

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMIA



**“MANEJO DEL AGUA Y DEL NITRÓGENO EN LA PRODUCTIVIDAD
DE TRES CULTIVARES DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)
EN EL VALLE JEQUETEPEQUE”**

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

ANDREA EDIZA TORRES CÓRDOVA

LIMA – PERÚ












2023

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 del Reglamento de Propiedad Intelectual)**

Document Information

Analyzed document	TESIS ANDREA TORRES 2022 valle jequetepeque OCT 2022.docx (D145642360)
Submitted	2022-10-05 17:05:00
Submitted by	Elizabeth Consuelo Heros Aguilar
Submitter email	lizheros@lamolina.edu.pe
Similarity	13%
Analysis address	lizheros.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / ARTÍCULO AL 16 DE ABRIL 2022.docx Document ARTÍCULO AL 16 DE ABRIL 2022.docx (D144709586) Submitted by: lizheros@lamolina.edu.pe Receiver: lizheros.unalm@analysis.arkund.com	 73
SA	ORDOÑEZ ROBELLI JEFFERSON EDUARDO ARREGLADO2.docx Document ORDOÑEZ ROBELLI JEFFERSON EDUARDO ARREGLADO2.docx (D47947814)	 1
SA	UNU_AGRONOMIA_T_PETER PASCAL VASQUEZ_V2.pdf Document UNU_AGRONOMIA_T_PETER PASCAL VASQUEZ_V2.pdf (D112038679)	 1
SA	MORALES MOREJÓN CINDY ESTEFANIA 12.docx Document MORALES MOREJÓN CINDY ESTEFANIA 12.docx (D12858602)	 1
SA	CARBO AGUIRRE JEAN CARLOS.docx Document CARBO AGUIRRE JEAN CARLOS.docx (D46983297)	 3
SA	HUACÓN GALARZA NEY IRVIN 4.docx Document HUACÓN GALARZA NEY IRVIN 4.docx (D15182142)	 1
SA	PROYECTO FINAL.docx Document PROYECTO FINAL.docx (D21107130)	 1
SA	adrianc.doc Document adrianc.doc (D15015398)	 2
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / T_007_72503953_T.pdf Document T_007_72503953_T.pdf (D141404191) Submitted by: liarf@lamolina.edu.pe Receiver: liarf.unalm@analysis.arkund.com	 2
SA	UNU_AGRONOMIA_2022_T_VICTOR MANUEL LA TORRE MARIN V2.pdf Document UNU_AGRONOMIA_2022_T_VICTOR MANUEL LA TORRE MARIN V2.pdf (D141417115)	 1
SA	Tesis Claudio Perez.docx Document Tesis Claudio Perez.docx (D11980585)	 1

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMIA

**“MANEJO DEL AGUA Y DEL NITRÓGENO EN LA
PRODUCTIVIDAD DE TRES CULTIVARES DE ARROZ
(*Oryza sativa* L.) EN EL VALLE JEQUETEPEQUE”**

**Tesis para optar al Título de:
INGENIERA AGRÓNOMA**

ANDREA EDIZA TORRES CÓRDOVA

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

**Ing. Mg. Sc. Braulio La Torre Martínez
PRESIDENTE**

**Ph. D. Elizabeth Consuelo Heros Aguilar
ASESORA**

**Dr. Jorge Eduardo Jiménez Dávalos
MIEMBRO**

**Dr. Sady Javier García Bendezú
MIEMBRO**

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mis padres, Carmen Córdova y Sixto Torres, que son mi motor y motivo en las cosas que realizo, por el enorme esfuerzo para hacer posible mis sueños y los de mi familia.

A mis hermanos: Priscilla, Gonzalo y en especial a mi hermana Milagros por su apoyo incondicional, por los consejos y la confianza, por hacerme ver que soy capaz de realizar mis sueños a pesar de los obstáculos que tuvimos que afrontar.

A mis sobrinos por ser la alegría de mi vida. A mis tíos, primos y demás familiares, que día a día me alientan y guían a ser una mejor persona.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme acompañado, guiado y cuidado a lo largo de mi carrera y vida.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina, por mi formación profesional en estos años; a sus docentes, quienes han demostrado durante este periodo su profesionalismo y calidad humana.

Al Programa Nacional de Innovación Agraria – PNIA, por el apoyo económico.

A la Dra. Elizabeth Heros y al Ing. José Hernández por haberme brindado su apoyo y confianza para que se lleve a cabo este trabajo.

Al Ing. José Lau por brindarme el espacio para la realización del proyecto, así como sus consejos tanto profesionales como personales.

A mis amigos Sumiry Yuleysi Aguilar Silva y Mac Roger Chirinos Hinostroza.

Un agradecimiento especial a la familia Cotrina Sánchez por el apoyo incondicional y momentos vividos en Tecapa- San José.

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 ORIGEN E HISTORIA	4
2.2 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE ARROZ.....	4
2.3 TAXONOMÍA	5
2.4 ESPECIES.....	5
2.5 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	6
2.5.1. Raíz.....	6
2.5.2. Tallos	6
2.5.3. Inflorescencia	7
2.6 REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DEL CULTIVO DE ARROZ.....	7
2.7 MÉTODOS DE RIEGO EN EL CULTIVO DE ARROZ.....	8
2.7.1. Riego por inundación continua.....	9
2.7.2. Riego por secas intermitentes.....	11
2.8 NUTRICIÓN NITROGENADA DE LA PLANTA DE ARROZ.....	12
2.8.2. Absorción de nitrógeno	14
2.9 FUENTES DE NITRÓGENO.....	16
2.10PÉRDIDAS DE NITRÓGENO	19
2.10.1. Desnitrificación	21
2.11EFICIENCIA DE USO DE NITRÓGENO.....	22
2.12CULTIVARES DE ARROZ EN ESTUDIO	23
III. MATERIALES Y MÉTODO.....	25
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	25
3.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	25
3.3 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	26
3.4 MATERIALES Y EQUIPOS	27
3.4.1. Materiales de campo.....	27
3.4.2 Materiales en gabinete:.....	28
3.5 METODOLOGÍA	28
3.5.1. Factores en estudio	28
3.5.2. Tratamientos	28
3.5.3. Diseño experimental.....	29

3.5.4. Manejo agronómico.....	32
3.5.5 Variables evaluadas	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	38
4.1 RENDIMIENTO.....	38
4.2. COMPONENTES DE RENDIMIENTO	41
4.2.1. Numero de panículas por m ²	42
4.2.2. Granos llenos por panícula	42
4.2.3. Peso de 1000 granos	42
4.3 MATERIA SECA	46
4.4 ÍNDICE DE COSECHA	50
4.5. ALTURA DE PLANTAS A LA COSECHA	53
4.6. LONGITUD DE PANÍCULA (CM).....	55
4.7. ACUMULACIÓN DE NITRÓGENO A LA COSECHA (KG HA ⁻¹).....	56
4.8. DETERMINACIÓN DE EFICIENCIAS DE USO DE NITRÓGENO	58
4.8.1. Eficiencia de uso de nitrógeno (%)	59
4.8.2. Productividad parcial (kg arroz por kg N producido)	60
4.9. CALIDAD MOLINERA	63
4.9.1. Rendimiento de molinería	63
4.9.2. Porcentaje de granos enteros	64
4.9.3. Porcentaje de granos quebrados	64
4.10. CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DEL GRANO	64
4.11. PROTEÍNA EN GRANO	65
4.12. CALIDAD CULINARIA.....	66
4.13. GRADO DE DISPERSIÓN ALCALINA.....	67
4.14. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	68
4.14.1. Análisis de presupuesto parcial.	68
4.14.2. Análisis de dominancia	69
4.14.3. Tasa de Retorno Marginal.	69
V. CONCLUSIONES	73
VI. RECOMENDACIONES.....	74
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	75
VIII. ANEXOS.....	84

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación del arroz.....	5
Tabla 2. Requerimientos de agua en el cultivo de arroz.....	7
Tabla 3: Requerimientos nutricionales del cultivo de arroz	14
Tabla 4: Absorción y contenido de N de las variedades modernas de arroz.	15
Tabla 5: Resumen de las características agronómicas, calidad molinera, calidad culinaria y resistencia de enfermedades de los cultivares en estudio.	24
Tabla 6: Temperatura y precipitación durante la conducción del experimento en el Valle Jequetepeque, Campaña Agrícola 2017.	26
Tabla 7: Análisis de suelo – Caracterización, fundo Luzben	27
Tabla 8: Descripción de los tratamientos	28
Tabla 9: Descripción del diseño y área experimental en m ²	30
Tabla 10: Cantidad de fertilizante aplicado por subparcelas por niveles de N al 100%.	33
Tabla 11: Escala de clasificación del tamaño de grano de arroz pulido de acuerdo a su longitud en mm.	35
Tabla 12: Escala para la evaluación de temperatura de gelatinización a través de la prueba de dispersión alcalina.	36
Tabla 13: Prueba de Duncan _{0.05} para la variable rendimiento en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.....	39
Tabla 14: Prueba de Duncan _{0.05} para la variable componentes de rendimiento en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	41
Tabla 15: Coeficiente de correlación múltiple (r) y coeficiente de determinación (R ²) entre rendimiento y componentes del rendimiento para riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	43
Tabla 16: Coeficiente de correlación múltiple (r) y coeficiente de determinación (R ²) entre rendimiento y componentes del rendimiento para riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	44
Tabla 17: Prueba de Duncan _{0.05} para la variable materia seca en gm ⁻² en tres etapas de evaluación y su efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.....	46
Tabla 18: Prueba de Duncan _{0.05} para la variable Índice de cosecha (%) en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	51

Tabla 19: Prueba de Duncan _{0,05} para la variable Altura de planta (cm) en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	53
Tabla 20: Prueba de Duncan _{0,05} para la variable Longitud de panícula (cm) el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	55
Tabla 21: Prueba de Duncan _{0,05} para la variable acumulación de nitrógeno en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	56
Tabla 22: Prueba de Duncan _{0,05} para la variable eficiencia de uso de nitrógeno en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	59
Tabla 23: Prueba de Duncan _{0,05} para la variable calidad molinera en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	63
Tabla 24: Prueba de Duncan _{0,05} para la variable características biométrica del grano pulido (mm) en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	65
Tabla 25: Prueba de Duncan _{0,05} para la variable contenido de proteína en grano pilado en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	66
Tabla 26: Prueba de Duncan _{0,05} para la variable calidad culinaria en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	67
Tabla 27: Prueba de Duncan _{0,05} para la variable grado de dispersión alcalina en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	68
Tabla 28: Análisis de presupuesto parcial para riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	69
Tabla 29: Análisis de presupuesto parcial para riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	70
Tabla 30: Análisis de dominancia para riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	70
Tabla 31: Análisis de dominancia para riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	71
Tabla 32: Tasa de retorno marginal para riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	71
Tabla 33: Tasa de retorno marginal para riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rendimiento promedio en kg ha ⁻¹ de arroz paddy para riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares.	40
Figura 2. Rendimiento promedio en kg ha ⁻¹ de arroz paddy para riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares.	40
Figura 3. Matriz rendimiento versus número de panículas por m ² número de granos llenos por panícula y peso de mil granos para riegos por inundación continua.	44
Figura 4: Matriz rendimiento versus número de panículas por m ² , número de granos llenos por panícula y peso de mil granos para riegos por secas intermitentes.	45
Figura 5. Materia seca (kg ha ⁻¹) en tres etapas fenológicas para métodos de riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares. 2017-I.....	47
Figura 6. Materia seca (kg ha ⁻¹) en tres etapas fenológicas para métodos de riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.....	48
Figura 7: Correlación materia seca kg ha ⁻¹ y rendimiento en kg ha ⁻¹ para riegos por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.....	49
Figura 8. Correlación materia seca kg ha ⁻¹ y rendimiento en kg ha ⁻¹ para riegos por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	50
Figura 9: Índice de cosecha promedio en t ha ⁻¹ para riegos por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	52
Figura 10: Índice de cosecha promedio en t ha ⁻¹ para riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	53
Figura 11: Absorción de nitrógeno en kg ha ⁻¹ para riegos por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.....	57
Figura 12: Absorción de nitrógeno en kg h a ⁻¹ para métodos de riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	58
Figura 13: Eficiencia de uso de nitrógeno o eficiencia de recuperación para riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.....	59
Figura 14: Eficiencia de uso de nitrógeno o eficiencia de recuperación para riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.....	60
Figura 15: Productividad parcial para riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	61
Figura 16: Productividad parcial para riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	62

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para rendimiento ($t\ ha^{-1}$) obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares.	84
Anexo 2: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad (CV) para materia seca en punto de algodón (%) obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares.....	85
Anexo 3: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para materia seca en etapa de floración (%) obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.....	86
Anexo 4: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para materia seca en etapa de maduración (%) obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.....	87
Anexo 5: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para altura de planta (m) obtenido en niveles de nitrógeno y cultivares.	88
Anexo 6: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para longitud de panícula (m) obtenido en niveles de nitrógeno y cultivares.....	89
Anexo 7: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para Número de granos por m^2 obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares.....	90
Anexo 8: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para Granos llenos por panícula obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares.....	91
Anexo 9: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para Peso de 1000 granos obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	92
Anexo 10: Análisis de variancia para porcentaje de granos vanos obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.....	93
Anexo 11: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para longitud de granos obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	94
Anexo 12: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para ancho de granos obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	95
Anexo 13: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para espesor de granos obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	96
Anexo 14: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad (CV) el índice de cosecha obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	97

Anexo 15: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad (CV) para acumulación de nitrógeno(grano+paja) obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.....	98
Anexo 16: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para Eficiencia de uso de nitrógeno obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares.	99
Anexo 17: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para Producción parcial obtenido en dos métodos de riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares.....	100
Anexo 18: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para rendimiento de molinería obtenida en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	101
Anexo 19: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad (CV) para Porcentaje de granos enteros obtenida en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	102
Anexo 20: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para Porcentaje de granos quebrados obtenida en dos métodos de riegos, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	103
Anexo 21: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad índice de expansión de granos obtenida en dos métodos de riegos, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	104
Anexo 22: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para Volumen de agua (ml) obtenida en niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.....	105
Anexo 23: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para tiempo de cocción(min) obtenida en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.	106
Anexo 24: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para proteína en grano obtenida en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.....	107
Anexo 25: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para proteína en grano obtenida en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.....	108
Anexo 26: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para rendimiento de molinería en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz ...	109
Anexo 27: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para molinería en granos enteros en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.....	110

Anexo 28: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para molinería en granos quebrados en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz..	111
Anexo 29: Muestreo de profundidad de napa freática, valle Jequetepeque 2017.	111
Anexo 30: Instalación de campo y bordeamiento, valle Jequetepeque 2017.	112
Anexo 31: Crecimiento vegetativo, valle Jequetepeque 2017.	112
Anexo 32: Primera fertilización nitrogenada, valle Jequetepeque 2017.	113
Anexo 33: Floración del cultivar La Puntilla, valle Jequetepeque 2017.	113
Anexo 34: Cosecha del cultivar IR43 en la dosis de 0 kg de N ha ⁻¹ , valle Jequetepeque 2017.	114
Anexo 35: Acame del cultivar La Puntilla en la dosis de 360 kg N ha ⁻¹ en el método de riego por secas intermitente, valle Jequetepeque 2017.	114
Anexo 36: Trilla en campo de los cultivares de arroz en estudio. valle Jequetepeque 2017.	115

RESUMEN

En la producción de arroz, se utilizan grandes cantidades de agua y fertilizantes nitrogenados que además de la destrucción de la capa arable, conllevan problemas de contaminación acuífera y ambiental. Esta investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia de los métodos de riego (inundación continua y secas intermitentes) en el rendimiento en grano en interacción con niveles de nitrógeno (0, 240, 360 kg N ha⁻¹), de tres cultivares (IR43, Tinajones y La Puntilla) bajo siembra directa con una densidad de 60 kg ha⁻¹. El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar en parcelas divididas con tres factores y tres repeticiones, analizados en el programa Rstudio, bajo la prueba de Duncan. El máximo rendimiento (10.14 t ha⁻¹) fue obtenido con 360 kg N ha⁻¹ por el cultivar La Puntilla. Los niveles de nitrógeno aumentaron significativamente la materia seca y el rendimiento en grano. La eficiencia de uso del nitrógeno fue significativa, entre los niveles de nitrógeno, obteniéndose valores promedio de 71.09 kg de arroz producido por kg de N aplicado y 46.72 kg arroz producido por kg N acumulado en los niveles 240 y 360 kg N ha⁻¹ respectivamente. La Puntilla también obtuvo la mayor calidad molinera con 67.84 % de granos enteros. El experimento se manejó durante el primer semestre del año 2017, periodo que estuvo influenciado por la ocurrencia del fenómeno El Niño. Para los cultivares en estudio, el sistema de riego por inundación continua es más favorable para obtención de altos rendimientos. Como parte de los resultados el sistema de secas intermitentes con la dosis de 240 kg N ha⁻¹ y el cultivar La Puntilla fue el de mejor adaptación, considerándose la mejor opción tecnológica para las condiciones en las que se realizó el experimento en el Valle Jequetepeque.

Palabras clave: Arroz (*Oryza sativa*), Rendimiento, niveles de nitrógeno, cultivares, La Puntilla, calidad molinera.

ABSTRACT

In the production of rice, large amounts of water and nitrogenous fertilizers are used, which in addition to the destruction of the arable layer, entail problems of aquifer and environmental contamination. This research aimed to determine the efficiency of irrigation methods (continuous flooding and intermittent dry) on grain yield in interaction with nitrogen levels (0, 240, 360 kg N ha⁻¹), of three cultivars (IR43, Tinajones and La Puntilla) under direct sowing with a density of 60 kg ha⁻¹. The experimental design used was randomized blocks in divided plots with three factors and three repetitions, analyzed in the Rstudio program, under Duncan's test. The maximum yield (10.14 t ha⁻¹) was obtained with 360 kg N ha⁻¹ by cultivar La Puntilla. Nitrogen levels significantly increased dry matter and grain yield. Nitrogen use efficiency was significant, between nitrogen levels, obtaining average values of 71.09 kg of rice produced per kg of N applied and 46.72 kg of rice produced per kg N accumulated at levels 240 and 360 kg N ha⁻¹ respectively. . La Puntilla also obtained the highest milling quality with 67.84% of whole grains. The experiment was conducted during the first semester of 2017, a period that was influenced by the occurrence of the El Niño phenomenon. For the cultivars under study, the continuous flood irrigation system is more favorable for obtaining high yields. As part of the results, the intermittent dry system with a dose of 240 kg N ha⁻¹ and the La Puntilla cultivar was the best adapted, considering it the best technological option for the conditions in which the experiment was carried out in the Jequetepeque Valley.

