. Inteligencia de Mercados/Informe Anual Estadístico 2009-2010. (En línea). Consultada el 11 de Noviembre del 2011. Disponible en: <http://www.conarroz.com/>.

Contin, A. 1975. Cultivo del Arroz: Manual de Producción. Editorial LIMUSA. Primera Edición. México. 690p.

Cordero, V. 1993. Fertilización y Nutrición Mineral del Arroz. Editorial Universidad de Costa Rica. San Jose, Costa Rica. 100 p.

Cruz, F. Claro, R. Mazon, U. 1987. Densidades de Siembra y Niveles Nitrógeno en la Variedad de Ciclo Medio “CP3 C2”. Editorial CIDA. Primera edición. Habana Cuba. 67 p.

Data, S. 1986. PRODUCCIÓN DE ARROZ: Fundamentos y prácticas. Traducido por Guzmán M y Fuentes Z. Primera Edición. México. Editorial LIMUSA S.A. 690 p.

Datta, S; Tauro, C; Balaoing, N. 1968. Effect of Plant Type and Nitrogen Level on the Growth Characteristics and Grain Yield of Indica Rice in the Tropics. Agron. 60(6) 643-647.

De la Casa, A; Ovando, G; Rodríguez, A; Bressanini, L; y Buffa, E. 2003. Evaluación espacial del nitrógeno disponible del suelo. Consultada el 03 de Agosto 2010. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S036528072003000300010&script=ci_arttext&tlng=es

Fernández, F; Vergara, B. 1985. Crecimiento y Etapas de Desarrollo de la Planta de Arroz. Investigación y Producción. Cali, CO, CIAT. 256 p.

- García, E. 1992. Incidencia de las Prácticas Culturales en la Arquitectura de la Planta de Arroz. Arroz. Bogotá. Colombia. Vol. 41 No. (377) p. 12-17.
- González, J; Rosero, M; Arregoces, O. 1985. Morfología de la Planta de Arroz. Investigación y Producción. Cali, CO, CIAT. 204 p.
- Grist, D. 1982. Arroz. Traducido por Marino, A. Primera Edición. México. Editorial Continental S.A. 716 p.
- Infoagro. 2010. El Cultivo del Arroz. (En línea). Consultada el 02 de Junio 2010. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>
- Jennings P. 1985. Mejoramiento del Arroz. Arroz: Investigación y Producción. Cali. Colombia. CIAT. 279 p.
- Jennings, P; Coffman, W; Kauffman, H. 1981. Mejoramiento de Arroz. Cali, CO, CIAT. 237 p.
- Jiménez W y Saavedra M. 2004. Estudio Comparativo de Diez Líneas Promisorias y Dos Variedades de Arroz (*Oryza sativa*. L) Para Condiciones de Secano en Cárdenas, Rivas. Tesis, Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Managua. Nicaragua. Consultada el 11 de Agosto 2010. Disponible en: <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30j61.pdf>
- Lira, E. 2004. Evaluación del sistema de intensificación de arroz (*Oryza sativa* L) en comparación a dos sistemas de siembra tradicionales bajo condiciones de riego en Darío, Matagalpa, Postrera 2003. Tesis Lic. Ing. Agr. Managua. Nicaragua, UNA. 55 p.
- Murillo J y González R. 1982. Manual de Producción de Arroz de Secano en Costa Rica. Segunda Edición. San José. Costa Rica. 132 p.
- Rodríguez. H. Arteaga. L. Cardona R. Ramon. M. Aleman L. 2002. Respuesta de las Variedades de Arroz Fonaip 1 y Cimarron a Dos Densidades de Siembra y Dos Dosis de Nitrógeno. Consultada el 12 de Julio, 2011. Disponible en: <http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev14%282%29/7.%20Respuesta%20de%20las%20variedades.pdf>.
- Ruiz, S. 1983. Prueba de Adaptabilidad, Rendimiento en Granza, Calidad Molinera y Culinaria de Variedades y Líneas Promisorias de Arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis, Licenciatura en Agronomía. Guanacaste, CR, UCR. 74 p.
- Soto, B. 1991. Estudio de Observación de 20 Variedades USA y 7 Líneas Promisorias Nacionales en Comparación con Dos Testigos Comerciales de Arroz. Managua, Nicaragua.
- Tascon, E. 1985 Arroz: Investigación y producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Cali. Colombia. 202p.
- Tinarelli, A. 1989. El Arroz. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Editorial Mundi-prensa. Madrid. 575p.

Vargas, J. 1985. El Arroz y su Medio Ambiente. Investigación y. Cali, CO, CIAT. 235 p.

Vega, F. 2009. Una Nueva Alternativa de Producción. Revista Actualidad Arrocera (CONARROZ) (01). San Jose. Costa Rica: 14-17.