Keywords: Rice, Yield, nitrogen levels, cultivars, La Puntilla, mill quality.

I. INTRODUCCIÓN

El consumo per cápita de arroz en el Perú durante el año 2015 fue de 54 kg, siendo uno de los consumos más altos en América Latina (MINAGRI, 2015). Esta es una de las razones por las cuales este cereal es el segundo cultivo de mayor producción en el país con una superficie sembrada de 440,000 has ubicadas en 17 regiones de la costa y gran parte de la selva. La producción fue de 3,043,776 t de arroz cáscara y un rendimiento promedio de 7.7 t ha⁻¹ (FAOSTAT,2016).

En la costa peruana se encuentra el Valle Jequetepeque, que abarca gran parte de las provincias de Pacasmayo y Chepén, en la campaña 2017-2018 se registró una producción 367 000 t cosechadas en 30,855 has con un rendimiento promedio de 11 900 kg ha⁻¹. Es para nosotros un escenario importante para realizar el estudio ya que la producción del valle representa el 95 % de la producción a nivel regional (Revista Agraria, 2018).

En los valles costeros el nitrógeno se aplica comúnmente en dosis de entre 180 y 240 kg N ha⁻¹ (Heros, 2013). El manejo del cultivo a lo largo del tiempo utiliza altas dosis de nitrógeno, aplicado en forma fraccionada, a la siembra y al macollamiento temprano, sin tener registros de las dosis y momentos oportunos, abusando de estas sin obtener mayores beneficios. Ortega (2006), recomienda que un manejo óptimo, permite la aplicación nitrogenada en un solo momento, siendo fundamental llenar las pozas inmediatamente después de la aplicación del fertilizante, hacer un control de malezas temprano y mantener la lámina de agua permanentemente. Al margen, las limitaciones que presenta el cultivo de arroz son altos costos de producción, carencia de asistencia técnica y crédito bancario. En cuanto a problemas agroambientales, se observa el incremento en la incidencia del virus de la hoja blanca (VHB), que afecta los rendimientos, así como de insectos minadores (*Hydrellia wirthi*) y masticadores (*Spodoptera frugiperda*).

Se ha observado que las diferencias en el rendimiento, después de la aplicación de fertilizantes están relacionadas con las pérdidas de nitrógeno (N) a través de la volatilización, desnitrificación y movilización de N (Carefoot et al., 1990). De manera similar la aplicación

del fertilizante de N a través de métodos convencionales utiliza grandes cantidades de fertilizante en las primeras etapas de crecimiento y muy poco en las etapas posteriores. Esta práctica tiene mayores posibilidades de pérdida de nutrientes (Achilea et al., 2005 citado por Nur F., Khanif M., Chand F., 2014). Además de ello, el riego convencional con inundación continua tiene una baja eficiencia, por lo que se necesita otras opciones, como el riego por humedecimiento y secado alternativo llamado comúnmente, secas intermitentes en la producción de arroz (Tuong y Bhuiyan 1999).

Los cultivares más sembrados en la costa norte del país, son IR43, conocido comúnmente como NIR, desarrollado por el International Rice Research Institute IRRI, le sigue Tinajones y en los últimos años se ha liberado el cultivar La Puntilla, ambos desarrollados por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), en la Estación Experimental Vista Florida.

El arroz es uno de los cereales de mayor consumo de agua, fertilizantes nitrogenados con baja eficiencia de uso, favoreciendo la contaminación del ambiente, las fuentes de agua subterránea y superficial, así como la degradación de los suelos. En las últimas décadas, los institutos internacionales y nacionales de investigación en arroz han desarrollado nuevas tecnologías enfocadas a mejorar la eficiencia de uso de agua y de nitrógeno a través de técnicas de ahorro de agua como desarrollo de cultivares que se siembren de manera aeróbica o la tecnología en la que alternan periodos de humedecimiento y secado del suelo para reducir el consumo de agua en el que durante el sistema de producción suprimen parcial o totalmente la necesidad de inundar el campo.

Frente a este escenario, esta investigación se llevó a cabo con la finalidad de determinar en el sistema de siembra directa, la mejor interacción entre los métodos de riego, los niveles de fertilización nitrogenada y cultivares, seleccionando el de mejor calidad molinera, de tal manera que los agricultores adopten esta alternativa y aportar a la disminución de los efectos adversos al ambiente, suelo y agua antes mencionados.

En la presente investigación tenemos los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Determinar la eficiencia del riego por inundación continua y secas intermitentes en respuesta de los niveles de nitrógeno en la productividad de tres cultivares de arroz.

Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento y los componentes de rendimiento de mayor influencia, en los tres cultivares de arroz estudiados, manejados con tres niveles de nitrógeno bajo riego por inundación continua y secas intermitentes.
- Determinar la eficiencia de la fertilización nitrogenada en tres cultivares de arroz en sistemas de riego por inundación continua y secas intermitentes.
- Seleccionar el cultivar de arroz con la más alta calidad molinera, mejor respuesta a los niveles de nitrógeno y riegos de inundación continua y secas intermitentes.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen e historia

El cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) comenzó hace casi 10,000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Los estudios recientes sobre el origen y la domesticación del arroz señalan a la región del Himalaya y suroeste de la China, como centros de diversificación y domesticación de la especie. Esto está apoyado por la presencia y conservación de la variación genética existente en la zona, debido a la diseminación de cruzamientos y aislamiento de dichas condiciones ambientales.

Dos hipótesis explican el origen de las especies cultivadas. Estos estudios suponen que la especie ancestral de *O. sativa* podría ser *O. nivara* en el sur y el sureste de Asia. En cuanto a *O. glaberrima* podría ser vía *O. breviligulata* del África tropical. (Franquet J.M., Borrás B., 2004).

Las rutas de dispersión del arroz en el mundo se iniciaron del sureste asiático (India) para la China 3000 años antes de Cristo. De allí fue para Corea y posteriormente para el Japón. en el siglo I antes de Cristo. También de la India fue llevado para las islas del océano Indico. principalmente Indonesia y Sri Lanka en la misma época. Generalmente los cultivos domesticados en el oriente del Asia fueron difundidos al Occidente en épocas relativamente recientes. La introducción del arroz al Occidente ocurrió aproximadamente en el 320 a.C. mientras que en América ocurrió en época poscolombina, siendo traído por los colonizadores españoles, portugueses y holandeses (Acevedo M., Castrillo W., Belmonte U., 2006)

2.2 Importancia del cultivo de arroz

El arroz es junto a la papa el cultivo más importante del país no solo por los altos consumos anuales, sino también porque su producción ha llegado a generar hasta 28 millones de jornales en campo y molino en el año 2010 (MINCETUR, 2018). En el 2017, el consumo aparente de arroz pilado en el Perú alcanzó un récord de 2.5000 000 t. El 84 % del consumo local es cubierto por nuestra producción y el 16 % restante por importaciones, que ha

aumentado en los últimos cinco años debido principalmente al bajo crecimiento de la producción, afectada en el último año por “El Niño costero” (MINAGRI, 2017).

2.3 Taxonomía

De acuerdo con lo reportado por gramene.org, la clasificación del arroz es:

Tabla 1: Clasificación del arroz

Reino	Plantae	Planta
Subreino	Trachebionta	Planta vascular
Superdivisión	Espermatofita	Planta con semilla
División	Magnoliophyta	Planta con flores
Clase	Liliopsida	Monocotiledónea
Subclase	Commelinidae	
Orden	Cyperales	
Familia	Poaceae	Gramínea
Género	<i>Oryza</i> L.	Arroz

FUENTE: NRCS, 2018.

2.4 Especies

Dos especies de arroz se cultivan actualmente: *Oryza sativa* L. que es de origen asiático y *Oryza glaberrima* S. de origen africano. La sección sativa que abarca las especies cultivadas y a la cual se debe la expansión del cultivo son en su mayoría anuales poseen un numero base de cromosomas de 12 (Degiovanni V., Berrío L., Charry R., 2010).

En la especie *Oryza sativa* L. se consideran tres grupos o tipos de arroz: indica, japónica y javánica o bulu. El tipo indica y el tipo japónica fueron considerados subespecies de *O. sativa* L. pero actualmente son razas eco geográficas.

- Las variedades tradicionales de tipo indica que se cultivan en los trópicos tienen las siguientes características: mayor altura que otras variedades, macollamiento denso, hojas largas e inclinadas de color verde pálido y grano de mediano a largo. Estos granos tienen un contenido de amilosa entre medio y alto que les da un aspecto seco y blando y los hace poco aptos para desintegrarse en la cocción. Los trabajos de mejoramiento han

producido variedades de arroz de tipo indica de menor estatura. mayor macollamiento y respuesta al nitrógeno como el tipo japónica, siendo este tipo de arroz el que sembramos en nuestro país.

- Las variedades de tipo japónica tienen hojas erectas de color verde intenso y una capacidad de macollamiento menor que la de las variedades de tipo indica; tienen mayor respuesta al nitrógeno, no reaccionan al fotoperiodo y toleran bajas temperaturas. Sus granos son cortos, anchos y su contenido de amilosa que es bajo los hace pegajosos y con tendencia a desintegrarse en la cocción.
- Las variedades de tipo javánica o bulu son morfológicamente similares a las de tipo japónica, pero sus hojas son más anchas y pubescentes, emiten pocos macollos, aunque la planta es fuerte y rígida. Tampoco reaccionan al fotoperiodo y sus granos son aristados (Degiovanni V., Berrío L., Charry R., 2010).

2.5 Descripción botánica

El arroz se define como una gramínea anual de tallos cilíndricos y huecos compuestos de nudos y entrenudos, hojas de lámina plana y angosta unidas a los tallos por la vaina y la inflorescencia en una panícula. La altura de la planta es muy variable, sin embargo, los cultivares modernos preferidos presentan alturas semienanas (1 m) a intermedias (1.30 m) y son resistentes al acame.

2.5.1. Raíz

El sistema radical del arroz está formado por dos tipos de raíces: las seminales y las adventicias. Si bien ambas clases se desarrollan de nudos, las adventicias que se encuentran en inundación continua, a su vez poseen dos clases de raíces. Las raíces superficiales laterales (ageotrópicas) y las raíces comunes. Las raíces comunes solo crecen hasta aproximadamente los 40 cm de profundidad porque la difusión de oxígeno a través del aerénquima hacia las raíces en crecimiento se vuelve deficitaria.

2.5.2. Tallos

Cada tallo de la planta está formado de una serie de nudos y entrenudos. Cada nudo superior tiene una hoja (lámina) y una yema, la cual puede desarrollar un macollo. La hoja bandera esta empalmada en el nudo con su vaina que rodea todo el tallo. En la unión entre la lámina y la vaina se encuentran las dos aurículas y la lígula.

2.5.3. Inflorescencia

Las espiguillas son trifloras y hermafroditas. la última es la fértil y las dos inferiores están representadas por órganos vestigiales; y se encuentran reunidas en inflorescencias racimosas formando panículas. El fruto es una cariósipide envuelta por las glumelas (lemma y palea) y la semilla propiamente dicha está constituida por el endospermo y el embrión (Degiovanni V., Berrío L., Charry R., 2010).

2.6 Requerimientos hídricos del cultivo de arroz

Los sistemas de producción de arroz necesitan agua para tres propósitos principales: i) evapotranspiración; ii) infiltración y percolación; y iii) prácticas específicas de gestión del agua, como la preparación del terreno y el drenaje antes del macollamiento.

La cantidad de agua utilizada por los arrozales (lluvia más riego) es hasta dos o tres veces mayor que para otros cereales. Varía desde 400 mm en suelos arcillosos pesados con capas freáticas poco profundas, que suministran agua para la transpiración del cultivo y por aumento capilar a más de 2000 mm en suelos de textura gruesa con capas freáticas profundas. (Bouman B., Tuong T., Cabangon R., Lu G., Feng Y., Zhichua Z., 2004)

La cantidad de agua utilizada para la preparación de la tierra puede variar de 150-250 mm para labores de batido y trasplante cuando el tiempo transcurrido entre el remojo y el trasplante es de unos pocos días o cuando aún se siembra directamente en suelo húmedo (Tabla 2).

Tabla 2. Requerimientos de agua en el cultivo de arroz.

Propósito del uso del agua	Uso-consumo(mm)		Observaciones
	Bajo	Alto	
Preparación de terreno	150	250	Proporcionar la humedad del suelo, arar y batir.
Evapotranspiración	500	1200	
Filtración y percolación	200	700	Mantener los niveles de agua.
Drenaje a mitad de temporada	50	100	Relleno del depósito de agua después del drenaje
Total	900	2250	

FUENTE: FAO, 2004

Después del establecimiento del cultivo, el suelo generalmente se mantiene con una lámina de agua estática hasta poco antes de la cosecha. Las pérdidas de agua en el cultivo de arroz se presentan por la infiltración (flujo de agua lateral) y la percolación (flujo de agua hacia abajo debajo de la zona de la raíz). Las pérdidas de agua por infiltración y percolación varían de 1 a 5 mm por día para suelos arcillosos pesados de 25 a 30 mm por día en suelos arenosos y franco arenosos (Bouman y Tuong, 2001).

La evapotranspiración constituye el agua transferida desde el suelo a la atmósfera, incluyendo la evaporación y el agua transpirada desde el cultivo. Dicho proceso se encuentra influenciado por diversos factores climáticos tales como radiación, humedad relativa, temperatura, viento y los factores de suelo como disponibilidad de agua y factores del cultivo como tipo y estado fenológico. Las tasas de evapotranspiración combinadas típicas de los arrozales son de 4 a 5 mm al día en la estación húmeda y de 6 a 7 mm al día en la estación seca, pero pueden alcanzar los 10 a 11 mm al día en las regiones subtropicales. (Tabbal et al., 2002 citado por Maina M. M. et al., 2014).

La escorrentía o el flujo superficial es el derrame cuando las láminas de agua se elevan por encima de los arrozales. La filtración, la percolación, la escorrentía y la evaporación son flujos de agua no productivos y pueden considerarse flujos de pérdida a nivel de campo.

Alrededor de 1300-1500 mm es un valor típico para el arroz irrigado en Asia. Las salidas de agua por infiltración y percolación representan aproximadamente el 25 a 50 % de todos los aportes de agua en suelos pesados con capas de agua poco profundas de 20 a 50 cm de profundidad (Cabangon et al., 2004; Dong et al., 2004 citado por Bouman B.A.M., Lampayan R.M., Tuong T.P., 2007) y 50 a 85 % en suelos de textura gruesa con capas freáticas profundas de 1.5 m de profundidad o más (Sharma et al., 2002; Singh et al., 2002 citado por Liu H., Hussain S., Zheng M., Peng S., Huang J., Cui K., Nie L., 2014).

2.7 Métodos de riego en el cultivo de arroz

La mayor parte del arroz del mundo se produce en los suelos inundados en zonas bajas, con topografía plana. La inundación determina una serie de cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo, que son diferentes a los que se encuentran en condiciones de tierras altas. Los diferentes métodos de riego, desde el riego de inundación, surcos y aspersiones hasta el riego por goteo, muestran un aumento en la eficiencia de la aplicación de campo (Susi et al. 2010 citado por Haghghati B., Salehi F., 2012).

Estos cambios son de gran importancia práctica para el comportamiento de los compuestos nitrogenados en los suelos de arroz.

2.7.1. Riego por inundación continua

Este método consiste en establecer una lámina de agua estática de manera continua durante gran parte del ciclo del cultivo de arroz, principalmente en trasplante y desde la etapa de máximo macollamiento hasta la maduración del grano. En el Manual Técnico del Cultivo de Arroz (DICTA, 2003) indican que el arroz que es cultivado en inundación requiere de cultivares que respondan a grandes cantidades de agua que aseguran su rendimiento. Este tipo de manejo cumple tres funciones:

- Modificar las características físicas de la planta.
- Cambiar las características fisicoquímicas y el estado nutricional de los suelos.
- Controlar las malezas, bloqueando y alterando su crecimiento.

Además, posee ciertas ventajas como evitar que las temperaturas cambien bruscamente y dañen al cultivo (debido al alto calor específico del agua), aumento en la disponibilidad de nutrientes para la planta como hierro, manganeso, silicio sobre todo en las primeras etapas de inundación, además de un aumento en la fotosíntesis por el reflejo de la luz de la lámina de agua a las hojas basales (Chaudhary R., Nanda J., Tran D., 2003).

La subsiguiente inundación del suelo durante la preparación de la tierra (batido) y el trasplante de las plántulas de arroz transforma la capa superficial en un lodo uniforme: con una conductividad más baja que la del suelo original.

a) Efectos de la inundación en la disponibilidad y absorción de N

Según Dobermann A., Fairhurst T. (2005), la disponibilidad de N es mayor en suelos inundados que en suelos aireados, pero varias características únicas de los suelos inundados complican el manejo de N. Después de la inundación, el oxígeno del suelo es rápidamente consumido por los microorganismos, debido a que la tasa de difusión del O₂ es 10,000 veces más lenta en los poros del suelo llenos de agua que en los poros llenos de aire.

Como resultado, el potencial redox del suelo, un indicador de la reducción del suelo decrece rápidamente en un periodo de 3-5 semanas después de la inundación a un nuevo estado de equilibrio. La tasa de decrecimiento está determinada por la cantidad de materia orgánica que puede descomponerse y por la disponibilidad de O₂, NO₃⁻, óxidos e hidróxidos de Mn,

óxidos e hidróxidos de Fe y SO_4^{2-} que se utilizan como receptores de electrones en la descomposición microbiana. Pocos días después de la inundación, el NO_3^- se reduce y se pierde como N_2 y N_2O mientras que el NH_4^+ tiende a acumularse como resultado de la mineralización de N. Pocas semanas después de la inundación se desarrollan cuatro zonas que contribuyen al suplemento de N:

-Una capa de agua de inundación de profundidad variable (1-15 cm) con una flora viviente que consiste en bacterias y algas que contribuyen a la fijación biológica de N_2 .

-Una capa oxidada muy delgada (0.1-1 cm) que se localiza inmediatamente por debajo de la capa de agua de inundación.

-Una capa gruesa de suelo reducido (10-20 cm) que se encuentra entre la capa oxidada y la capa hasta dónde llega la remoción del suelo con la labranza.

- Una delgada capa oxidada en la rizósfera (0.1-0.5 cm) de las raíces que crecen en el suelo reducido. Las plantas saludables de arroz mantienen condiciones oxidadas en la rizósfera al excretar O_2 transportado desde la parte superior de la planta a las raíces por el aerénquima. El NH_4^+ es nitrificado a NO_3^- , siendo este altamente móvil y puede lixiviarse o difundirse a la capa de suelo reducida donde se pierde rápidamente por desnitrificación (N_2 y N_2O gaseoso) y lixiviación (en suelos de textura gruesa).

Por efecto de la mineralización de la materia orgánica y de los residuos del cultivo, el NH_4^+ soluble e intercambiable se acumula en la capa reducida del suelo durante las primeras etapas de crecimiento, cuando la demanda de N es pequeña. A pesar de que el NH_4^+ es la forma predominante de N mineral en los suelos inundados, el arroz absorbe con igual eficiencia ambas formas de N (NH_4^+ y NO_3^-). Las transformaciones de N son diferentes cuando el fertilizante nitrogenado es incorporado al suelo (aplicación basal de N) o cuando se aplica al voleo sobre el agua de inundación, si se incorporan fertilizantes portadores de NH_4^+ en la capa reducida del suelo, el NH_4^+ se adsorbe en los coloides, los microorganismos lo inmovilizan temporalmente o se retiene abióticamente en los componentes de la materia orgánica como los compuestos fenólicos.

El arroz irrigado de zonas bajas tiene un sistema radicular muy denso y fibroso (>90% de las raíces presentes en los primeros 20 cm del suelo). Las raíces de arroz adquieren eficientemente N de la capa reducida y del N aplicado al voleo durante etapas medias de

crecimiento. Sin embargo, el N aplicado en la capa reducida tiene una presencia más prolongada en el suelo que el aplicado al voleo.

2.7.2. Riego por secas intermitentes

El humedecimiento y secado alternativos, llamado comúnmente por los agricultores arroceros como ‘secas intermitentes’ consiste en disminuir el uso del agua en la producción de arroz, bajo ciertos parámetros técnicos y manejo de la lámina de agua. El arroz cultivado bajo prácticas tradicionales en Asia requiere entre 700 y 1500 mm de agua durante una temporada de cultivo, dependiendo de la textura del suelo. La cantidad real de agua utilizada por los agricultores, para la preparación de la tierra y durante el crecimiento del cultivo es mucho mayor que el requerimiento real de campo. Por lo tanto, se requiere una mejora y más cuidado del agua para la seguridad alimentaria futura.

La mayoría de los agricultores manejan láminas permanentes de agua de 10 cm de altura para el cultivo arroz, durante 15 o 20 días. Ese almacenamiento de agua origina pudrición y por ende más metano en el ambiente. Por esto se ha promovido reducir la lámina a 2 o 3 cm y mantener ese volumen por periodos intermitente, durante siete días luego, se esperan diez días para hacer el siguiente riego, igualmente con una lámina de 2 - 3 cm, es decir periodos alternativos de riego y secado que varios autores han llamado AWD (Alternate Wetting and Drying) (Carrijo D., Lundy M. Linquist A., 2016).

Al disminuir la lámina de agua y dando más periodos de secado, manteniendo una baja humedad en el suelo, genera que la planta macolle más, permitiendo obtener hasta entre 25 y 30 nuevos tallos. Cuando se colocaba una lámina de 10 cm, el agua cubría un gran porcentaje de yemas o inhibía su crecimiento. En lugar de 25 yemas producía solo 15 yemas, es decir, 10 de ellas quedaban inactivas por el exceso de agua (Gupta et al., 1976; Hossain et al. 2002; citado por Dhital, 2011).

En Guilan, los resultados utilizando el cultivar de arroz Binam han demostrado que la mejor profundidad y duración de la capa fue de 5 cm y 5 días respectivamente, el momento de secado en el campo fue durante la etapa de macollamiento en el tipo de riego por inundación continua (SWRI, 1987 citado por Haghghati B., Salehi F., 2012).

El riego intermitente bien planificado y ejecutado, puede lograr un ahorro promedio de agua de riego del 35 % en comparación con el riego continuo (Bouman y Tuong 2001; Tabbal et al. 2002; Farooq et al. 2009; Susi et al. 2010 citado por Adnyana M. et al., 2017).

Según Pascual V. Wang Y.M. (2016), se podría ahorrar entre un 25 a 50 por ciento de agua mediante riegos de humedecimiento y secado sin tener ningún efecto adverso en la producción de arroz. Sin embargo, debe evaluarse las características del suelo y las condiciones climáticas.

El secado y humedecimiento alternativo, aumenta los niveles de zinc, corrigiendo las deficiencias de los suelos ácidos, aumentando los rendimientos, debido a un mayor crecimiento, macollamiento y buen llenado de grano (IRRI, 2013).

Se ha realizado muy poca investigación para cuantificar el impacto de AWD en los diferentes flujos de salida de agua: evaporación, infiltración y percolación. El poco trabajo realizado hasta ahora sugiere que este sistema reduce principalmente los flujos de filtración y percolación y solo tiene un pequeño efecto en los flujos de evaporación. Belder, Bouman B., Spiertz J., Cabangon, R., Guoan, L., Quilang E. (2007) calcularon que las pérdidas por evaporación se redujeron en un 2–33% en comparación con las condiciones de inundación total.

2.8 Nutrición nitrogenada de la planta de arroz

Los principales factores que determinan el rendimiento en el cultivo de arroz son: genotipo o cultivar sembrado; condiciones ambientales imperantes (principalmente temperatura y radiación solar); suministro adecuado de agua y disponibilidad de nutrientes. Uno de estos nutrientes es el nitrógeno, que es requerido en altas cantidades por este cultivo.

2.8.1. Requerimientos de nitrógeno del cultivo de arroz

El arroz tiene requerimientos de fertilizantes nitrogenados de suelo diferente a otros cultivos. El nitrógeno del suelo se produce principalmente en combinación orgánica en el suelo. La descomposición de la materia orgánica que conduce a la liberación de iones de amonio a la solución del suelo se produce a un ritmo más lento en un suelo inundado que en un suelo no inundado.

Ortega (2006), en cuanto a la participación de los elementos el nitrógeno en el cultivo de arroz responde muy bien a las aplicaciones. Las dosis de nitrógeno a aplicar varían entre 60 y 120 kg de N ha⁻¹ dependiendo de la cantidad de nitrógeno que el suelo pueda suministrar, las dosis mayores deben ser usadas en suelos con más años de arroz. En los valles costeros el nitrógeno se aplica comúnmente como urea (46 % N), lo cual se traduce en dosis de entre 130 y 270 kg urea ha⁻¹. La urea puede ser aplicada en forma fraccionada, a la siembra y al macollamiento temprano, dependiendo principalmente del manejo del agua y del control de malezas del agricultor. Un manejo óptimo, sin "secas" y un control de malezas temprano, permite la aplicación de la urea en un solo momento. A la siembra, la urea puede ser aplicada sobre el suelo seco, incorporando con rastra e inundando inmediatamente; otra alternativa es evitar el rastraje incorporando la urea con el agua, la incorporación de la urea al momento del fangueo también ha dado buenos resultados. Es fundamental llenar las pozas inmediatamente después de la aplicación de la urea, hacer un control de malezas temprano y mantener la lámina de agua permanentemente:

Las variedades de arroz de alto rendimiento pueden realizar extracciones en torno a los 200 kg de N por hectárea, que corresponde a 18.4 kg de N por tonelada de grano producido, Atanasiu citado por Gabrielli y Pintos (2013).

Benintende et al. (2011), reportan valores promedio de nitrógeno absorbido durante todo el ciclo del cultivo para tres cultivares de arroz de 119 kg N ha⁻¹ similares a los encontrados de 111 kg N ha⁻¹.

El suministro de nitrógeno para el arroz proviene en gran parte de:

- Nitrógeno de amonio y nitrato presente cuando el suelo está inundado.
- Nitrógeno mineralizado a partir de materia orgánica del suelo y residuos de plantas bajo.
- Nitrógeno fijado por algas y bacterias heterótrofas.
- Nitrógeno añadido como fertilizante.

Las formas de nitrógeno orgánico son una reserva potencial de nitrógeno para el arroz solo después de que la forma orgánica se haya convertido a la forma inorgánica.

Tabla 3: Requerimientos nutricionales del cultivo de arroz

Nutriente	Requerimiento kg t ⁻¹ grano	Índice de cosecha	Rendimiento de 6000 kg ha ⁻¹	
			Necesidad	Extracción
	22.2	0.66	133	88
Fosforo	3.1	0.84	19	16
Potasio	26.2	0.1	157	16
Calcio	2.8	0.04	17	1
Magnesio	2.4	0.42	14	6
Azufre	0.94	0.64	6	4
Boro	0.016	0.5	0	0.048
Cloro	9.7	0.43	58	25.026
Cobre	0.027	0.92	0	0.149
Hierro	0.35	0.57	2	1.197
Manganeso	0.37	0.16	2	0.355
Zinc	0.04	0.5	0	0.12
Silicio	51.7	0.19	310	59

FUENTE: Archivo agronómico N° 3, PNI- Ciampitti I., García O., T., 2007.

2.8.2. Absorción de nitrógeno

La absorción de nitrógeno está determinada por su demanda o por la disponibilidad del elemento en el suelo. La eficiencia interna de N en arroz es afectada por el suplemento de N y el estado general de nutrientes en la planta. En una situación con nutrición balanceada y óptimas condiciones de crecimiento, la eficiencia interna óptima en variedades modernas de arroz es de 68 kg de grano por cada kg de N absorbido por la planta, lo que equivale a la remoción de 14.7 kg de N por tonelada de grano a niveles de rendimiento de 70-80% del rendimiento máximo (Stewart W., 2007).

En parcelas de arroz irrigado en Asia, la remoción promedio de N observada es de 17.5 kg de N t⁻¹ de grano. Por lo tanto, un rendimiento de 6 t ha⁻¹ de grano absorbe 105 kg de N ha⁻¹ de los cuales el 40% permanece en la paja a la madurez. Si solamente se saca el grano y se retorna la paja al lote, se remueven 10.5 kg de N t⁻¹ de grano. Casi todo el N contenido en la paja se pierde en la quema. Estos datos podrían no representar el óptimo uso interno de N que podría mejorarse añadiendo suficientes cantidades de potasio y fosforo en sitios donde estos nutrientes son deficientes. (Dobermann A., Fairhurst T., 2005).

Tabla 4: Absorción y contenido de N de las variedades modernas de arroz.

		Rango típico observado ^a	Promedio observado ^b
Parte de la planta		kg de N absorbido t ⁻¹ de grano	
Grano	+	15-20	17.5
paja			
Grano		09-12	10.5
Paja		06-08	7
		Contenido de N (%)	
Grano		0.93-1.2	1.06
Paja		0.51-0.76	0.63
Espigas sin llenar		0.76-1.02	0.89

^a 25-75% de los rangos intercuartiles de lotes de agricultores y experimentos de campo en Asia (tratamientos +N, n=1300).

^b Mediana de lotes de agricultores y experimentos de campo en Asia (tratamientos +N, n =1300)

FUENTE: Manejo del Nitrógeno en arroz- Achim Dobermann y Thomas Fairhurst, 2005.

Las principales formas de N absorbido por la planta son: amonio (NH₄⁺) y nitrato (NO₃⁻), la mayoría del NH₄ absorbido se incorpora a los compuestos orgánicos en las raíces, mientras que el NO₃⁻ es más móvil en el xilema y también se almacena en las vacuolas de diferentes partes de la planta. El NO₃⁻ también puede contribuir a mantener el balance entre aniones y cationes y la osmorregulación (Dobermann A., Fairhurst, 2005).

Para cumplir las funciones esenciales como nutriente de la planta, el NO₃⁻ debe reducirse a NH₄⁺ por la acción de la nitrato y nitrito reductasa. El N es requerido durante todo el periodo de crecimiento, pero la mayor necesidad se presenta entre el inicio y mediados del macollamiento y al inicio de la formación de la panícula. Un suplemento adecuado de N es necesario durante la maduración del grano para retrasar la senescencia de las hojas mantener la fotosíntesis durante el llenado de grano e incrementar el contenido de proteína en el grano. El N es móvil dentro de la planta porque se transloca de las hojas viejas a las hojas jóvenes y los síntomas de deficiencia tienden a ocurrir primero en las hojas viejas (Dobermann A., Fairhurst T., 2005).

A medida que las plantas de arroz absorben indiscriminadamente los NO₃⁻ y NH₄⁺ el factor determinante del crecimiento es la concentración en cualquiera de las formas en la solución

del suelo. Cuando el nitrógeno está disponible en abundancia, su concentración en el tejido vegetal es la más alta, en el momento o poco después del trasplante (4.5 %) y disminuye gradualmente hacia la madurez (0.7 % en la paja) (Yana C., Dua T., Yana S., Dong S., Gongga Z., Zhang Z., 2018).

Según De Datta, 1986 el nitrógeno absorbido por la planta en los diferentes estados del ciclo del cultivo ejerce acción sobre diferentes componentes de rendimiento. Desde macollaje hasta primordio floral, el nitrógeno absorbido tiende a aumentar el número de macollos y panículas, mientras que el absorbido entre primordio floral y floración aumenta el número de espiguillas llenas y el absorbido posterior a la floración aumenta el peso de granos. Esto significa que la actividad de la raíz debe permanecer alta durante la maduración, lo que indica que los fotosintatos deben translocarse a las raíces. Además, cuando se suministra una gran cantidad de N a las hojas desde las raíces, la fotosíntesis debe permanecer alta durante la maduración. para asegurar el suministro de carbohidratos a las raíces (Jennings P., Coffman W., Kauffman H., 1979).

El suministro de nitrógeno debe disminuir en etapas posteriores, especialmente durante el período de llenado de grano, donde causan un aumento de la translocación de este elemento de las partes vegetativas a las semillas en desarrollo. Como resultado, el contenido de nitrógeno de las hojas disminuye, lo que conduce a una menor capacidad fotosintética y acelera la senescencia y la muerte. La disponibilidad suficiente de nitrógeno en el suelo en ese momento contrarresta este fenómeno, por lo tanto, puede dar como resultado la maduración de las semillas en una planta de arroz todavía verde.

2.9 Fuentes de nitrógeno

El suministro de nitrógeno para el arroz de riego proviene en gran medida de:

- Nitrato de amonio y nitrógeno presentes cuando el suelo está inundado.
- El nitrógeno mineralizado de la materia orgánica del suelo y el residuo de la planta
- El nitrógeno fijado por las algas y bacterias heterótrofas.
- El nitrógeno agregado como fertilizante.

Las formas de nitrógeno orgánico son una reserva potencial de nitrógeno para arroz solamente después de que la forma orgánica se ha convertido en la forma inorgánica. La mayor parte de la complejidad y diversidad de los compuestos que contienen nitrógeno que

pueden estar presentes en la superficie de los suelos al final se convierten en amoníaco, sin embargo, la descomposición de la materia orgánica que lleva a la liberación de iones de amonio en la solución suelo avanza a un ritmo mucho más lento en un suelo anegado o inundado que en un suelo no inundado (Watanabe et al., citados por De Datta, 1986).

2.9.1. Fuentes inorgánicas

La elección de la fuente de nitrógeno para el arroz inundado depende del método y el tiempo de aplicación. Muchos agricultores aplican fertilizantes en dos o tres fracciones, con una parte en la siembra (durante la preparación de la tierra o poco después de la siembra) y el resto como cobertura durante las diferentes etapas de crecimiento.

El nitrógeno inorgánico en el suelo constituye sólo una parte del total, sin embargo, es a partir de esta fracción que las plantas obtienen la mayor parte de su nitrógeno. Los suelos inundados o en riego por inundación se caracteriza fundamentalmente por la acumulación de amoníaco, donde la mayoría de amonio intercambiable del nitrógeno inorgánico presente es soluble en agua o adsorbidos sobre el complejo intercambiable. Esto es debido a que el oxígeno es necesario para la conversión microbiana de amonio a nitrato (Dobermann A., Fairhurst T., 2005).

Nitritos: El nitrito, como forma de nitrógeno pueden acumularse bajo ciertas circunstancias en suelos alcalinos, aeróbica y su producción se atribuye a la oxidación de amonio a nitrito por grupos específicos de microorganismos como *Nitrosomonas* y *Nitrosococcus*. El nitrito se produce en los suelos inundados como intermediario en la nitrificación y desnitrificación.

Los niveles de nitritos en los suelos inundados, incluyendo los fertilizados con nitrato, generalmente están en el rango de 0-3 ppm.

- **Nitrato:** En suelos reducidos el nitrato desaparece rápidamente. presumiblemente a través de la desnitrificación. lixiviación. y la absorción de la planta.
- **Amonio:** El amonio fijado en los suelos es que él está dentro de las estructuras de celosía de minerales de silicato. Tampoco es soluble en agua ni fácilmente intercambiado. Del 14 al 78 % del total de nitrógeno en algunos suelos tropicales existe en esta forma.
- **El óxido nitroso y el nitrógeno elemental:** Pueden formarse en los suelos inundados, bajo deficientes niveles de oxígeno, el nitrato reemplaza el oxígeno como aceptor de electrones final en la respiración de muchos organismos anaerobios facultativos formando óxido nitroso y nitrógeno elemental.

- **Fertilizantes:** Los fertilizantes nitrogenados. aplicados a través de la difusión, son bastante bajos. Esto es igualmente cierto para los fertilizantes a partir de los cuales se forma el amonio; después de la hidrólisis de diferentes formas de urea, ya que la tasa de hidrólisis es alta en comparación con el tiempo de permanencia del nitrógeno en el suelo, especialmente en el inicio del crecimiento vegetativo.