8 ANEXOS

ANEXO A

Cuadro 1A. Análisis de varianza para el índice de macollamiento del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
INDICE DE MACOLLAMIENTO	45	0,55	0,34	64,56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	57,31	14	4,09	2,65	0,0123
DENSIDAD	27,69	2	13,84	8,96	0,0009
NITROGENO	12,83	4	3,21	2,08	0,1089
DENSIDAD*NITROGENO	16,79	8	2,10	1,36	0,2544
Error	46,36	30	1,55		
Total	103,67	44			

Cuadro 2A. Análisis de varianza para la altura al máximo macollamiento del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Máximo Macollamiento	45	0,58	0,39	10,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2643,27	14	188,80	2,99	0,0058
DENSIDAD	199,60	2	99,80	1,58	0,2226
NITROGENO	1978,49	4	494,62	7,83	0,0002
DENSIDAD*NITROGENO	465,17	8	58,15	0,92	0,5135
Error	1894,62	30	63,15		
Total	4537,89	44			

Cuadro 3A. Análisis de varianza para la altura al inicio del primordio floral del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Inicio Primordio Floral	45	0,57	0,36	11,07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4020,31	14	287,17	2,80	0,0088
DENSIDAD	619,32	2	309,66	3,02	0,0639
NITROGENO	3204,55	4	801,14	7,81	0,0002
DENSIDAD*NITROGENO	196,44	8	24,55	0,24	0,9799
Error	3077,85	30	102,59		
Total	7098,16	44			

Cuadro 4A. Análisis de varianza para la altura a la cosecha del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cosecha	45	0,54	0,32	6,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1389,56	14	99,25	2,50	0,0172
DENSIDAD	304,67	2	152,33	3,84	0,0328
NITROGENO	898,71	4	224,68	5,66	0,0016
DENSIDAD*NITROGENO	186,17	8	23,27	0,59	0,7810
Error	1190,70	30	39,69		
Total	2580,26	44			

Cuadro 5A. Análisis de varianza para la longitud de panículas del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LONGITUD DE PANÍCULA	45	0,40	0,11	4,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17,84	14	1,27	1,40	0,2117
DENSIDAD	7,61	2	3,81	4,19	0,0248
NITROGENO	2,63	4	0,66	0,73	0,5818
DENSIDAD*NITROGENO	7,60	8	0,95	1,05	0,4258
Error	27,25	30	0,91		
Total	45,10	44			

Cuadro 6A. Análisis de varianza para la cantidad de granos llenos del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GRANOS LLENOS	45	0,42	0,15	15,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5836,44	14	416,89	1,56	0,1483
DENSIDAD	3317,38	2	1658,69	6,22	0,0055
NITROGENO	901,56	4	225,39	0,85	0,5076
DENSIDAD*NITROGENO	1617,51	8	202,19	0,76	0,6410
Error	7998,00	30	266,60		
Total	13834,44	44			

Cuadro 7A. Análisis de varianza para la cantidad de granos vanos del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GRANOS VANOS	45	0,30	0,00	52,47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	164,44	14	11,75	0,90	0,5685
DENSIDAD	50,98	2	25,49	1,95	0,1598
NITROGENO	39,78	4	9,94	0,76	0,5589
DENSIDAD*NITROGENO	73,69	8	9,21	0,70	0,6848
Error	392,00	30	13,07		
Total	556,44	44			

Cuadro 8A. Análisis de varianza para la cantidad de granos totales del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GRANO TOTAL	45	0,42	0,15	16,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7094,98	14	506,78	1,55	0,1517
DENSIDAD	4195,51	2	2097,76	6,43	0,0047
NITROGENO	1013,64	4	253,41	0,78	0,5490
DENSIDAD*NITROGENO	1885,82	8	235,73	0,72	0,6703
Error	9786,00	30	326,20		
Total	16880,98	44			

Cuadro 9A. Análisis de varianza para el número de ramificaciones por panícula del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NUMERO DE RAMIFICACIONES	45	0,47	0,23	8,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17,91	14	1,28	1,92	0,0658
DENSIDAD	5,91	2	2,96	4,43	0,0206
NITROGENO	8,80	4	2,20	3,30	0,0235
DENSIDAD*NITROGENO	3,20	8	0,40	0,60	0,7702
Error	20,00	30	0,67		
Total	37,91	44			

Cuadro 10A. Análisis de varianza para el rendimiento (ton/ha) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento (Ton/ha)	45	0,66	0,51	11,60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	31,40	14	2,24	4,22	0,0005
DENSIDAD	0,39	2	0,20	0,37	0,6953
NITROGENO	28,87	4	7,22	13,57	<0,0001
DENSIDAD*NITROGENO	2,14	8	0,27	0,50	0,8435
Error	15,95	30	0,53		
Total	47,36	44			

Cuadro 11A. Análisis de varianza para el peso de 1000 granos (g) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PESO 1000 GRANOS	45	0,38	0,09	3,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23,61	14	1,69	1,30	0,2660
DENSIDAD	0,54	2	0,27	0,21	0,8149
NITROGENO	7,80	4	1,95	1,50	0,2274
DENSIDAD*NITROGENO	15,27	8	1,91	1,47	0,2102
Error	39,01	30	1,30		
Total	62,62	44			

Cuadro 12A. Análisis de varianza para el rendimiento de pilada (%) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO PILADA (%)	45	0,59	0,40	1,52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,7E-03	14	3,3E-04	3,06	0,0050
DENSIDAD	1,6E-04	2	8,2E-05	0,76	0,4787
NITROGENO	3,4E-03	4	8,5E-04	7,84	0,0002
DENSIDAD*NITROGENO	1,1E-03	8	1,4E-04	1,24	0,3109
Error	3,3E-03	30	1,1E-04		
Total	0,01	44			

Cuadro 13A. Análisis de varianza para el rendimiento de entero (%) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO ENTERO (%)	45	0,69	0,55	8,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,13	14	0,01	4,83	0,0001
DENSIDAD	0,02	2	0,01	5,52	0,0091
NITROGENO	0,09	4	0,02	11,89	<0,0001
DENSIDAD*NITROGENO	0,02	8	2,2E-03	1,13	0,3725
Error	0,06	30	1,9E-03		
Total	0,19	44			

Cuadro 14A. Análisis de varianza para el rendimiento de quebrado grueso (%) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO QUEBRADO GRUES..	45	0,65	0,49	21,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,06	14	4,3E-03	4,01	0,0007
DENSIDAD	0,01	2	0,01	5,84	0,0072
NITROGENO	0,04	4	0,01	9,08	0,0001
DENSIDAD*NITROGENO	0,01	8	1,1E-03	1,02	0,4397
Error	0,03	30	1,1E-03		
Total	0,09	44			

Cuadro 15A. Análisis de varianza para el rendimiento de puntilla (%) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
REN PUNTILLA %	45	0,72	0,59	14,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,2E-04	14	3,0E-05	5,53	<0,0001
DENSIDAD	7,7E-05	2	3,8E-05	7,09	0,0030
NITROGENO	2,3E-04	4	5,8E-05	10,73	<0,0001
DENSIDAD*NITROGENO	1,1E-04	8	1,4E-05	2,54	0,0307
Error	1,6E-04	30	5,4E-06		
Total	5,8E-04	44			

Particionado por densidades

Análisis de la varianza

DENSIDAD	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2,00	REN PUNTILLA	15	0,45	0,23	16,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,9E-05	4	1,2E-05	2,02	0,1671
NITROGENO	4,9E-05	4	1,2E-05	2,02	0,1671
Error	6,1E-05	10	6,1E-06		
Total	1,1E-04	14			

DENSIDAD	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2,50	REN PUNTILLA	15	0,13	0,00	17,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,2E-05	4	2,9E-06	0,39	0,8140
NITROGENO	1,2E-05	4	2,9E-06	0,39	0,8140
Error	7,6E-05	10	7,6E-06		
Total	8,8E-05	14			

DENSIDAD	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3,00	REN PUNTILLA	15	0,92	0,88	8,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,8E-04	4	7,1E-05	27,12	<0,0001
NITROGENO	2,8E-04	4	7,1E-05	27,12	<0,0001
Error	2,6E-05	10	2,6E-06		
Total	3,1E-04	14			

Cuadro 16A. Análisis de varianza para el número de tallos efectivos del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TALLOS EFECTIVOS	45	0,42	0,16	21,52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13813,87	14	986,70	1,58	0,1436
DENSIDAD	2185,73	2	1092,87	1,75	0,1914
NITROGENO	6709,20	4	1677,30	2,68	0,0504
DENSIDAD*NITROGENO	4918,93	8	614,87	0,98	0,4680
Error	18757,33	30	625,24		
Total	32571,20	44			

Cuadro 17A. Análisis de varianza para el número de tallos no efectivos del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de nitrógeno y densidad de siembra, Pococí, 2010.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TALLOS NO EFECTIVOS	45	0,36	0,06	142,63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	71,78	14	5,13	1,21	0,3199
DENSIDAD	7,51	2	3,76	0,88	0,4233
NITROGENO	26,67	4	6,67	1,57	0,2076
DENSIDAD*NITROGENO	37,60	8	4,70	1,11	0,3860
Error	127,33	30	4,24		
Total	199,11	44			

ANEXO B

Cuadro 1B. Contrastes para el índice de macollamiento del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (Ba) y nitrógeno (Bb), Pococí, 2010.

Contrastes (1Ba)

DENSIDAD	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-1,85	25,54	1	25,54	16,53	0,0003
Cuadrática	0,93	2,15	1	2,15	1,39	0,2478
Total		27,69	2	13,84	8,96	0,0009

Coefficientes de los contrastes

DENSIDAD	Ct.1	Ct.2
2,00	-1,00	1,00
2,50	0,00	-2,00
3,00	1,00	1,00

Contrastes (1Bb)

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	3,63	11,84	1	11,84	7,66	0,0096
Cuadrática	0,36	0,08	1	0,08	0,05	0,8202
Cúbica	0,44	0,18	1	0,18	0,11	0,7387
Cuártica	2,39	0,74	1	0,74	0,48	0,4951
Total		12,83	4	3,21	2,08	0,1089

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4
0	-2,00	2,00	-1,00	1,00
40	-1,00	-1,00	2,00	-4,00
80	0,00	-2,00	0,00	6,00
120	1,00	-1,00	-2,00	-4,00
160	2,00	2,00	1,00	1,00

Cuadro 2B. Contrastes para la altura al máximo macollamiento del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (Ba) y nitrógeno (Bb), Pococí, 2010.