Los promedios de los datos de 10 experimentos realizados en Tailandia durante los años 1966-1969 clasificaron la efectividad de las fuentes de nitrógeno como sulfato de amonio, cloruro de amonio, sulfato de amonio / nitrato, urea, nitrato de calcio amonio. El motivo del bajo rendimiento de la urea en algunos de los experimentos del sudeste asiático no está claro. En muchos experimentos, los niveles de rendimiento y las respuestas al nitrógeno fueron bastante bajos. Cuando esos datos se expresaron en forma de porcentaje, las diferencias entre las fuentes parecían ser grandes.

Otros experimentos que evaluaron seis fuentes de nitrógeno para arroz inundado en los Estados Unidos, Sri Lanka, India, Japón y Taiwán indicaron que el sulfato de amonio es tan efectivo como el cloruro de amonio, seguido de la urea y que los fertilizantes que contienen nitrato, como el nitrato de amonio, son menos efectivos (Bufogle A., Bollich P., Kovae J., Lindau W., Macchiavelli R., 2008)

- **Urea como fuente inorgánica:** La fuente de nitrógeno más utilizada en el arroz es la urea, da un aspecto granulado, soluble en agua con una excelente movilidad en suelo mojado, posee una concentración de 46 % de nitrógeno (Bufogle A. et al., 2008)

En INIA Chile, en la estación experimental Quilamapu las primeras experiencias con urea, con dosis de 267 kg ha⁻¹ aplicada durante tres temporadas, dieron un incremento en el rendimiento de 2700 kg ha⁻¹, en otros experimentos se han obtenido los más altos rendimientos aplicando urea incorporada siete días antes de la siembra de manera fraccionada, aplicando la segunda mitad a inicio del macollamiento. La urea se ha comportado como un fertilizante eficiente, debido a su reacción como fertilizante amoniacal en suelo inundado.

La actividad de la ureasa del suelo está asociada con materia orgánica, pH del suelo, temperatura, humedad y concentración de urea. La hidrólisis de la urea incrementa el pH del suelo lo que podría favorecer la volatilización del amonio y, por lo tanto, explicaría la menor recuperación aparente del N que proviene de la urea, en un suelo de reacción neutra. Esa

capacidad de hidrolizar la urea varía desde 17 hasta 70 % para las bacterias del suelo y 78-98 % para los hongos del suelo, Lloyd y Sheaffe (1973). Sin embargo, la ureasa del suelo se considera que es de origen microbiano y se debe, que algo de actividad de la ureasa del suelo puede derivarse de plantas. El pH óptimo para la hidrólisis de la urea es entre 6.0 a 7.0 (Kissel y Cabrera. 1988).

2.9.2. Fuentes orgánicas

El arroz fertilizado obtiene el 50-80 % de su requerimiento de nitrógeno del suelo; el arroz no fertilizado obtiene una proporción incluso mayor principalmente a través de la mineralización de fuentes orgánicas. Así el arroz depende primordialmente de la mineralización de fuentes orgánicas para su asimilación de nitrógeno (Koyama y Broadbend, citados por De Datta. 1986).

Numerosas formas de nitrógeno orgánico se encuentran en la superficie del suelo. Los métodos utilizados para el fraccionamiento de nitrógeno orgánico en suelos se han basado en gran medida en estudios relativos a la identificación y estimación de los compuestos de nitrógeno liberado por tratamiento de suelos con ácidos minerales en lo que han revelado la presencia de compuestos que contienen nitrógeno orgánico.

En las superficies de la mayoría de los suelos entre el 20 y el 40 % del total de nitrógeno está en forma de aminoácido-N, alrededor de 5-10 % en forma de aminoazúcares o hexoaminas mientras que las purinas y derivados pirimidinas no representan más del 1 %.

2.10 Pérdidas de nitrógeno

Numerosos experimentos de respuesta al nitrógeno han demostrado que la recuperación del fertilizante nitrogenado aplicado al cultivo de arroz rara vez supera el 30-40%. Incluso con las mejores prácticas agronómicas y las condiciones de recuperación estrictamente controladas, rara vez superan el 60-65% (De Datta et al., 1968). Las condiciones del suelo y del clima que favorecen el crecimiento del arroz, afectan negativamente la recuperación de nitrógeno del suelo y son responsables de su rápida pérdida.

Las pérdidas del N aplicado al voleo se relacionan con las características del agua de inundación (profundidad de la lámina, pH, temperatura y la concentración de NH_4^+) además de la velocidad del viento y la etapa de crecimiento de la planta. Después de la fase media de macollamiento, cuando ya se ha formado un sistema radicular denso con abundantes

raíces superficiales, especialmente en zonas bajas (>90% de las raíces presentes en los primeros 20 cm del suelo), las tasas de absorción del N aplicado al voleo sobre la lámina pueden ser altas ($\leq 10 \text{ kg ha}^{-1}$ por día) y esto hace que las pérdidas por volatilización de NH_3 sean pequeñas (Dobermann A., Fairhurst T., 2005).

Anualmente, el arroz de riego consume entre 8 y 9 millones de toneladas de fertilizante N o aproximadamente el 10% de la producción mundial de fertilizante N. En promedio, solo el 30-40% del N aplicado es recuperado por el cultivo lo que lleva a grandes pérdidas de formas de N reactivas y no reactivas. El N reactivo se define como todas las formas biológicamente fotoquímicamente y/o radiactivamente activas de N. Este conjunto diverso incluye formas minerales de N como el nitrato (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+) gases que son químicamente activos en la troposfera (NO_2 , NH_3) y gases como el óxido nitroso (N_2O) que contribuyen al efecto invernadero (Fillery et al., Diest, citados por Deambrosi y Méndez, 2009).

Investigaciones recientes en los Estados Unidos indican que existe una relación entre el nitrógeno gaseoso y la eficiencia de la utilización del nitrógeno por las plantas de arroz. Es necesario determinar estas pérdidas para determinar la efectividad del fertilizante nitrogenado en el arroz (Da Silva y Stutte. 1979 citado por De Datta, 1986).

En suelos inundados, la urea tiene mayores pérdidas de N por desnitrificación y de amoníaco a la atmósfera. La rápida hidrólisis de urea crea altas concentraciones de N de amonio en el agua de inundación. Las pérdidas de volatilización potencialmente grandes se presentan cuando las condiciones climáticas facilitan la eliminación de amoníaco de la interfaz del agua (Byrnes et al., 1989). La eficiencia de la urea en el cultivo de arroz es muy baja, generalmente alrededor del 30-40 %, en algunos casos incluso más baja (De Datta y Fillery 1984; Choudhury y Khanif 2001-2004; Choudhury et al., 2002).

La urea aplicada al voleo es hidrolizada rápidamente (2-4 días) y es susceptible a pérdidas por la volatilización de NH_3 debido a los cambios diurnos en el pH del agua de inundación como resultado de la actividad biológica.

Las principales fuentes de pérdida de nitrógeno experimentadas por suelos inundados son: desnitrificación y volatilización, las cuales explican la baja eficiencia de utilización de los fertilizantes nitrogenados por el cultivo.

2.10.1. Desnitrificación

La desnitrificación es el proceso mediante el cual el nitrógeno del suelo se pierde a la atmósfera como nitrógeno molecular. La oxidación biológica del amonio a nitrato tiene lugar en la interfase aeróbica del suelo, donde por un gradiente de concentración de amonio a la interfase aeróbica se nitrifica. El nitrato allí formado difunde a la interfase anaeróbica donde es rápidamente desnitrificado.

Los factores que afectan el proceso de desnitrificación son en el suelo, el pH, la temperatura, materia orgánica (naturaleza y cantidad), el contenido de nitrato-N, la velocidad de nitrificación y el grado de agregación, otros factores también importantes serían la fertilidad del suelo, el régimen de agua de la inundación, gestión de fertilizantes de nitrógeno, uso de pesticidas, malezas.

Además, en los sistemas de secano la nitrificación durante las fases aeróbicas y la desnitrificación durante las posteriores fases inundadas pueden contribuir a una emisión considerable de N_2O (Abao et al., 2000). Se han realizado pocas evaluaciones precisas de las emisiones de N_2O de los campos de arroz (Abao et al., 2000; Bronson et al., 1997; Dittert et al., 2002) y la contribución a las emisiones globales aún no se ha evaluado.

En los sistemas de arroz de riego con buen control del agua, las emisiones de N_2O son pequeñas, excepto cuando se aplican tasas excesivamente altas de N de fertilizante. En los arrozales de regadío la mayor parte de las emisiones de N_2O se producen durante los períodos de barbecho e inmediatamente después de la inundación del suelo al final del período de barbecho (Abao et al., 2000).

2.10.2. Volatilización

La volatilización del amoníaco a partir de la aplicación de fertilizante de urea es la principal vía de pérdida de N en los sistemas de arroz inundados, a menudo causa pérdidas del 50 % o más de la urea-N aplicada en el arroz trasplantado en zonas tropicales (Buresh y De Datta, 1990). Se cree que parte del nitrógeno presente en un suelo inundado se reduce a amoníaco. Otros aportes encontraron que poco de nitrato en un suelo inundado alcanza la forma de amoníaco (Sarker 1936, Broadbent y Stojanovic, 1952 citado por De Datta, 1986).

Las emisiones de NH_3 son generalmente insignificantes en el arroz de siembra directa en las regiones templadas, donde la mayoría del fertilizante se incorpora al suelo antes de la inundación (Humphreys et al., 1988). Las emisiones de NH_3-N de los campos de arroz de

tierras bajas se estiman en aproximadamente 3.6 t por año (en comparación con un total de 9 t por año emitidas por todos los campos agrícolas), lo que representa alrededor del 5 al 8 % de las 45-75 t estimadas de $\text{NH}_3\text{-N}$ emitidos a nivel mundial por año (Kirk, 2004).

El amoníaco es un producto fácilmente identificable de la mineralización del nitrógeno, la liberación de este gas se puede dar también a partir de la descomposición de la materia orgánica incorporada en ausencia de oxígeno y el pH alto asociado con la descomposición anaerobia. El uso de fertilizantes nitrogenados en arroz contribuye también grandes concentraciones de NH_4^+ disuelto en sales, como es el caso de la urea que puede descomponerse por hidrólisis catalítica para producir NH_4^+ iones en el agua.

El NH_4^+ volatilizado puede depositarse en la tierra por la lluvia, lo que puede conducir a la acidificación del suelo (Kirk, 2004) y a la entrada no intencional de N en los ecosistemas naturales.

Los factores que afectan la pérdida de amoníaco por volatilización están en función de las diversas propiedades del sistema suelo implicados, incluyendo el contenido de humedad, pH del suelo, capacidad de intercambio de cationes (CEC), cationes intercambiables, textura, contenido de cal, la temperatura y las condiciones atmosféricas por encima del suelo (De Datta, 1981).

El proceso de fotosíntesis y la actividad respiratoria de la biota acuática sumergida, la biomasa y los factores que afectan el crecimiento desempeñan un destacado papel en la regulación del pH del agua.

La magnitud de la volatilización de NH_3 depende en gran medida de las condiciones climáticas y del método de aplicación de fertilizante de nitrógeno. Variables agronómicas como los métodos, fuentes de fertilizantes nitrogenados, tiempo, método y profundidad de aplicación son también importantes. (De Datta, 1981).

2.11 Eficiencia de uso de nitrógeno

Corresponde al rendimiento en grano por unidad de N suministrado. Además, se incide que es una integración de eficiencia de absorción de nitrógeno y la eficiencia de utilización de nitrógeno. Otro indicador es el índice de utilización (UI), que es la cantidad absoluta de biomasa producida por unidad de N. La eficiencia del nitrógeno aplicado como fertilizante es muy baja, con un valor promedio de 30 %, otros autores afirman que varía entre un 20 y 60 % dependiendo de las condiciones de aplicación, esto evidencia que el cultivo se abastece de otras fuentes de nitrógeno. (Huang S., Zhao C., Zhang Y., Wang C, 2017).

Watanabe et al., citados por De Datta (1986) indicaron que el cultivo de arroz puede absorber de 37 a 113 kg de N ha⁻¹ de otras fuentes que no sean fertilizante. Del mismo modo la tasa de mineralización no alcanza a cubrir la demanda del cultivo una vez iniciada la formación de la panícula, cuya mineralización depende de factores como la temperatura del suelo, nivel de humedad, cantidad de materia orgánica en el suelo, pH de suelo, contenido de arcilla, enmiendas orgánicas y otros como factores importantes en la mineralización del nitrógeno orgánico. Parte del nitrógeno en las aplicaciones, se pierde por volatilización en forma de amoníaco a la atmósfera, parte se pierde por percolación en forma de nitratos y nitritos. Las eficiencias miden el efecto del nitrógeno remanente en el metabolismo de las plantas que se traduce en formación de biomasa.

2.12 Cultivares de arroz en estudio

2.12.1. Cultivar IR43

El cultivar IR43 también conocido como NIR, obtenido por el método de pedigree a partir de IR-305-3-17-1-3 con IR661-1-140-3, fue desarrollado por el Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI) y liberado en el año 1974 en Filipinas (Heros, 2019).

Es de ciclo semiprecoz adaptado a la costa, madura aproximadamente en 145-150 días. El potencial de rendimiento de este cultivar es de 12 t ha⁻¹. En zonas arroceras como La Libertad y Piura producen 10 t, en Lambayeque se produce 8 t, mientras que en Arequipa se logra producir 13 t de arroz por hectárea.

2.12.2. Cultivar Tinajones

Este cultivar es producto de un cruce entre Porvenir 95 y PNA 2348 que fue realizado por el Programa de Arroz del INIA en el año 1995 (Instituto Nacional de Investigación Agraria, 2007).

El cultivar Tinajones es de ciclo semiprecoz, madura aproximadamente entre 7 y 10 días antes que el cultivar IR 43. El potencial de rendimiento de este cultivar es similar al de IR 43. En parcelas experimentales ha llegado a producir 14 t ha⁻¹ de arroz cáscara en Lambayeque (Instituto Nacional de Investigación Agraria, 2007).

2.12.3 Cultivar La Puntilla

Este cultivar se desarrolló en el año 2005 del cruce de la variedad IR1529-ECIA procedente del Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI) con sede en Manila (Filipinas), con una variedad peruana de nombre Santa Elena, la que era sembrada en los años noventa

en el valle de Bagua Chica. De ese cruzamiento, luego de poco más de diez años de evaluación y selección se obtuvo La Puntilla.

La Puntilla es un cultivar de ciclo intermedio, que madura antes que IR 43. La principal característica de esta variedad es su alto rendimiento. En parcelas experimentales ha llegado a producir 13.5 t ha⁻¹ de arroz cáscara en Chepén (La Libertad) y 13 t ha⁻¹ en Fala (Lambayeque). En parcelas comerciales se han registrado rendimientos superiores a las 12.7 t ha⁻¹ de arroz cáscara. Gracias a su mayor vigor inicial este cultivar crece más rápido, puede trasplantarse más temprano. INIA 513 – La Puntilla es una variedad de hojas cortas y porte ligeramente más alto que IR 43, dosis excesivas de nitrógeno aumentan la posibilidad de volcamiento de los tallos y reducción de rendimiento de arroz cáscara.

Tabla 5: Resumen de las características agronómicas, calidad molinera, calidad culinaria y resistencia de enfermedades de los cultivares en estudio.

Variedad	Características agronómicas		
	IR43	Tinajones	La Puntilla
Altura de planta (cm)	85-101	92-104	95-108
Días a la maduración total del grano	159	140	145
Tamaño de la panoja (cm)	23.4	23.8	26.6
Numero de granos llenos por panoja	154	159	173
Peso de mil granos(g)	26.4	28.2	28.3
Respuesta a plagas y enfermedades			
Virus de la hoja blanca	Susceptible	Susceptible	Mod. Resistente
<i>Pyricularia grisea</i>	Susceptible	Susceptible	Tolerante
<i>Tagosodes oryzae</i>	Susceptible	Susceptible	Mod. Resistente
<i>Hydrellia wirthii</i>	Susceptible	Susceptible	Tolerante
Calidad Molinera			
Granos enteros (%)	54.7	66.5	65.2
Granos quebrados (%)	15.8	6.2	7.1
Calidad culinaria			
Calidad culinaria	Buena	Buena	Buena
Contenido de amilosa	Intermedia	Intermedia	Intermedio
Temperatura de gelatinización	Baja	Intermedia	Baja
Características de la cocción	Buen graneado, expansión y mantiene una textura suave cuando se enfría.	Buen graneado, expansión y mantiene una textura suave cuando se enfría.	Buen graneado, expansión y mantiene una textura suave cuando se enfría.

III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1 Ubicación geográfica del campo experimental

El experimento se realizó en el Fundo Luzbén, ubicado en la cuenca baja del valle Jequetepeque. La coordenada UTM (DATUM: WGS 84 - Zona 17M) del punto central es 9 187 500N – 674 740E y a una altitud de 120 msnm. Políticamente está ubicado en la región de La Libertad. provincia de Pacasmayo, distrito de San José.

El campo tuvo un área aproximada de 3000 m² de los cuales se usó 768 m² para este experimento. La fase de laboratorio se llevó a cabo en el Laboratorio de cereales y granos menores del Departamento de Fitotecnia la Facultad de Agronomía de la UNALM la cual se realizó desde agosto hasta diciembre del 2018.

3.2 Características climáticas

El valle Jequetepeque, presenta un clima árido semicálido. Las precipitaciones en general son escasas, menos de 6 mm mensual y se presentan casi siempre en los meses de verano. El resto del año se encuentra libre de precipitaciones, la humedad relativa varía entre 80 a 90 %. Las temperaturas son relativamente altas en promedio 23 ° C. presentan vientos fuertes que desarrollan campos de dunas activas (Girón, 2003).

En el año 2017, se presentaron lluvias intensas, altas temperaturas y baja radiación (Tabla 5), producto del fenómeno climatológico de El Niño. Durante los meses de febrero y marzo, meses de desarrollo vegetativo para la planta de arroz, se obtuvieron los mínimos registros de radiación en los últimos cinco años influyendo en la producción del cultivo, causando grandes pérdidas económicas en los agricultores de la zona.

Tabla 6: Temperatura y precipitación durante la conducción del experimento en el Valle Jequetepeque, Campaña Agrícola 2017.

Mes	Temperatura en °C		HR (%)	Precipitación (mm)	Radiación promedio (Wm ²)
	T° Mín.	T° Max			
Febrero	21.8	31.9	73.6	8.6	467.1
Marzo	22.3	32	75.3	5.2	443.8
Abril	19.4	30.5	70	1.2	461.1
Mayo	18.4	30.1	72.5	0.6	399.2
Junio	16	26.1	75.5	0	363.4
Julio	14.7	24.8	77	0	362.0

FUENTE: Estación meteorológica San Pedro

3.3 Características del suelo

En el valle Jequetepeque predominan los suelos denominados fluvisoles de origen aluvial desértico, suelos fértiles y de alta calidad, debido a los sedimentos minerales depositados por el río. Para determinar las características físicas y químicas del área en estudio se realizó un muestreo de la capa arable (30 cm de profundidad). Los suelos presentan texturas franco-arenosas además de problemas de salinización. Es irrigado por las aguas del río Jequetepeque que se almacenan en el reservorio de Gallito Ciego.

Las muestras de suelo fueron procesadas en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina (Tabla 3). El suelo del experimento, según el análisis es un suelo Franco con un pH de 7.13 y C.E. de 1.5 con un porcentaje de materia orgánica de 2.5, encontrándose dentro de los parámetros normales de un suelo agrícola, los carbonatos no significan problema por su concentración moderada.

Tabla 7: Análisis de suelo – Caracterización, fundo Luzben

pH (1:1)		7.13
C.E. (1:1) dS/m		1.5
CaCO₃ %		1.4
MO %		2.53
P ppm		19.2
K ppm		217
Análisis Mecánico	Arena (%)	46
	Limo (%)	30
	Arcilla (%)	24
Clase textural		Fr.
CIC (meq/100g suelo)		21.12
Cationes cambiables	Ca+2	16.77
	Mg+2	2.72
	K+	1.28
	Na+	0.35
	Al- + H+	0.0
Suma de cationes		21.12
Suma de bases		21.12
%Saturación de bases		100
CC (%)		25.46
PMP (%)		14.41

Fuente: LASPAF-UNALM

3.4 Materiales y equipos

3.4.1. Materiales de campo

a) Material genético

Se utilizó semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) de los cultivares IR43, Tinajones y La Puntilla, de los cuales el primero fue producido en el mismo fundo Luzben, y los dos últimos en la Estación Experimental Vista Florida, Chiclayo.

b) Fertilizantes

- Urea (46% N)
- Sulfato de amonio (21% N)
- Cloruro de potasio (60% K₂O)
- Fosfato diamónico (18-46-0)

c) Maquinarias y herramientas de campo

Tractos, arado, rufa, rastrillo, pala, mochila pulverizadora y manual, boquillas en cono y abanico.

d) Útiles de escritorio

Libreta de campo, cámara fotográfica, wincha, regla, estacas, cordeles, bolsas de plástico y papel.

3.4.2 Materiales en gabinete:

- Balanza analítica marca Radwag modelo AS 220.R2
- Medidor de humedad de grano marca Kett modelo PM-450,
- Molino experimental marca Zaccaria modelo PAZ-1-DT
- Estufa
- Bolsas de papel Kraft
- Venteador de semillas.

3.5 Metodología

3.5.1. Factores en estudio

- Dos métodos de riego: riego por inundación continua (R1) y riego por secas intermitentes (R2)
- Tres niveles de nitrógeno: 0 (N1), 240 (N2), 360 (N3) kg ha⁻¹
- Tres cultivares: IR43(C1), Tinajones(C2) y La Puntilla(C3).

3.5.2. Tratamientos

Tabla 8: Descripción de los tratamientos

Tratamientos (Parcelas):	R1	Inundación continua
	R2	Secas intermitentes
Niveles de nitrógeno (Subparcelas)	N1	0 kg N ha ⁻¹
	N2	240 kg N ha ⁻¹
	N3	360 kg N ha ⁻¹
Cultivares (Sub-subparcelas):	C1	IR43
	C2	Tinajones
	C3	La Puntilla

3.5.3. Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar en parcelas divididas con 4 repeticiones. Los métodos de riego por inundación continua y secas intermitentes se ubicaron en parcelas, los tratamientos de fertilización nitrogenada de 0 kg N ha⁻¹, 240 kg N ha⁻¹ y 360 kg N ha⁻¹ en subparcelas y los tres diferentes cultivares, IR-43, Tinajones y La Puntilla en sub-subparcelas, conformando un total de 18 unidades experimentales por repetición, tal como se explica en la tabla. El área de las unidades experimentales fue de 15 m² por sub-subparcelas.

a) Modelo estadístico

El modelo utilizado para el análisis estadístico se define como:

$$Y_{ijkh} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \gamma_k + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \delta_h + (\tau\delta)_{ih} + (\beta\delta)_{jh} + (\tau\beta\delta)_{ijh} + (\gamma\delta)_{kh} + (\tau\gamma\delta)_{ikh} + (\beta\gamma\delta)_{jkh} + (\tau\beta\gamma\delta)_{ijkh} + \epsilon_{ijkh}$$

Donde:

- τ_i , β_j y $(\tau\beta)_{ij}$: representan la parcela completa y corresponden, respectivamente, a los bloques (factor A: los métodos de riego), los tratamientos principales (factor B: los niveles de nitrógeno) y al error de la parcela completa (interacción A x B) γ_k , $(\tau\gamma)_{ik}$, $(\beta\gamma)_{jk}$.

- $(\tau\beta\gamma)_{ijk}$: representan a la subparcela y corresponden, respectivamente, al tratamiento de la Sub-subparcelas (factor C: cultivares), a las interacciones A x C y B x C y al error de la subparcela (interacción A x B x C).

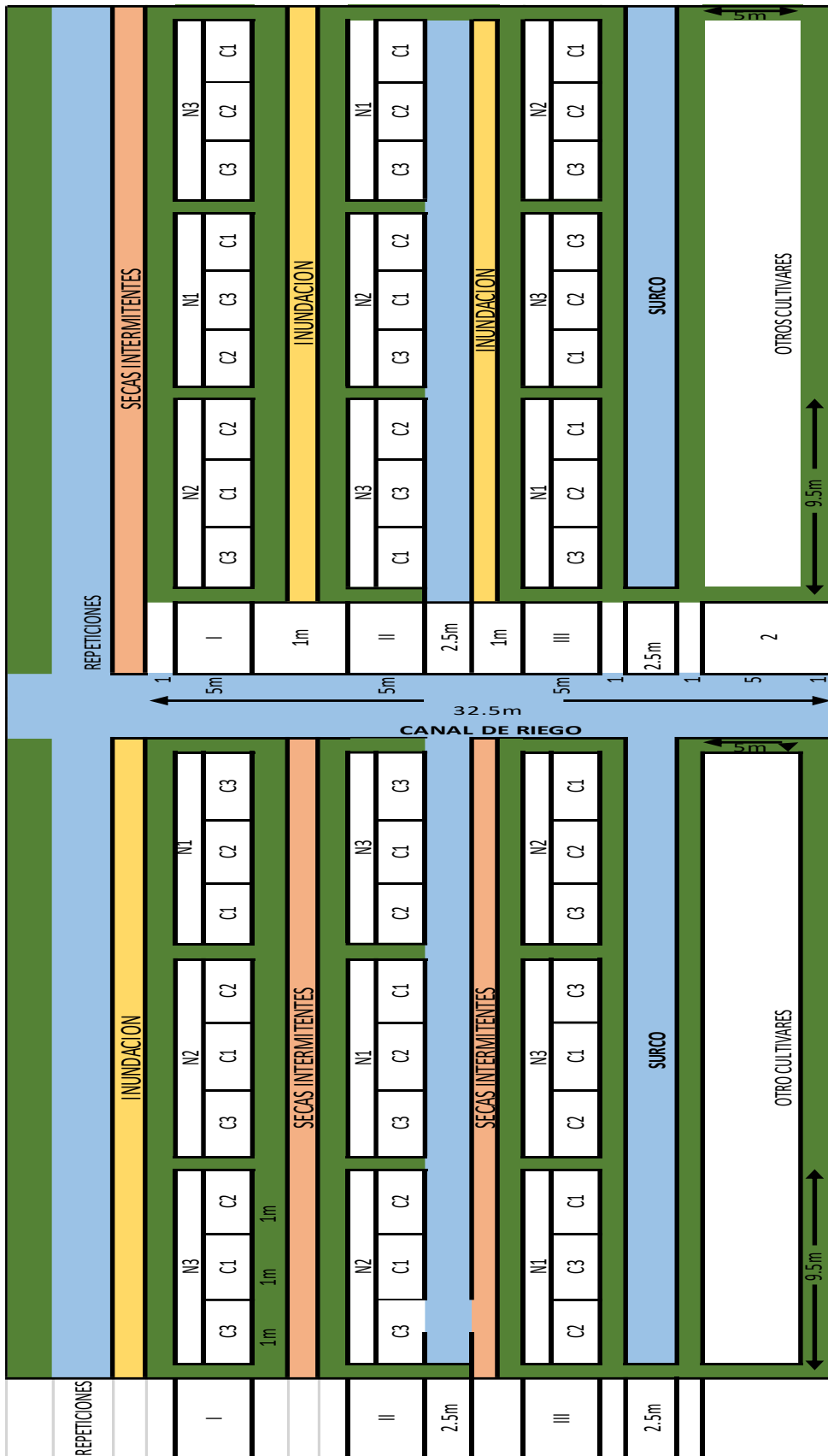
b) Tratamiento estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete *ExpDes.pt* versión 1.1.2 (Ferreira et al., 2013) del ambiente para cómputo estadístico R versión 3.4.1 (R Core Team, 2017). Los datos fueron tabulados y sometidos al análisis de variancia (ANVA). Los promedios fueron comparados mediante la prueba de comparación de Duncan con $\alpha = 0.05$. Para la relación entre variables dependientes estudiadas, se utilizó el análisis de regresión múltiple.

Tabla 9: Descripción del diseño y área experimental en m²

Diseño	Parcelas divididas
Tratamientos-Parcelas (métodos de riegos)	2
Dosis de N (subparcela)	3
Número de repeticiones	3
Número de subparcelas (tres niveles de nitrógeno)	18
Número de Sub-subparcelas	54
Área de cada subparcela (19 m x 5 m)	95 m ²
Área de cada Sub-subparcelas (5 m x 3 m)	15 m ²
Área total de parcelas o área neta del experimento	1982.5 m ²
Área total de cada parcela (58.5 m x 25 m)	991.25 m ²

a) Croquis experimental



3.5.4. Manejo agronómico

a) Siembra

La labor de siembra directa se realizó a chorro continuo cultivar por cultivar en cada sub-subparcela, en dosis fue de 60 kg ha⁻¹ de semilla, en forma manual. Después de la siembra se realizó el riego de germinación. Cada sub-subparcela tenía un área de 15m².

b) Riegos

Luego del riego de enseño o de germinación, se realizaron riegos con una lámina de 5 cm semanales de acuerdo con el tiempo de infiltración del agua en la poza. A los 30 días se estableció una lámina de 10 cm, para la primera aplicación de nitrógeno. Las parcelas de riego de inundación continua tuvieron una lámina de 10 cm hasta el llenado de grano, mientras que la del riego por secas intermitentes se manejó de la siguiente manera; se inundaban las parcelas con una lámina de 10 cm, luego de la infiltración del agua, se inició las secas con una duración de 7 a 8 días, después de este periodo se volvía a reponer el riego con la misma lamina. Este proceso se repitió tanto en la etapa vegetativa como en la etapa de floración.

c) Fertilización

La fertilización nitrogenada se llevó a cabo con urea (46-0-0), en el primer fraccionamiento y sulfato de amonio (21-0-0) en el segundo fraccionamiento: las dosis de nitrógeno fueron 0, 240, 360 kg N ha⁻¹. El primer fraccionamiento de 0, 120 y 180 kg de nitrógeno por hectárea se realizó en el macollamiento entre los 25 y 30 días y el segundo fraccionamiento, al inicio de la fase reproductiva entre los 60 a 65 días. Las cantidades aplicadas por subparcela se indican en la Tabla 6.

Se complementó con fósforo en fosfato diamónico y potasio como cloruro de potasio en dosis de 60 kg ha⁻¹.

Tabla 10: Cantidad de fertilizante aplicado por subparcelas por niveles de N al 100%.

Tratamientos	Niveles de N (kg ha ⁻¹)		
	N1	N2	N3
Fertilizante:	0	240	360
	Kg por subparcela		
-Urea común	-	2.35	3.52
-Sulfato de amonio	-	4.70	7.04
-Fosfato diamónico	-	0.10	0.10
-Cloruro de potasio	-	0.95	0.95

d) Manejo de malezas

A la primera semana del periodo vegetativo, se procedió a una aplicación de herbicida pre emergente (Pendimethalin), la segunda aplicación a las tres semanas siguientes junto con la aplicación de Amina (2,4 D) para el control de coquito (*Cyperus rotundus*) y malezas de hoja ancha. La aplicación se realizó al campo y a los bordos.

Las malezas con mayor incidencia fueron *Echinochloa colonum* "chapatoya", hospedero de *Tagosodes oryzicolus*; *Echinochloa cruz-galli*, *Rottboellia cochinchinensis* sobre todo en las parcelas de riego por secas intermitentes procediéndose al desmalezado manual del campo experimental, realizándose en las parcelas de riegos por inundación continua dos desyerbos manuales y en la parcela de riego por secas intermitentes hasta seis desyerbos en la campaña.

e) Manejo de plagas y enfermedades

Se mantuvo un manejo integrado de plagas, mediante el uso de trampas amarillas y de acordeón, haciendo uso también de insecticidas y fungicidas previas evaluaciones fitosanitarias.

- Para el control de plagas: se realizó una aplicación de Spinosad para el control de larvas de primeros estadios de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), un piretroide para el control de *Hydrellia wirthi*, *Tagosodes oryzicolus*, *Podysus sp.*
- Para el control de enfermedades: se realizó la aplicación Difeconazol + Propiconazol para el control de manchas foliares como *Helminthosporium oryzae*. *Rhizoctonia solani*; e hidróxido de cobre para el control de *Burkholderia glumae*.

f) Cosecha

La cosecha se inició a los 150 días después de la siembra, iniciándose con el testigo (0 kg ha⁻¹) de nitrógeno y con el cultivar La Puntilla, seguido por el cultivar IR43 finalizando con el cultivar Tinajones. Se continuo con las subparcelas con dosis de 240 kg ha⁻¹ finalizando con las subparcelas con dosis de nitrógeno de 360 kg ha⁻¹, para ambos tratamientos de riego. Los resultados se muestran en la tabla 13.

3.5.5 Variables evaluadas

- a) **Rendimiento:** El rendimiento se obtuvo cosechando el área neta de 8 m⁻² por sub-subparcela. Se expresó en toneladas por hectárea con 14 % de contenido de humedad.
- b) **Componentes de rendimiento:** Los componentes del rendimiento se determinaron en el campo. Se determinó el número de panículas m⁻² (contando las panículas en 50 cm lineales por sub-subparcelas en dos repeticiones). El número de granos se realizó contando los granos totales maduros y vanos en quince panículas y el peso de mil granos que se tomó del área neta de cosecha al azar con 14 % de contenido de humedad.
- c) **Materia seca:** Se tomaron muestras al macollamiento, floración al 50 % y maduración fisiológica del grano. Se tomaron muestras al azar por sub- subparcela, se eliminaron las raíces. Estas muestras fueron colocadas a 70 °C en estufa hasta peso constante.
- d) **Índice de cosecha:** Es la relación entre el rendimiento en grano seco y el rendimiento biológico total. Este índice es calculado con la ayuda de la siguiente ecuación: (Fageria y Baligar, 2005).

$$IC = \frac{\text{Rendimiento en grano}}{\text{Rendimiento (grano + paja)}}$$

Se tomaron 50 cm lineales por sub-subparcelas en dos repeticiones. Se separó los granos de la paja para su secado en la estufa a 70 °C hasta obtener un peso constante. La materia seca total se obtuvo sumando el peso de los granos más la paja.

- e) **Acumulación de nitrógeno:** Para la acumulación de nitrógeno, se tomaron muestras de 10 tallos con sus respectivas hojas y granos en dos repeticiones. Se utilizó el método de Kjeldahl. Se determinó el porcentaje de nitrógeno en la paja (tallos y hojas) y en los granos, luego se multiplicó por la materia seca obtenida a la cosecha tanto en granos y

paja y se sumaron ambos valores para obtener el nitrógeno total absorbido por la planta en kg ha^{-1} .

f) **Determinación de la eficiencia de uso de nitrógeno:** Para la determinación de la eficiencia de uso de nitrógeno. se utilizaron los siguientes indicadores:

- **Eficiencia de uso de nitrógeno:** Es igual al total de nitrógeno absorbido en el tratamiento con nitrógeno menos el total de nitrógeno absorbido en el tratamiento sin aplicación de nitrógeno, entre la dosis aplicada de nitrógeno kg ha^{-1} por 100. (Huang S., Zhao C., Zhang Y., Wang C, 2017)

- **Factor de productividad parcial:** Es la relación entre los kilogramos de arroz obtenido en el tratamiento con nitrógeno aplicado entre la cantidad de nitrógeno aplicado.

g) **Calidad molinera:** Para determinar la productividad industrial. se utilizó el rendimiento de molinería. Se pilaron 100g de arroz cáscara por cada tratamiento en dos repeticiones en un molino de prueba marca Zaccaría y se tomó como criterio de calidad. el rendimiento de arroz pilado de grano entero. A mayor rendimiento de grano entero mejor calidad.

h) **Características biométricas del grano** Para determinar el largo, ancho y espesor del grano se tomaron diez granos de arroz cáscara al azar en dos repeticiones y se midió con la ayuda de un vernier. Se expresó en milímetros de acuerdo con la siguiente escala:

Tabla 11: Escala de clasificación del tamaño de grano de arroz pulido de acuerdo a su longitud en mm.

Escala	Tamaño	Longitud(mm)
1	Extralargo	+ de 7.5
2	Largo	6.61 a 7.5
3	Medio	5.51 a 6.6
4	Corto	- de 5.5

i) **Calidad culinaria:** La calidad culinaria se refiere al comportamiento del arroz después de la cocción. Previo a la cocción, se tomaron parámetros de apariencia del grano, durante la cocción el tiempo que tomo cocinar cada tratamiento, y posterior la consistencia del arroz después de cocido; condiciones que están directamente

relacionadas por factores genéticos, ambientales y por características fisicoquímicas tales como contenido de amilosa y temperatura de gelatinización.