Contrastes (Ba)

DENSIDAD	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-5,15	198,66	1	198,66	3,15	0,0863
Cuadrática	-0,61	0,94	1	0,94	0,01	0,9037
Total		199,60	2	99,80	1,58	0,2226

Coefficientes de los contrastes

DENSIDAD	Ct.1	Ct.2
2,00	-1,00	1,00
2,50	0,00	-2,00
3,00	1,00	1,00

Contrastes (Bb)

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	45,07	1827,90	1	1827,90	28,94	<0,0001
Cuadrática	-13,58	118,51	1	118,51	1,88	0,1809
Cúbica	-5,74	29,70	1	29,70	0,47	0,4981
Cuártica	-4,30	2,38	1	2,38	0,04	0,8475
Total		1978,49	4	494,62	7,83	0,0002

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4
0	-2,00	2,00	-1,00	1,00
40	-1,00	-1,00	2,00	-4,00
80	0,00	-2,00	0,00	6,00
120	1,00	-1,00	-2,00	-4,00
160	2,00	2,00	1,00	1,00

Cuadro 3B. Contrastes para la altura al inicio del Primordio floral del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (Ba) y nitrógeno (Bb), Pococí, 2010.

Contrastes (Ba)

DENSIDAD	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-8,71	568,55	1	568,55	5,54	0,0253
Cuadrática	-4,51	50,78	1	50,78	0,49	0,4872
Total		619,32	2	309,66	3,02	0,0639

Coefficientes de los contrastes

DENSIDAD	Ct.1	Ct.2
2,00	-1,00	1,00
2,50	0,00	-2,00
3,00	1,00	1,00

Contrastes (Bb)

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	56,01	2823,52	1	2823,52	27,52	<0,0001
Cuadrática	-23,94	368,57	1	368,57	3,59	0,0677
Cúbica	3,20	9,22	1	9,22	0,09	0,7665
Cuártica	5,02	3,24	1	3,24	0,03	0,8601
Total		3204,55	4	801,14	7,81	0,0002

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4
0	-2,00	2,00	-1,00	1,00
40	-1,00	-1,00	2,00	-4,00
80	0,00	-2,00	0,00	6,00
120	1,00	-1,00	-2,00	-4,00
160	2,00	2,00	1,00	1,00

Cuadro 4B. Contrastes para la altura a la cosecha del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (Ba) y nitrógeno (Bb), Pococí, 2010.

Contrastes (Ba)

DENSIDAD	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-6,35	302,10	1	302,10	7,61	0,0098
Cuadrática	-1,01	2,57	1	2,57	0,06	0,8010
Total		304,67	2	152,33	3,84	0,0328

Coefficientes de los contrastes

DENSIDAD	Ct.1	Ct.2
2,0	-1,00	1,00
2,5	0,00	-2,00
3,0	1,00	1,00

Contrastes (Bb)

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	27,32	671,85	1	671,85	16,93	0,0003
Cuadrática	-18,48	219,49	1	219,49	5,53	0,0255
Cúbica	2,19	4,31	1	4,31	0,11	0,7440
Cuártica	4,88	3,06	1	3,06	0,08	0,7832
Total		898,71	4	224,68	5,66	0,0016

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4
0	-2,00	2,00	-1,00	1,00
40	-1,00	-1,00	2,00	-4,00
80	0,00	-2,00	0,00	6,00
120	1,00	-1,00	-2,00	-4,00
160	2,00	2,00	1,00	1,00

Cuadro 5B. Contrastes para la longitud de panículas del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (Ba) y nitrógeno (Bb), Pococí, 2010.

Contrastes (Ba)

DENSIDAD	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-0,96	6,93	1	6,93	7,63	0,0097
Cuadrática	0,52	0,68	1	0,68	0,75	0,3928
Total		7,61	2	3,81	4,19	0,0248

Coefficientes de los contrastes

DENSIDAD	Ct.1	Ct.2
2,00	-1,00	1,00
2,50	0,00	-2,00
3,00	1,00	1,00

Contrastes (Bb)

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	1,38	1,71	1	1,71	1,88	0,1801
Cuadrática	-0,60	0,23	1	0,23	0,25	0,6194
Cúbica	0,79	0,56	1	0,56	0,61	0,4398
Cuártica	1,04	0,14	1	0,14	0,15	0,6996
Total		2,63	4	0,66	0,73	0,5818

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4
0	-2,00	2,00	-1,00	1,00
40	-1,00	-1,00	2,00	-4,00
80	0,00	-2,00	0,00	6,00
120	1,00	-1,00	-2,00	-4,00
160	2,00	2,00	1,00	1,00

Cuadro 6B. Contrastes para la cantidad de granos llenos del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (Ba) y nitrógeno (Bb), Pococí, 2010.

Contrastes (Ba)

DENSIDAD	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-20,27	3080,53	1	3080,53	11,55	0,0019
Cuadrática	9,73	236,84	1	236,84	0,89	0,3534
Total		3317,38	2	1658,69	6,22	0,0055

Coefficientes de los contrastes

DENSIDAD	Ct.1	Ct.2
2,00	-1,00	1,00
2,50	0,00	-2,00
3,00	1,00	1,00

Contrastes (Bb)

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	9,89	88,01	1	88,01	0,33	0,5699
Cuadrática	6,11	24,01	1	24,01	0,09	0,7662
Cúbica	15,22	208,54	1	208,54	0,78	0,3835
Cuártica	67,22	580,99	1	580,99	2,18	0,1503
Total		901,56	4	225,39	0,85	0,5076

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4
0	-2,00	2,00	-1,00	1,00
40	-1,00	-1,00	2,00	-4,00
80	0,00	-2,00	0,00	6,00
120	1,00	-1,00	-2,00	-4,00
160	2,00	2,00	1,00	1,00

Cuadro 7B. Contrastes para la cantidad de granos vanos del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (Ba) y nitrógeno (Bb), Pococí, 2010.

Contrastes (Ba)

DENSIDAD	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-2,53	48,13	1	48,13	3,68	0,0645
Cuadrática	1,07	2,84	1	2,84	0,22	0,6442
Total		50,98	2	25,49	1,95	0,1598

Coefficientes de los contrastes

DENSIDAD	Ct.1	Ct.2
2,00	-1,00	1,00
2,50	0,00	-2,00
3,00	1,00	1,00

Contrastes (Bb)

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	4,78	20,54	1	20,54	1,57	0,2196
Cuadrática	-3,44	7,63	1	7,63	0,58	0,4508
Cúbica	-2,33	4,90	1	4,90	0,38	0,5449
Cuártica	7,22	6,71	1	6,71	0,51	0,4793
Total		39,78	4	9,94	0,76	0,5589

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4
0	-2,00	2,00	-1,00	1,00
40	-1,00	-1,00	2,00	-4,00
80	0,00	-2,00	0,00	6,00
120	1,00	-1,00	-2,00	-4,00
160	2,00	2,00	1,00	1,00

Cuadro 8B. Contrastes para la cantidad de granos totales del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (Ba) y nitrógeno (Bb), Pococí, 2010.

Contrastes (Ba)

DENSIDAD	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-22,87	3921,63	1	3921,63	12,02	0,0016
Cuadrática	10,47	273,88	1	273,88	0,84	0,3668
Total		4195,51	2	2097,76	6,43	0,0047

Coefficientes de los contrastes

DENSIDAD	Ct.1	Ct.2
2,00	-1,00	1,00
2,50	0,00	-2,00
3,00	1,00	1,00

Contrastes (Bb)

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	14,22	182,04	1	182,04	0,56	0,4609
Cuadrática	1,56	1,56	1	1,56	4,8E-03	0,9454
Cúbica	13,22	157,34	1	157,34	0,48	0,4927
Cuártica	72,33	672,70	1	672,70	2,06	0,1613
Total		1013,64	4	253,41	0,78	0,5490

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4
0	-2,00	2,00	-1,00	1,00
40	-1,00	-1,00	2,00	-4,00
80	0,00	-2,00	0,00	6,00
120	1,00	-1,00	-2,00	-4,00
160	2,00	2,00	1,00	1,00

Cuadro 9B. Contrastes para el número de ramificaciones por panícula del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (Ba) y nitrógeno (Bb), Pococí, 2010.

Contrastes (Ba)

DENSIDAD	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-0,80	4,80	1	4,80	7,20	0,0117
Cuadrática	0,67	1,11	1	1,11	1,67	0,2066
Total		5,91	2	2,96	4,43	0,0206

Coefficientes de los contrastes

DENSIDAD	Ct.1	Ct.2
2,00	-1,00	1,00
2,50	0,00	-2,00
3,00	1,00	1,00

Contrastes (Bb)

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	1,22	1,34	1	1,34	2,02	0,1659
Cuadrática	-1,00	0,64	1	0,64	0,96	0,3340
Cúbica	0,89	0,71	1	0,71	1,07	0,3100
Cuártica	6,89	6,10	1	6,10	9,15	0,0051
Total		8,80	4	2,20	3,30	0,0235

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4
0	-2,00	2,00	-1,00	1,00
40	-1,00	-1,00	2,00	-4,00
80	0,00	-2,00	0,00	6,00
120	1,00	-1,00	-2,00	-4,00
160	2,00	2,00	1,00	1,00

Cuadro 10B. Contrastes para el rendimiento (ton/ha) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (Ba) y nitrógeno (Bb), Pococí, 2010.

Contrastes (Ba)

DENSIDAD	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-0,22	0,38	1	0,38	0,71	0,4055
Cuadrática	-0,07	0,01	1	0,01	0,02	0,8781
Total		0,39	2	0,20	0,37	0,6953

Coefficientes de los contrastes

DENSIDAD	Ct.1	Ct.2
2,00	-1,00	1,00
2,50	0,00	-2,00
3,00	1,00	1,00

Contrastes (Bb)

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	5,11	23,46	1	23,46	44,11	<0,0001
Cuadrática	-2,87	5,30	1	5,30	9,96	0,0036
Cúbica	0,35	0,11	1	0,11	0,21	0,6522
Cuártica	0,16	3,4E-03	1	3,4E-03	0,01	0,9365
Total		28,87	4	7,22	13,57	<0,0001

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4
0	-2,00	2,00	-1,00	1,00
40	-1,00	-1,00	2,00	-4,00
80	0,00	-2,00	0,00	6,00
120	1,00	-1,00	-2,00	-4,00
160	2,00	2,00	1,00	1,00

Cuadro 11B. Contrastes para peso de 1000 granos (g) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (Ba) y nitrógeno (Bb), Pococí, 2010.