Para las mediciones se tomó como parámetro una tasa de arroz por subsub-parcela en dos repeticiones. Luego, se midieron los pesos de cada tratamiento antes y después de cocinar para medir el volumen de agua absorbido, mientras que para el incremento del tamaño de grano se utilizó un vernier para medir el largo del grano, tomando como muestra 10 granos de arroz pilado sin cocer y 10 granos de arroz cocido, luego la diferencia entre el arroz cocido y el arroz sin cocer se dividió entre el arroz sin cocer y se multiplico por 100. Se usó una cocina eléctrica y una olla pequeña.

- j) **Altura de planta a la cosecha (cm):** La altura se midió desde la base del tallo, a la punta de la panícula. Se tomaron cinco puntos por sub-subparcela al azar en tres repeticiones.
- k) **Longitud de panícula (cm):** Se midieron 15 panículas tomadas al azar por sub-subparcelas en dos repeticiones desde el nudo ciliar hasta el ápice del grano más pronunciado sin incluir las aristas y se calculó el promedio. Se expresa en centímetros.
- l) **Grado de dispersión alcalina:** La prueba de dispersión alcalina permite estimar la temperatura de gelatinización. Se tomó 10 granos de arroz pilado por sub-subparcela al azar, en dos repeticiones. Se colocaron en una placa Petri y se agregó 10 ml de hidróxido de potasio (KOH) al 1.7 % luego se llevó a la estufa a 30 °C por 23 horas, se retiro de la estufa y se clasifico de acuerdo a la tabla 12.

Tabla 12: Escala para la evaluación de temperatura de gelatinización a través de la prueba de dispersión alcalina.

Grado	Tipo de grano luego de la dispersión	Grado de dispersión alcalina	Temperatura de Gelatinización
1	Grano inalterado	Baja	Alta
2	Grano hinchado		
3	Grano hinchado, con fisuras leves.	Baja- Intermedia	
4	Grano un poco agrietado, con un halo blancuzco alrededor.		
5	Grano totalmente abierto, en ocasiones formando una gran masa.	Intermedia	Intermedia
6	Grano casi totalmente desintegrado. difícilmente se observa su forma.	Alta- Intermedia	Baja- Intermedia
7	Grano totalmente desintegrado	Alta	Baja

FUENTE: IRRI, 1987.

m) Análisis económico

Se utilizó la metodología de presupuesto parcial, descrita por el programa de Economía del Centro Internacional de Mejoramiento del maíz y trigo (CIMMYT), que es una formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos contenidos en un manual metodológico de evaluación económica, escrito por Richard Perrin, Donald Winkelmann, Edgardo Moscardi y Jock Anderson en el año 1976.

El propósito de hacer un análisis económico es el de obtener suficiente evidencia que las opciones tecnológicas que se están proponiendo son factibles económicamente para los productores, en términos de generación de beneficios directos e indirectos medidos por unidades monetarias.

Según el CIMMYT (1988) el paso inicial para realizar un análisis económico de ensayos en campo es calcular los costos que varían para cada uno de los tratamientos, es decir, costos relacionados con insumos, mano de obra, preparación del suelo. Los costos variables totales en el estudio se determinaron con relación al costo de la cantidad de jornales, fertilizantes y la semilla empleada. Los rendimientos obtenidos fueron reducidos en un 5% a fin de reflejar las diferencias entre el rendimiento experimental y el rendimiento que los productores podrían obtener utilizando la misma tecnología.

El rendimiento ajustado fue multiplicado por el precio en chacra del producto S/ 90.00 por saco de 70 kg de arroz en cáscara. El beneficio bruto se obtuvo de la multiplicación del rendimiento ajustado por el precio del producto. En cuanto al beneficio neto obtenido fue el resultado del beneficio bruto menos los costos variables para cada tratamiento. La metodología empleada, considera los siguientes parámetros (CIMMYT, 1988 citado por Cortegana, 2017):

- **Costos variables:** costos de la semilla y los fertilizantes empleados.
- **Rendimiento:** expresado en kg ha⁻¹.
- **Beneficio bruto:** obtenido multiplicando el rendimiento por el precio del producto al momento de la cosecha.
- **Beneficio neto:** es igual al beneficio bruto menos los costos totales de producción.
- **Dominancia:** se efectúa primero ordenando los tratamientos de menores a mayores totales de los costos que varían. Se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos.
- **Tasa de retorno marginal:** es la relación de los beneficios netos marginales sobre los costos variables marginales. expresado en porcentaje.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Rendimiento

El manejo eficiente de N puede aumentar el rendimiento del cultivo y reducir el costo de producción. Las aplicaciones inadecuadas de N se consideran una de las principales razones del bajo rendimiento de arroz, también se deben tomar medidas para aumentar el rendimiento por unidad de área mediante el uso de variedades de rendimiento relativamente alto.

El rendimiento en grano tuvo diferencias estadísticas en los dos métodos de riego. Los rendimientos variaron de 7.25 a 5.6 t ha⁻¹ en los métodos de inundación continua y secas intermitentes respectivamente. Sin embargo, investigaciones realizadas en Taiwán demostraron que, aunque el riego intermitente no fue mejor que el riego continuo, es igualmente efectivo (IRRI, 1976).

En los niveles de N, 360 kg N ha⁻¹ fue estadísticamente superior a 240 kg N ha⁻¹ con rendimientos de 7.2 t ha⁻¹ y 6.8 t ha⁻¹, respectivamente. El nivel 0 (testigo sin aplicación de N), alcanzó un rendimiento de 5.3 t ha⁻¹.

En cultivares, el mayor rendimiento lo obtuvo La Puntilla, con 7.95 t ha⁻¹, siendo estadísticamente superior a IR43 y Tinajones. La resistencia moderada al virus de la hoja blanca de La Puntilla favoreció la obtención de rendimientos más altos con relación a IR43 y Tinajones, los cuales son altamente susceptibles. Estos cultivares tuvieron rendimientos de 5.75 y 5.56 t ha⁻¹, respectivamente (Tabla 13).

En el Perú, los rendimientos más altos se obtienen en la costa con 10 a 11 t ha⁻¹ (MINAGRI, 2014) y los más bajos en selva de secano, con rendimientos de 2500-3000 kg ha⁻¹, por carencia de tecnologías (Agro-Moquegua, 2017).

Tabla 13: Prueba de Duncan_{0,05} para la variable rendimiento en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Rendimiento (t ha⁻¹)	
Método de riego	
Inundación continua	7.25a
Secas intermitentes	5.6b
Niveles de N (kg N ha⁻¹)	
0	5.3b
240	6.8a
360	7.2a
Cultivares	
IR43	5.75b
Tinajones	5.56b
La Puntilla	7.95a

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes.

Djaman K., Mel C., Diop L., Sow A., El-Namaky R., Manneh B., et al. (2018) indicaron a partir de estudios realizados en Fanaye, África, que el rendimiento de arroz evaluados en inundación continua y ciclos alternativos de humedecimiento y secado (secas intermitentes) bajo 5 dosis de nitrógeno en cultivares recién liberados, resulto mayor en riegos continuos y al ciclo de humedecimiento y secado no severo, a medida que las dosis de nitrógeno aumentaban, en estaciones húmedas del lugar. Resultados que se pueden observar en el riego por inundación continua, en el nivel de 360 kg N ha⁻¹, en temporadas húmedas (Fenómeno del Niño) del valle Jequetepeque.

El análisis de varianza dio como resultado alta significación entre los métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz (Anexo1), favoreciendo estos rendimientos al método de riego por inundación continua. De acuerdo con la investigación los niveles de nitrógeno tales como 240kg ha⁻¹ y 360 kg ha⁻¹, no mostraron diferencias significativas. Por otro lado, la figura 1 indica que los rendimientos aumentan en la dosis de 360 kg N ha⁻¹, mostrándose en la barra color gris.

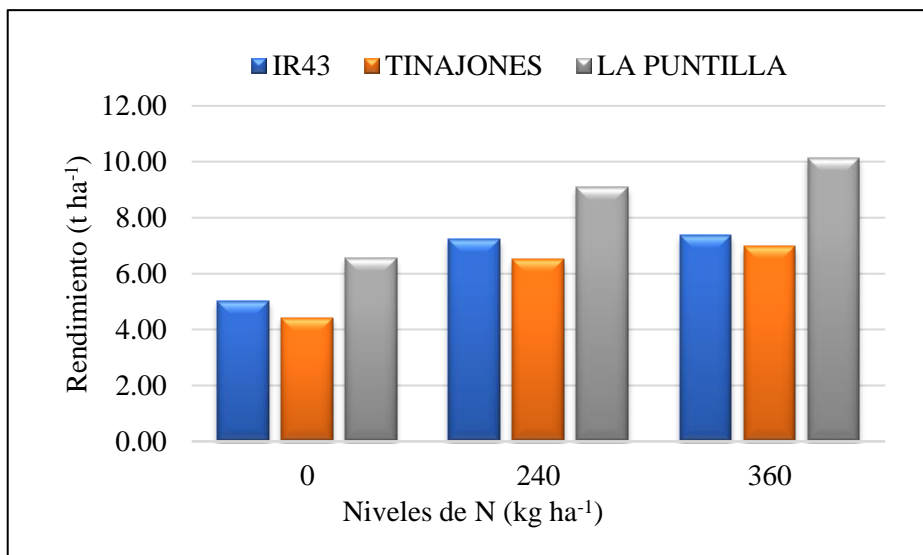


Figura 1. Rendimiento promedio en kg ha⁻¹ de arroz paddy para riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares.

En el riego por inundación continua se puede observar la tendencia creciente de los rendimientos con el aumento de los niveles de nitrógeno (Figura 1). Se observa la diferencia en rendimientos de La Puntilla a los otros dos cultivares, de la misma manera en las parcelas por secas intermitentes (Figura 2).

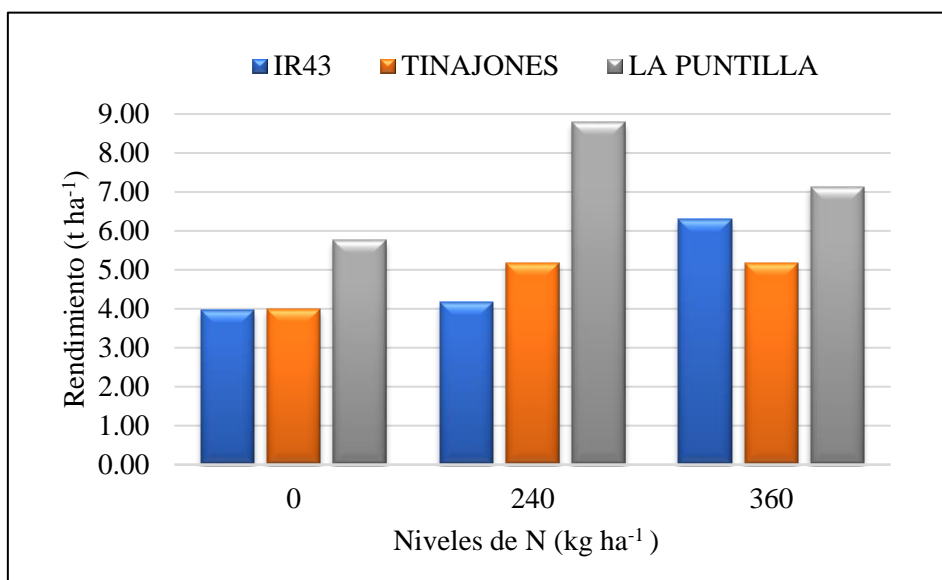


Figura 2. Rendimiento promedio en kg ha⁻¹ de arroz paddy para riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares.

Muchos investigadores, incluidos Brown et al. (1978) y McCauley (1990) citado por Haghghati B. y Salehi F. (2012), informaron que en el riego por inundación se utiliza como herramienta de gestión para el control de malezas, proporciona fácil acceso a los nutrientes de las plantas y previene el estrés por sequía.

Haghghati B. y Salehi F. (2012) a partir de estudios realizados en Malasia, mostraron resultados donde no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento de arroz bajo el tratamiento de riego alternativo con lámina de agua de 5cm menor a 6 días, mientras que con el tratamiento de riego alternativo de lámina de agua de 5cm cada 6 días se lograron los menores resultados, no solo en rendimientos de grano, sino también altura de planta, materia seca e índice de cosecha, similar periodo de tiempo con lámina de agua, utilizada en las parcelas de riego por secas intermitentes en el valle Jequetepeque.

El fertilizante nitrogenado aplicado con sulfato de amonio y urea aumenta significativamente el rendimiento de grano de arroz de tierras bajas (Fageria et al., 2008). Según los resultados obtenidos se pudo ver que a mayores dosis de nitrógeno se obtienen mayores rendimientos. El nitrógeno influye en la producción en grano en arroz, que con el uso de cultivares semi enanos resistentes a la tumbada ha mejorado la respuesta del nitrógeno, pero el incremento de los precios de los fertilizantes exige optimizar su uso.

4.2. Componentes de rendimiento

Tabla 14: Prueba de Duncan0.05 para la variable componentes de rendimiento en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

	Número de panículas (m ²)	Granos Llenos/ Panícula	Peso 1000 granos (g)
Métodos de riego			
Inundación continua	405 a	130 a	27.34 a
Secas intermitentes	401 a	127 a	25.96 a
Niveles de N (kg N ha⁻¹)			
0	367 b	121 b	26.54 a
240	426 a	131 a	27.40 a
360	416 a	137 a	26.05 a
Cultivares			
IR43	408 ab	126 b	26.60 a
Tinajones	374 b	128 b	26.50 a
La Puntilla	427 a	135 a	27.80 a

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes.

4.2.1. Numero de panículas por m²

En el análisis de varianza de numero de panículas por m² (Anexo7) se encontraron diferencias estadísticas en los niveles de nitrógeno, cultivares y la interacción de ambos.

El número de panículas por m² vario de 401 a 405, entre los métodos de riego por secas intermitentes y riego por inundación continua respectivamente, no existiendo significación estadística. Entre estos componentes de rendimiento, el número de las panículas por unidad de área es el componente de rendimiento más variable Fageria N. et al., (2007).

Entre niveles de nitrógeno, el menor número de panículas se obtuvo en el tratamiento testigo (0 kg N ha⁻¹). El más alto de 426 panículas por m² se obtuvo en el nivel de 240 kg N ha⁻¹ no obteniendo diferencias significativas con el nivel 360 kg N ha⁻¹, que obtuvo 416 panículas por m². Para el caso de los cultivares en la prueba de Duncan realizada, IR43 obtuvo en promedio 408 y La Puntilla 427 panículas por m², no existiendo diferencias significativas (Tabla 14).

4.2.2. Granos llenos por panícula

El número de granos llenos por panícula en las pruebas de comparación de Duncan no se obtuvieron diferencias estadísticas para los métodos de riego, de manera contraria sucedió en los niveles de nitrógeno y cultivares en estudio (Tabla 14).

En los niveles de nitrógeno, la dosis de 0 kg N ha⁻¹ presentó el menor número de granos llenos con 121, seguido de la dosis de 240 kg N ha⁻¹ con 131 y la dosis con 360 kg N ha⁻¹ con 137. El número de granos llenos por panícula aumento de manera proporcional a las dosis de nitrógeno. El cultivar La Puntilla obtuvo el mayor número de granos llenos por panícula llegando al valor de 135, superando estadísticamente a IR43 y Tinajones.

4.2.3. Peso de 1000 granos

El peso de 1000 granos tuvo las menores diferencias entre los métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares. El peso está determinado por el tamaño de la cariósida, que está definido por la cavidad de las glumelas. Es un carácter muy poco variable.

Yoshida (1981). Belder P., Bouman B., Cabangon R., Guoan L., Quilang E., Yuanhua E., et al. (2000) Informaron que la densidad de grano también se vio significativamente afectada por el régimen de agua en el nivel 0 de N, en el cual el riego por humedecimiento y secado alternativo tenía una densidad de grano significativamente mayor que el riego continuo. El peso promedio de 1,000 granos no presentó diferencias significativas, lo que indica la estabilidad de esta variable. El número de granos llenos tampoco se vio significativamente afectado por el régimen hídrico, sin embargo, el porcentaje de granos llenos se vio significativamente afectado por los niveles de N.

Tabla 15: Coeficiente de correlación múltiple (r) y coeficiente de determinación (R²) entre rendimiento y componentes del rendimiento para riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.88
Coeficiente de determinación R ²	0.79
R ² ajustado	0.75
Error típico	0.7
Observaciones	18

El análisis de regresión múltiple, indica que la mejor ecuación para predecir el rendimiento de arroz en la parcela de riego por inundación continua, en función a sus componentes es: $\hat{Y} = -16.44 + 0.011X_1 + 0.13X_2 + 0.04X_3$, por tener el mayor coeficiente de determinación múltiple (R²=0.75), siendo \hat{Y} : Rendimiento, X₁: Número de panículas m², X₂: número de granos panículas-1 y X₃: peso de 1000 granos.

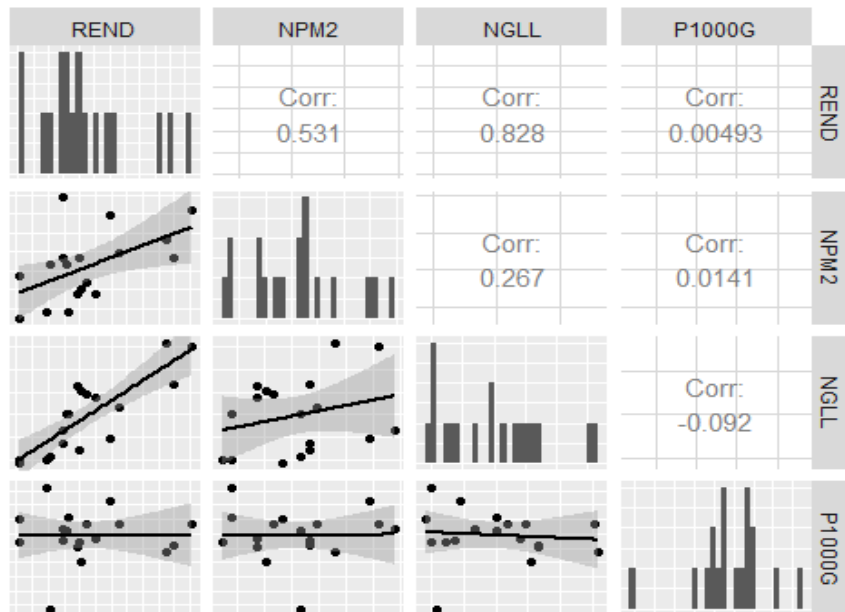


Figura 3. Matriz rendimiento versus número de panículas por m² número de granos llenos por panícula y peso de mil granos para riegos por inundación continua.