Contrastes (Ba)

DENSIDAD	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-0,17	0,21	1	0,21	0,16	0,6923
Cuadrática	-0,36	0,33	1	0,33	0,25	0,6190
Total		0,54	2	0,27	0,21	0,8149

Coefficientes de los contrastes

DENSIDAD	Ct.1	Ct.2
2,00	-1,00	1,00
2,50	0,00	-2,00
3,00	1,00	1,00

Contrastes (Bb)

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-1,09	1,07	1	1,07	0,82	0,3722
Cuadrática	-1,17	0,88	1	0,88	0,67	0,4183
Cúbica	-2,46	5,44	1	5,44	4,18	0,0496
Cuártica	-1,79	0,41	1	0,41	0,32	0,5773
Total		7,80	4	1,95	1,50	0,2274

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4
0	-2,00	2,00	-1,00	1,00
40	-1,00	-1,00	2,00	-4,00
80	0,00	-2,00	0,00	6,00
120	1,00	-1,00	-2,00	-4,00
160	2,00	2,00	1,00	1,00

Cuadro 12B. Contrastes para el rendimiento de pilada (%) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (Ba) y nitrógeno (Bb), Pococí, 2010.

Contrastes (Ba)

DENSIDAD	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-4,7E-03	1,6E-04	1	1,6E-04	1,50	0,2302
Cuadrática	-6,7E-04	1,1E-06	1	1,1E-06	0,01	0,9202
Total		1,6E-04	2	8,2E-05	0,76	0,4787

Coefficientes de los contrastes

DENSIDAD	Ct.1	Ct.2
2,00	-1,00	1,00
2,50	0,00	-2,00
3,00	1,00	1,00

Contrastes (Bb)

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	0,06	3,1E-03	1	3,1E-03	28,66	<0,0001
Cuadrática	-3,3E-03	7,1E-06	1	7,1E-06	0,07	0,7996
Cúbica	-0,02	2,8E-04	1	2,8E-04	2,61	0,1165
Cuártica	2,2E-03	6,3E-07	1	6,3E-07	0,01	0,9396
Total		3,4E-03	4	8,5E-04	7,84	0,0002

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4
0	-2,00	2,00	-1,00	1,00
40	-1,00	-1,00	2,00	-4,00
80	0,00	-2,00	0,00	6,00
120	1,00	-1,00	-2,00	-4,00
160	2,00	2,00	1,00	1,00

Cuadro 13B. Contrastes para el rendimiento de entero (%) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (Ba) y nitrógeno (Bb), Pococí, 2010.

Contrastes (Ba)

DENSIDAD	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-0,05	0,02	1	0,02	11,03	0,0024
Cuadrática	-2,7E-03	1,8E-05	1	1,8E-05	0,01	0,9242
Total		0,02	2	0,01	5,52	0,0091

Coefficientes de los contrastes

DENSIDAD	Ct.1	Ct.2
2,00	-1,00	1,00
2,50	0,00	-2,00
3,00	1,00	1,00

Contrastes (Bb)

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	0,31	0,09	1	0,09	45,06	<0,0001
Cuadrática	0,07	3,1E-03	1	3,1E-03	1,58	0,2187
Cúbica	-0,04	1,8E-03	1	1,8E-03	0,92	0,3453
Cuártica	-4,4E-03	2,5E-06	1	2,5E-06	1,3E-030	9713
Total		0,09	4	0,02	11,89	<0,0001

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4
0	-2,00	2,00	-1,00	1,00
40	-1,00	-1,00	2,00	-4,00
80	0,00	-2,00	0,00	6,00
120	1,00	-1,00	-2,00	-4,00
160	2,00	2,00	1,00	1,00

Cuadro 14B. Contrastes para el rendimiento de quebrado grueso (%) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (Ba) y nitrógeno (Bb), Pococí, 2010.

Contrastes (Ba)

DENSIDAD	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	0,04	0,01	1	0,01	11,56	0,0019
Cuadrática	-0,01	1,3E-04	1	1,3E-04	0,13	0,7259
Total		0,01	2	0,01	5,84	0,0072

Coefficientes de los contrastes

DENSIDAD	Ct.1	Ct.2
2,00	-1,00	1,00
2,50	0,00	-2,00
3,00	1,00	1,00

Contrastes (Bb)

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-0,19	0,03	1	0,03	31,70	<0,0001
Cuadrática	-0,07	3,6E-03	1	3,6E-03	3,32	0,0785
Cúbica	0,04	1,4E-03	1	1,4E-03	1,27	0,2690
Cuártica	-0,01	1,3E-05	1	1,3E-05	0,01	0,9136
Total		0,04	4	0,01	9,08	0,0001

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4
0	-2,00	2,00	-1,00	1,00
40	-1,00	-1,00	2,00	-4,00
80	0,00	-2,00	0,00	6,00
120	1,00	-1,00	-2,00	-4,00
160	2,00	2,00	1,00	1,00

Cuadro 15B. Contrastes para el rendimiento de puntilla (%) del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (Ba) y nitrógeno (Bb), Pococí, 2010.

Contrastes (Ba)

DENSIDAD	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	3,1E-03	7,4E-05	1	7,4E-05	13,58	0,0009
Cuadrática	1,1E-03	3,2E-06	1	3,2E-06	0,59	0,4476
Total		7,7E-05	2	3,8E-05	7,09	0,0030

Coefficientes de los contrastes

DENSIDAD	Ct.1	Ct.2
2,00	-1,00	1,00
2,50	0,00	-2,00
3,00	1,00	1,00

Contrastes (Bb)

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-0,02	2,3E-04	1	2,3E-04	41,90	<0,0001
Cuadrática	-7,8E-04	3,9E-07	1	3,9E-07	0,07	0,7907
Total		2,3E-04	2	1,1E-04	20,99	<0,0001

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2
0	-2,00	2,00
40	-1,00	-1,00
80	0,00	-2,00
120	1,00	-1,00
160	2,00	2,00

Contrastes particionados por densidad de siembra (qq/ha)

Densidad 2

Contrastes

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-0,01	4,3E-05	1	4,3E-05	7,12	0,0236
Cuadrática	0,00	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Total		4,3E-05	2	2,2E-05	3,56	0,0680

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2
0	-2,00	2,00
40	-1,00	-1,00
80	0,00	-2,00
120	1,00	-1,00
160	2,00	2,00

Densidad 2,5

Contrastes

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-0,01	8,5E-06	1	8,5E-06	1,12	0,3142
Cuadrática	2,7E-03	1,5E-06	1	1,5E-06	0,20	0,6639
Total		1,0E-05	2	5,0E-06	0,66	0,5372

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2
0	-2,00	2,00
40	-1,00	-1,00
80	0,00	-2,00
120	1,00	-1,00
160	2,00	2,00

Densidad 3

Contrastes

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-0,03	2,8E-04	1	2,8E-04	106,17	<0,0001
Cuadrática	-0,01	5,4E-06	1	5,4E-06	2,06	0,1817
Total		2,8E-04	2	1,4E-04	54,11	<0,0001

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2
0	-2,00	2,00
40	-1,00	-1,00
80	0,00	-2,00
120	1,00	-1,00
160	2,00	2,00

Cuadro 16B. Contrastes para la cantidad de tallos efectivos del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (Ba) y nitrógeno (Bb), Pococí, 2010.

Contrastes (Ba)

DENSIDAD	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	16,67	2083,33	1	2083,33	3,33	0,0779
Cuadrática	6,40	102,40	1	102,40	0,16	0,6886
Total		2185,73	2	1092,87	1,75	0,1914

Coefficientes de los contrastes

DENSIDAD	Ct.1	Ct.2
2,00	-1,00	1,00
2,50	0,00	-2,00
3,00	1,00	1,00

Contrastes (Bb)

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	74,56	5002,68	1	5002,68	8,00	0,0083
Cuadrática	-49,89	1600,01	1	1600,01	2,56	0,1201
Cúbica	-4,67	19,60	1	19,60	0,03	0,8607
Cuártica	26,00	86,91	1	86,91	0,14	0,7119
Total		6709,20	4	1677,30	2,68	0,0504

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4
0	-2,00	2,00	-1,00	1,00
40	-1,00	-1,00	2,00	-4,00
80	0,00	-2,00	0,00	6,00
120	1,00	-1,00	-2,00	-4,00
160	2,00	2,00	1,00	1,00

Cuadro 17B. Contrastes para la cantidad de tallos no efectivos del material promisorio LP-5, en niveles crecientes de los factores densidad de siembra (Ba) y nitrógeno (Bb), Pococí, 2010.

Contrastes (Ba)

DENSIDAD	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	1,00	7,50	1	7,50	1,77	0,1938
Cuadrática	-0,07	0,01	1	0,01	2,6E-03	0,9595
Total		7,51	2	3,76	0,88	0,4233

Coefficientes de los contrastes

DENSIDAD	Ct.1	Ct.2
2,00	-1,00	1,00
2,50	0,00	-2,00
3,00	1,00	1,00

Contrastes (Bb)

NITROGENO	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Lineal	-0,67	0,40	1	0,40	0,09	0,7610
Cuadrática	-0,89	0,51	1	0,51	0,12	0,7318
Cúbica	-5,33	25,60	1	25,60	6,03	0,0201
Cuártica	1,11	0,16	1	0,16	0,04	0,8480
Total		26,67	4	6,67	1,57	0,2076

Coefficientes de los contrastes

NITROGENO	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4
0	-2,00	2,00	-1,00	1,00
40	-1,00	-1,00	2,00	-4,00
80	0,00	-2,00	0,00	6,00
120	1,00	-1,00	-2,00	-4,00
160	2,00	2,00	1,00	1,00

ANEXO C

Cuadro 1C. Evaluación de enfermedades en los ensayos a los 79 ddg y su respectiva escala de evaluación del SES.