Los componentes del rendimiento fueron correlacionados positivamente con el rendimiento en grano en parcelas de inundación continua ($r = 0.88$) (Tabla 15), indicando que los componentes tienen alta relación con el rendimiento en grano, por lo cual, 0.53 nos indica que hay una correlación directa entre el rendimiento y el número de panículas por metro cuadrado (NPM2), 0.82 también existe una correlación directa entre el número de granos llenos por panícula (NGLLXP) y el rendimiento, pero es menor con respecto al número de panículas por metro cuadrado, en cambio el 0.005 nos indica que existe una correlación no significativa entre el peso de mil granos y el rendimiento; es decir esta variable no tiene una influencia importante en el rendimiento. También se puede ver en forma gráfica lo explicado anteriormente (Figura 3).

Tabla 16: Coeficiente de correlación múltiple (r) y coeficiente de determinación (R^2) entre rendimiento y componentes del rendimiento para riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.77
Coeficiente de determinación R^2	0.59
R^2 ajustado	0.50
Error típico	1.16
Observaciones	18

El análisis de regresión múltiple, indica que la mejor ecuación para predecir el rendimiento de arroz en la parcela de riego por secas intermitentes, en función a sus componentes es: $\hat{Y} = -11.08 + 0.002X_1 + 0.12X_2 - 0.033X_3$, por tener el mayor coeficiente de determinación múltiple ($R^2=0.59$), siendo \hat{Y} = Rendimiento, X_1 : Número de panículas m^{-2} , X_2 : número de granos panículas-1 y X_3 : peso de 1000 granos.

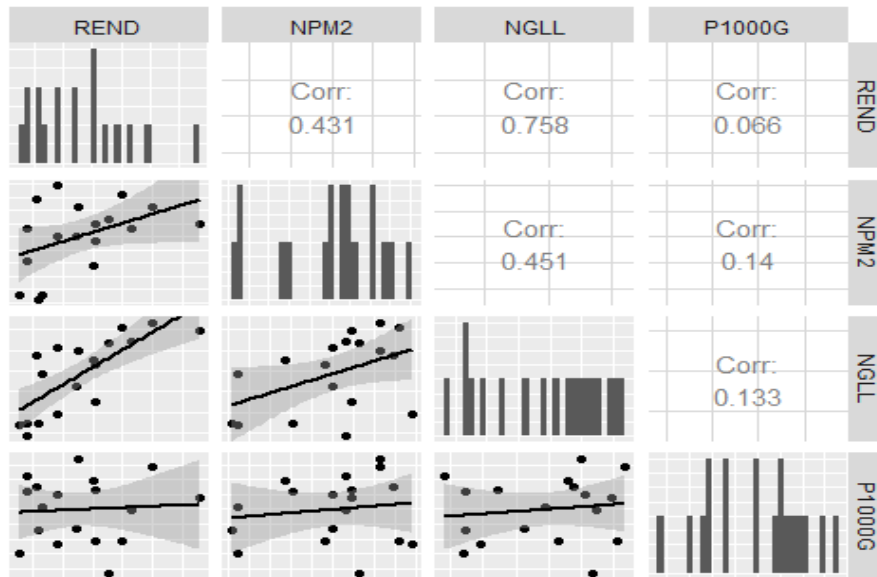


Figura 4: Matriz rendimiento versus número de panículas por m^2 , número de granos llenos por panícula y peso de mil granos para riegos por secas intermitentes.

Los componentes del rendimiento fueron correlacionados positivamente con el rendimiento en grano ($r = 0.77$) (Tabla 16), indicando que los componentes tienen alta relación con el rendimiento en grano, por lo cual, 0.43 nos indica que hay una correlación directa entre el rendimiento y el número de panículas por metro cuadrado (NPM2), entre el número de granos llenos por panícula (NGLLXP) y el rendimiento. También existe una correlación directa obteniéndose un valor de 0.75 que inclusive es una correlación mayor al número de panículas por metro cuadrado. El peso de mil granos y el rendimiento del grano tuvieron una correlación muy baja de 0.06, es decir esta variable tiene poca influencia en el rendimiento. También se puede ver en forma gráfica lo explicado anteriormente (Figura 4).

Fageria y Baligar (2001), reportaron que la aplicación de nitrógeno en una cantidad adecuada contribuyó con el 91% de variación en número de panículas por m^2 , el 75% de variación en granos estériles y cerca del 73% de variación en el peso de 1000 granos.

Para esta investigación, el riego por inundación continua obtuvo una variación de 53% en el número de panículas por metro cuadrado, alrededor de 82% en el número de granos llenos por panícula y el 0.5% en peso de mil granos. Mientras que para el método de riego por secas intermitentes se obtuvo una variación de 43% en el número de panículas por metro cuadrado, alrededor de 75% en el número de granos llenos por panícula y el 6% en peso de mil granos. El nitrógeno mejoró significativamente el rendimiento del arroz al mejorar los componentes del rendimiento, como el número de panículas y los granos llenos por panícula. Además, el N también mejoró el índice de cosecha de grano, y la altura de la planta, que están positivamente asociados con el rendimiento de grano (Fageria, 2007).

4.3 Materia seca

La materia seca o biomasa del cultivo es la cantidad total producida, menos los fotosintatos utilizados para la respiración. La manera en que la materia seca neta producida se distribuye entre diferentes partes de la planta es lo que determina la magnitud del rendimiento económico (Among, 1972; citado por Dhital, 2011).

Las determinaciones de la biomasa se realizaron en las etapas de inicio de primordio floral o punto de algodón (I.P.F.), floración (F.) y madurez fisiológica del grano (M.F.G.), por ser los estadios de mayor contribución al rendimiento.

Tabla 17: Prueba de Duncan_{0,05} para la variable materia seca en gm⁻² en tres etapas de evaluación y su efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

	I. P.F. (1) (g m ⁻²)	F (2) (g m ⁻²)	M.F.G. (3) (g m ⁻²)
Métodos de Riegos			
Inundación continua	801.00 a	1036.79 a	2098.72 a
Secas Intermitentes	715.81 a	979.20 b	1853.33 a
Niveles (kg N ha⁻¹)			
0	573.33 c	839.73 c	1783.87 c
240	793.01 b	1018.27 b	2002.56 b
360	908.87 a	1166.00 a	2141.65 a
Cultivares			
IR43	709.03 b	959.15 b	1961.86 ab
Tinajones	733.91 b	974.53 b	1896.94 b
La Puntilla	832.27	1090.31	2096.25

(1) Inicio primordio floral, (2) Floración, (3) Maduración fisiológica del grano.

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes.

La producción de materia seca tuvo una tendencia creciente, a medida que el nitrógeno aplicado aumentaba en las tres etapas fenológicas evaluadas tanto para la parcela de riego por inundación continua (Figura 5) e intermitente (Figura6). También se observó que, en la fase de floración, existieron diferencias significativas en ambos métodos de riego, produciendo el riego por inundación continua 1036.8 g m⁻² y el riego intermitente 979.2 g m⁻² de materia seca (Tabla 17).

Según Fageria (2007), en un experimento acerca de la relación de la materia seca y niveles de nitrógeno, pudo ver que a mayores cantidades de nitrógeno aplicados desde 0 a 210 kg Na ha⁻¹, las cantidades de materia seca acumuladas aumentaban de manera proporcional. Los tratamientos con nitrógeno promovieron significativamente la producción de materia seca, durante el ciclo de crecimiento del cultivo.

En el análisis de variancia de materia seca en el inicio del primordio floral (punto de algodón) (Anexo2), floración (Anexo 3), se encontraron diferencias altamente significativas entre los niveles de nitrógeno y cultivares, de manera similar para materia seca a la maduración (Anexo4) hubo diferencias significativas entre parcelas de riego, niveles de nitrógeno y cultivares.

La producción más alta de materia seca a la cosecha se alcanzó con 360 kg N ha⁻¹. con el cultivar La Puntilla con 22.18 t ha⁻¹ en el sistema de riego por inundación continua (Figura 5).

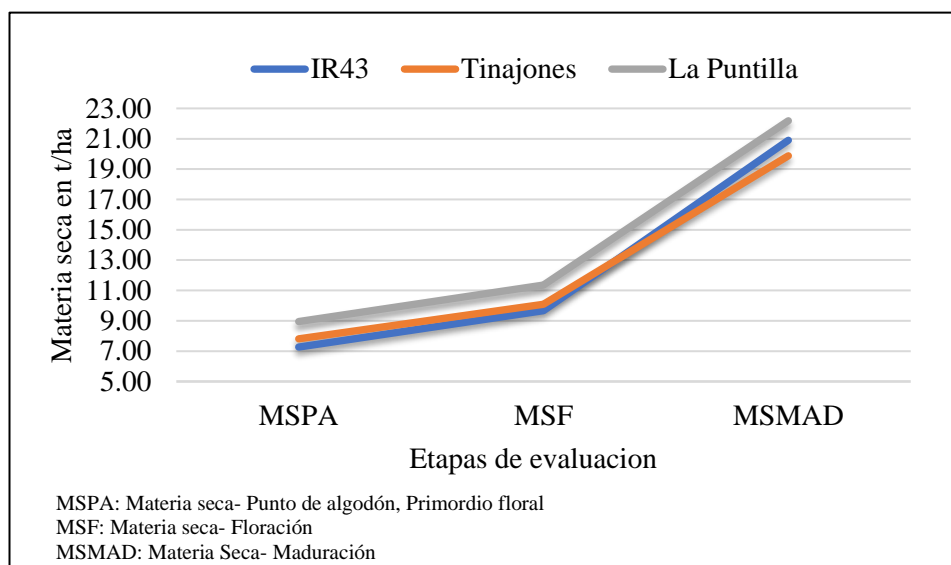


Figura 5. Materia seca (kg ha⁻¹) en tres etapas fenológicas para métodos de riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares. 2017-I

En el riego por inundación continua, de acuerdo con las etapas fenológicas evaluadas, desde el punto de algodón hasta la maduración, IR43 logro valores que van desde 7.27 a 20.9 t ha⁻¹, en Tinajones de 7.8 a 19.88 t ha⁻¹, mientras que La Puntilla 8.95 a 22.19 t ha⁻¹, este último tiene la mayor acumulación de biomasa en las tres etapas evaluadas.

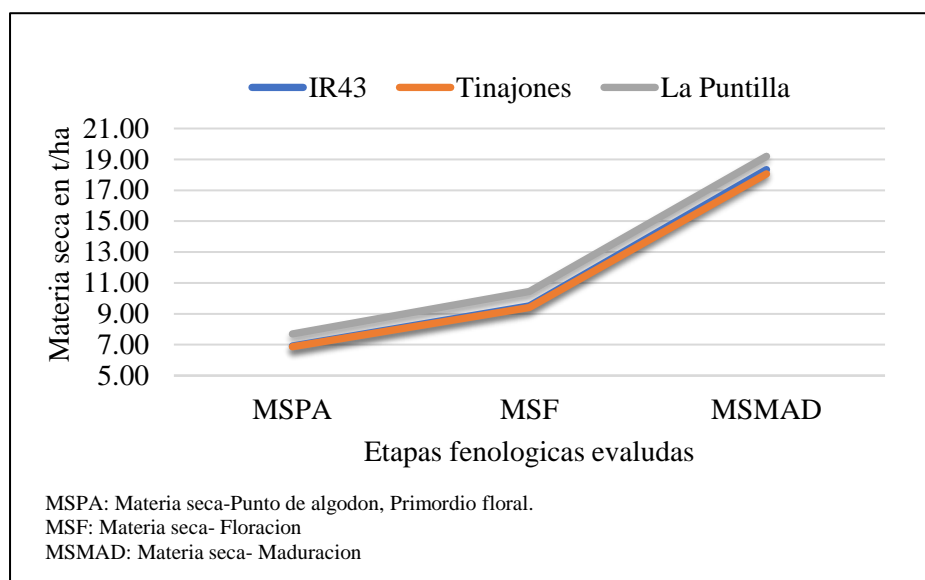


Figura 6. Materia seca (kg ha⁻¹) en tres etapas fenológicas para métodos de riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Para el caso del sistema de riego por secas intermitentes, también desde el punto de algodón hasta la maduración, IR43 muestra valores desde 6.91 hasta 18.34 t ha⁻¹, Tinajones desde 6.87 hasta 18.06 t ha⁻¹, mientras que La Puntilla también obtuvo la máxima acumulación de biomasa en las tres etapas, obteniendo valores desde 7.69 a 19.20 t ha⁻¹. Tanto la figuras 5 y 6 nos indican que la producción de materia seca se incrementa hasta la madurez fisiológica de los granos, en el cual alcanza su máximo valor.

La materia seca tiene relaciones positivas con el rendimiento de grano y el N es importante para mejorar el índice de cosecha. (Fageria et al., 2004; Fageria y Baligar, 2008). La tendencia creciente en el rendimiento de los cultivares de arroz lanzados por el Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI) en Filipinas antes de 1980 se debió principalmente a la mejora en el índice de cosecha, mientras que un aumento en la biomasa total se asoció con las tendencias de rendimiento para los cultivares liberados después de 1980. Estos autores también sugirieron que probablemente se producirían mayores aumentos en el potencial de rendimiento del arroz al aumentar la producción de biomasa en lugar de aumentar el índice de cosecha.

La alta producción de materia seca total por unidad de área es el primer requisito previo para el alto rendimiento y depende de la eficacia de la fotosíntesis del cultivo. Para obtener un alto rendimiento se requiere aumentar la biomasa cosechable en relación con la porción no cosechable con la finalidad de obtener un índice de cosecha más alto (Dhital, 2011).

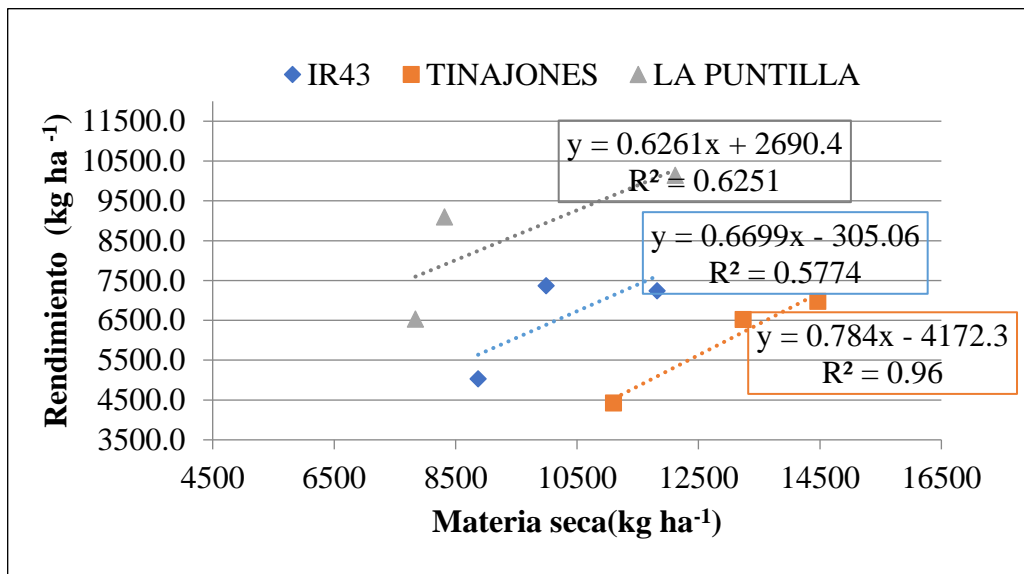


Figura 7: Correlación materia seca kg ha^{-1} y rendimiento en kg ha^{-1} para riegos por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

En la figura 7, vemos que el rendimiento y la materia seca en el caso del cultivar Tinajones muestra el coeficiente de determinación (R^2) más alto 0.96 seguido de un coeficiente de correlación alto con 0.98. En segundo lugar, el cultivar La Puntilla mostrando un coeficiente de determinación de 0.62 y de correlación de 0.8. Mientras que el cultivar IR43 muestra un coeficiente de determinación de 0.58 y un coeficiente de correlación de 0.76. obteniéndose resultados significativos para los tres cultivares.

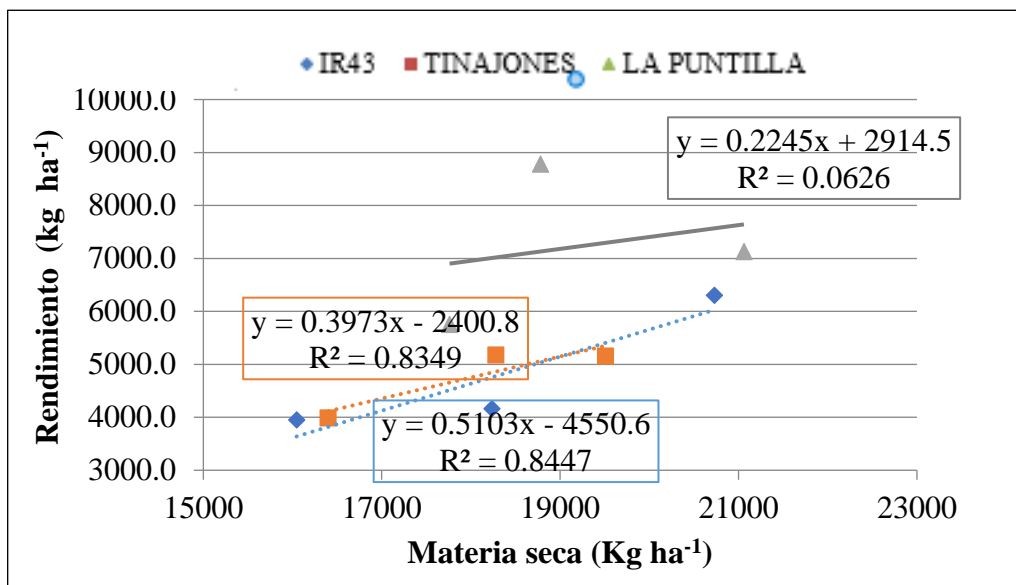


Figura 8. Correlación materia seca kg ha^{-1} y rendimiento en kg ha^{-1} para riegos por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

En las parcelas de secas intermitentes, las correlaciones de rendimiento y materia seca fueron significativas para los cultivares IR43 y Tinajones, mientras que el cultivar La Puntilla mostro un coeficiente de determinación de 0.062 y un coeficiente de correlación de 0.25, siendo considerado no significativo (Figura 8).