Tratamiento	Rhynchosporium	Gerlachia
D1N1	1	1
D1N2	1	1
D1N3	1	1
D1N4	1	1
D1N5	1	1
D2N1	1	1
D2N2	1	1
D2N3	1	1
D2N4	1	1
D2N5	1	1
D3N1	1	1
D3N2	1	1
D3N3	1	1
D3N4	1	1
D3N5	1	1

Cuadro 2C. Evaluación de enfermedades en los ensayos a los 100 ddg y su respectiva escala de evaluación del SES.

Tratamiento	Piricularia en hoja	Piricularia en cuello	Sogata - Hoja Blanca	Helminthosporium	Sarocladium
D1N1	1	1	1	1	3
D1N2	1	1	1	3	3
D1N3	1	1	1	3	3
D1N4	1	1	1	3	5
D1N5	1	1	1	1	3
D2N1	1	1	1	3	3
D2N2	1	1	1	3	3
D2N3	1	1	1	3	5
D2N4	1	1	1	3	3
D2N5	1	1	1	3	5
D3N1	1	1	1	3	3
D3N2	1	1	1	3	5
D3N3	1	1	1	3	3
D3N4	1	1	1	3	3
D3N5	1	1	1	3	3

Cuadro 3C. Evaluación de enfermedades en los ensayos a los 115 ddg y su respectiva escala de evaluación del SES.

Tratamiento	Piricularia en cuello	Grano manchado	Desgrane	Gerlachia	Volcamiento	Resistencia
D1N1	1	3	1	1	1	1
D1N2	1	1	1	3	1	7
D1N3	1	3	1	3	1	7
D1N4	1	5	3	5	1	7
D1N5	1	3	1	5	1	7
D2N1	1	1	1	1	1	3
D2N2	1	1	1	1	1	3
D2N3	1	5	1	1	1	7
D2N4	1	1	1	5	1	5
D2N5	1	3	1	5	1	7
D3N1	1	1	1	1	1	3
D3N2	1	1	1	1	1	3
D3N3	1	1	1	3	1	3
D3N4	1	3	3	5	1	3
D3N5	1	3	1	5	1	5

Cuadro 4C. Evaluación de ácaros (individuos por tratamiento) en los ensayos a los 94 ddg y su respectiva escala de evaluación del SES.

Tratamiento	Acaro
D1N1	0
D1N2	0
D1N3	1
D1N4	0
D1N5	0
D2N1	0
D2N2	1
D2N3	0
D2N4	0
D2N5	0
D3N1	1
D3N2	0
D3N3	0
D3N4	0
D3N5	0

Cuadro 5C. Resultado del análisis químico de suelo en el terreno donde se llevó a cabo el estudio, Pococí, 2010.

Elemento	M.O	cmol(+)/L			mg/L						
		K	Ca	Mg	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
N.C.	5	0.2	4	1	10	12	0.2	1	10	5	3
Resultados		0.22	5.54	6.70	48			12.0	555	35	2
		Medio	Medio	Alto	Alto	Bajo		Medio	Alto	Medio	Bajo

ANEXO D



Figura 1D. Parcela cosechada y bordes no utilizados para reducir el efecto de borde, Pococí, 2010.



Figura 2D. Emergencia de las plántulas a las 7 ddd, Pococí, 2010.



Figura 3D. Inicio del primordio floral, Pococí, 2010.



Figura 4D. Maduración del grano, Pococí, 2010.

% Arenas totales = 35%
 % Arcillas totales=7,5%
 % Limo total= 57.5%

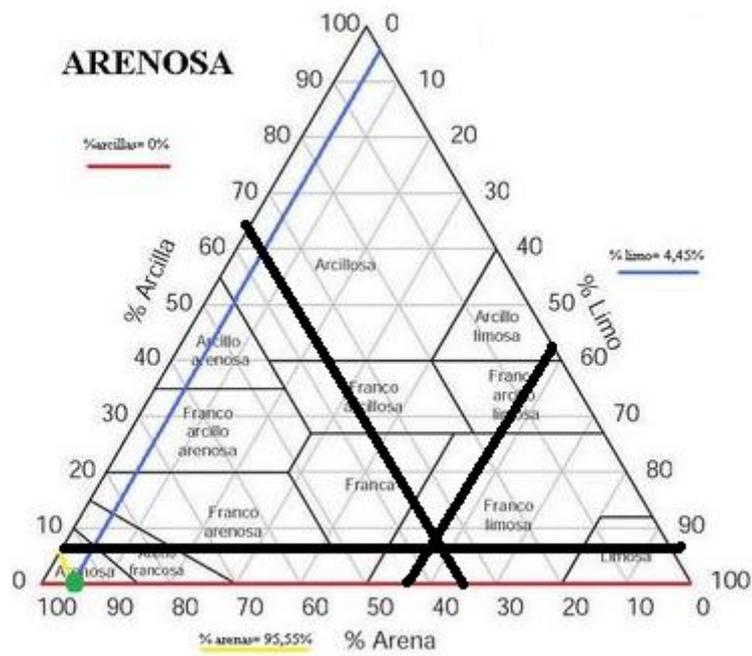


Figura 5D. Resultado del análisis de textura del suelo en donde se llevó a cabo el estudio, Pococí, 2010.