Fageria (2007) la producción de materia seca tuvo una correlación más alta con el rendimiento de grano durante las etapas de floración y maduración fisiológica que, en las etapas de crecimiento más tempranas, ya que mostraron coeficientes de correlación de hasta 0.8, altamente significativos. El rendimiento biológico de un cultivo de cereales es el rendimiento total de la materia seca producida y en un indicativo de la capacidad fotosintética de un cultivo (Yoshida, 1981)]

4.4 Índice de cosecha

El término índice de cosecha (ID) fue introducido por Donald (1962) y desde entonces ha sido considerado como un rasgo importante para la mejora del rendimiento en cultivos de campo. Varios autores han informado que el ID es un rasgo importante para mejorar el rendimiento del arroz Peng et al., (2000); Fageria, Barbosa Filho (2001).

Tabla 18: Prueba de Duncan_{0,05} para la variable Índice de cosecha (%) en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Índice de cosecha (%)	
Métodos de riego	
Inundación continua	43.64 a
Secas intermitentes	43.36 a
Niveles (kg N ha¹)	
0	39.98 b
240	43.03 b
360	47.49 a
Cultivares	
IR43	43.28 b
Tinajones	40.81 c
La Puntilla	46.42 a

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes.

En la prueba de comparación realizada para el índice de cosecha del grano, no se obtuvieron diferencias significativas entre métodos de riego, de manera contraria para los niveles de nitrógeno pues si se obtuvieron diferencias estadísticas, así como en cultivares.

El índice de cosecha, en los métodos de riego por inundación continua fue 43.64% mientras que en el de secas intermitentes el índice de cosecha fue 43.36% (Tabla 18). La inundación permanente no es necesaria para alcanzar altos índices de cosecha.

En los niveles de nitrógeno el mayor índice de cosecha se obtuvo con la dosis de 360kg N ha⁻¹ con 47.49%, siguiendo la dosis de 240 kg N ha⁻¹ con 43.03% y por último la dosis de 0 kg N ha⁻¹ con 39.98%. En los cultivares en estudio, La Puntilla mostro un índice de cosecha con 46.42 %, IR43 tuvo 43.28 % y el cultivar Tinajones 40.81 %, sin significación estadística entre los cultivares.

Kiniry et al. (2001), indico que los valores de índice de cosecha en arroz son muy variados entre cultivares, localidades, estaciones, y ecosistemas, y oscila desde 0.35 a 0.62 (Fageria, 2007).

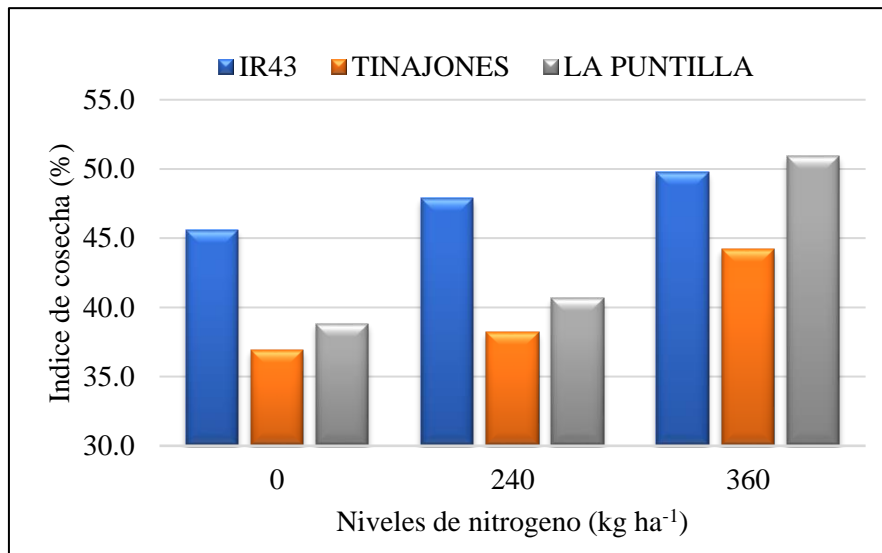


Figura 9: Índice de cosecha promedio en t ha⁻¹ para riegos por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Según el análisis de varianza (Anexo14) existió significación para los niveles de nitrógeno y cultivares. El índice de cosecha se incrementó con mayores dosis de nitrógeno de la misma manera que el rendimiento en grano aumenta.

En el sistema de riego por inundación continua, el cultivar La Puntilla obtuvo el mayor índice de cosecha con un valor promedio de 50.9% con la dosis de nitrógeno (360 kg N ha⁻¹) (Figura 9), de manera similar en la parcela de riego por secas intermitentes con el nivel más alto de nitrógeno se logró, el mayor índice de cosecha por el cultivar La Puntilla con 48.9%, encontrándose los dos valores dentro del rango mencionado por los autores (Figura10). Los cultivares modernos de arroz, poseen menor ciclo vegetativo, una mejor respuesta al uso de altas dosis de nitrógeno y responden produciendo más grano que paja (Yoshida, 1981), pero hasta cierto nivel, más allá del cual, los rendimientos bajan por mayor producción de paja y porque la planta se hace más sensible al ataque de insectos y enfermedades (Heros, 2019).

Yang J., Zhou Q., Zhang J. (2017) mostraron que el índice de cosecha, entre el riego de humedecimiento y secado alternativo (AWD) severo y moderado, no existen diferencias significativas comparando los mismos niveles de nitrógeno aplicados. Además, observaron que medida que aumentan los niveles de nitrógeno también se ven incrementado el IC, considerando que, en las dosis más altas de nitrógeno, se ve una disminución de este.

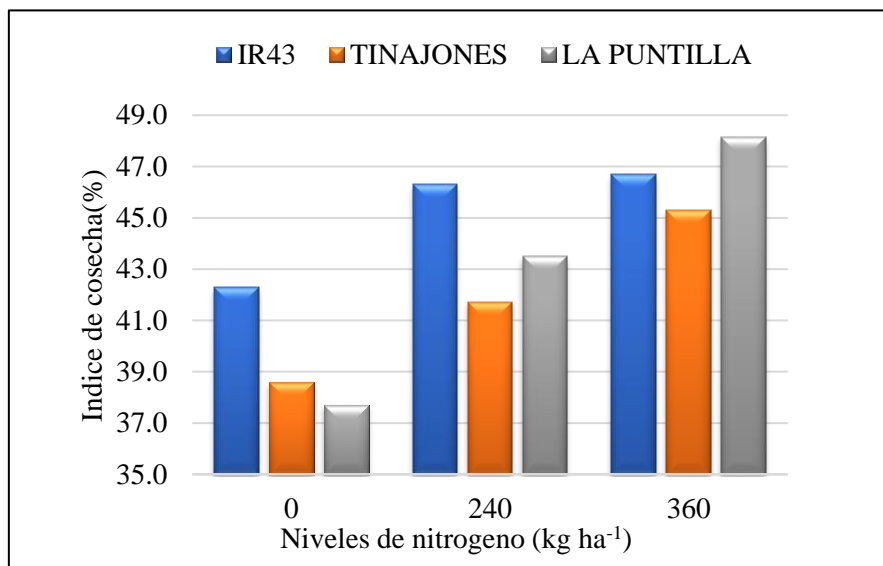


Figura 10: Índice de cosecha promedio en t ha⁻¹ para riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

4.5. Altura de plantas a la cosecha

En las pruebas de comparación para altura de planta, el riego por inundación continua presento 98.9 cm mientras el riego por secas intermitentes 83.9 cm existiendo diferencias significativas. Para los niveles de nitrógeno, solo hubo diferencias estadísticas para el nivel de nitrógeno, 0 kg ha⁻¹, siendo ligeramente superior la dosis de 360 kg ha⁻¹ con 96.3 cm, con la dosis de 240 kg ha⁻¹ con 94.3 cm (Tabla 19).

Tabla 19: Prueba de Duncan_{0.05} para la variable Altura de planta (cm) en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Altura de planta (cm)	
Metodos de riego	
Inundación continua	98.9 b
Secas intermitentes	83.9 a
Niveles de N (kg ha⁻¹)	
0	83.6 b
240	94.3 a
360	96.3 a
Cultivares	
IR43	90.2 b
Tinajones	84.3c
La Puntilla	99.8 a

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes

Los cultivares de arroz mostraron diferencias significativas. El cultivar La Puntilla es el que alcanzo mayor altura con 99.8 cm, lo característico de este cultivar es que tiene un tallo delgado que a la cosecha puede originar tumbada.

Yoshida S. (1981) informó que variedades de estatura intermedias y altas tienden a tumbarse en espacios reducidos.

Jennings P., Coffman W., Kauffman H. (1979), reportaron que la altura de planta se incrementa significativamente con la aplicación de nitrógeno. El incremento en altura de planta en respuesta a la aplicación de fertilizantes nitrogenados es probablemente debido a una mayor disponibilidad de nitrógeno adecuado, y asimilados, que mejoran el crecimiento de la planta.

Haghighati B. y Salehi F. (2012) estudios realizados en Iran informaron respecto los resultados de la altura de planta de un experimento de cultivares y regímenes de riego indicaron que existen diferencias significativas entre el riego por inundación continua con 88.9 cm y el alternativo (humedecimiento y secado con lámina de agua de 5cm por 6 días) con 69.9 cm.

Naing N., Mar Y., Soe S., Moe K. (2017) informaron también que la altura de la planta de arroces híbridos se vio incrementadas, a medida que aumentaban las dosis de nitrógeno, no existiendo diferencias en las dosis más altas, y que no existieron diferencias significativas entre el riego continuo y el alternativo.

Una de las ventajas de una planta más alta es quizás un aumento en la capacidad de competir con las malas hierbas. Las reducciones de rendimiento debido a las malas hierbas disminuyen con el aumento de la altura de la planta. Sin embargo, una planta más alta es más susceptible a la tumbada y menos sensible al nitrógeno.

4.6. Longitud de panícula (cm).

El tamaño de la panícula está influenciado por la tasa de nitrógeno y también por los genotipos. Según el experimento, los métodos de riego, niveles de nitrógeno y los cultivares en estudio no presentaron diferencias significativas (Tabla 20).

Tabla 20: Prueba de Duncan_{0.05} para la variable Longitud de panícula (cm) el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Longitud de panícula (cm)	
Tipo de riego	
Inundación continua	23.61 a
Secas intermitentes	22.67 a
Niveles de N (kg N ha⁻¹)	
0	21.74 a
240	23.88 a
360	23.81 a
Cultivares	
IR-43	22.71 a
Tinajones	22.62 a
La Puntilla	24.01 a

Valores similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes.

Reduciendo los niveles de nitrógeno, la longitud de panícula se reduce en todos los tratamientos con fertilizantes nitrogenados. El nitrógeno absorbido a la etapa de siembra, macollamiento e inicio de panícula del arroz aseguran la longitud de la panícula. Asimismo, los cultivos de arroz en regiones bajas responden con mayores longitudes de panícula a mayores dosis de nitrógeno. Fageria N., Carvalho G., Santos A., Ferreira E., Knupp A. (2011).

Haghighati B., Salehi F. (2012) informaron mayores longitudes de panícula estadísticamente significativas, para riegos por inundación continua que para riegos bajo humedecimiento y secado alternativos con láminas de agua más prolongadas.

A pesar de no presentar diferencias significativas, el cultivar La Puntilla con la dosis de nitrógeno más alta y con el riego por secas intermitentes logró la mayor longitud de panícula con 25.29 cm en promedio. Para los cultivares IR43 y Tinajones tuvieron panículas más largas en condiciones de inundación continua que en secas intermitentes.

4.7. Acumulación de nitrógeno a la cosecha (kg ha^{-1}).

Solórzano (2003), evaluó el patrón de absorción y acumulación de los principales nutrientes en arroz en relación a la acumulación de materia seca, encontrando que las máximas tasas de acumulación de nitrógeno se dan a partir de primordio floral y durante llenado de grano. El total de nitrógeno absorbido en el experimento fue de 151 kg N/ha . Fageria N. (2007), informa respuestas similares de absorción de N a la cosecha de arroz. La absorción de nitrógeno aumentó con el avance de la edad del cultivo, desde el crecimiento, floración disminuyendo posteriormente durante la cosecha.

Tabla 21: Prueba de Duncan_{0.05} para la variable acumulación de nitrógeno en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Acumulación de nitrógeno (kg ha^{-1})	
Métodos de riego	
Inundación continua	186.00 a
Secas intermitentes	173.60 a
Niveles (kg N ha^{-1})	
0	65.58 b
240	240.08 a
360	233.75 a
Cultivares	
IR43	180.36 ab
Tinajones	165.19 b
La Puntilla	193.85 a

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes.

La acumulación de nitrógeno está relacionada con la materia seca a la cosecha y tuvo tendencia creciente, en los niveles de nitrógeno aplicados. Para las pruebas de comparación de Duncan, en los tratamientos de riego no se obtuvieron diferencias estadísticas, sin embargo, se pudo apreciar que para el riego por inundación continua se obtuvo 186 kg ha^{-1} y 173.6 kg ha^{-1} para el riego por secas intermitentes. En niveles de nitrógeno, también se presentaron diferencias estadísticas, entre los niveles más altos de nitrógeno y el testigo. El nivel 240 kg N ha^{-1} fue superior con 240.08 kg ha^{-1} , el nivel de 360 kg N ha^{-1} con 233.75 kg ha^{-1} no existiendo diferencias estadísticas entre ellos. El nivel de 0 kg N ha^{-1} tuvo 65.58 kg ha^{-1} . (Tabla 19).

Los cultivares, el de mayor acumulación de nitrógeno fue el cultivar La Puntilla con 193.85 kg ha^{-1} , en segundo lugar, IR43 con 180.36 kg ha^{-1} y Tinajones con 165.19 kg ha^{-1} (Tabla 19). Bajwa S., Mishra A., Norman R. (2010) en estudios realizados en Arkansas, EEUU

informaron que la acumulación de nitrógeno se ve incrementada de acuerdo al incremento de las dosis de nitrógeno, donde se obtuvo valores de hasta 110.26 kg ha⁻¹ con 170 kg N ha⁻¹ para rendimientos de hasta 10 t ha⁻¹.

La tendencia de absorción de nitrógeno fue similar en ambas parcelas de riego (Figura 11,12). En el sistema de riego por inundación continua, el cultivar La Puntilla obtuvo el mayor resultado con la dosis de 240 kg N ha⁻¹ con un promedio de 273, En cambio, el cultivar IR43 y Tinajones obtuvo el mayor resultado con la dosis de 360 kg N ha⁻¹ con 282,91 y 231,89 kg ha⁻¹ en promedio (Figura 11).

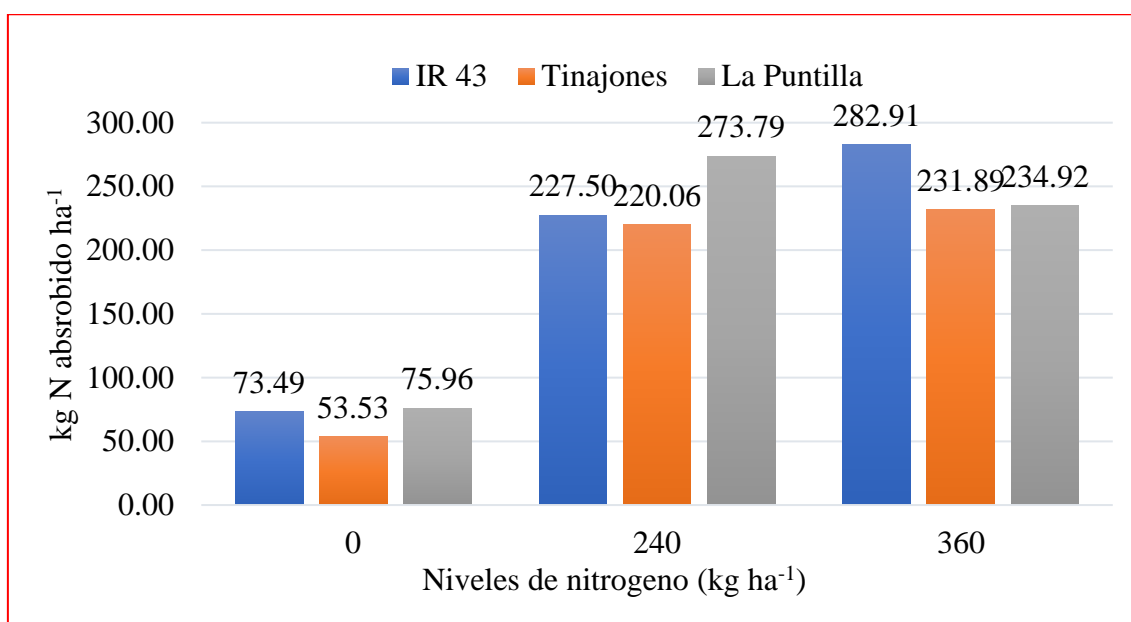


Figura 11: Absorción de nitrógeno en kg ha⁻¹ para riegos por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz

La recuperación del fertilizante nitrogenado aplicado al cultivo de arroz oscilaría desde 30 a 40%. Sin embargo, con mejores prácticas culturales la recuperación puede aumentar hasta 65% (De Datta, 1981). En el sistema de riego por secas intermitentes, el cultivar La Puntilla obtuvo el mayor resultado con la dosis de 240 kg N ha⁻¹ con un promedio de 288,80 kg ha⁻¹ de igual manera IR43 con 230,21 kg ha⁻¹ con la dosis mencionada, en el caso de la dosis de 360 kg ha⁻¹ tinajones alcanzo el resultado más alto; 226,41 kg ha⁻¹ (Figura 12).

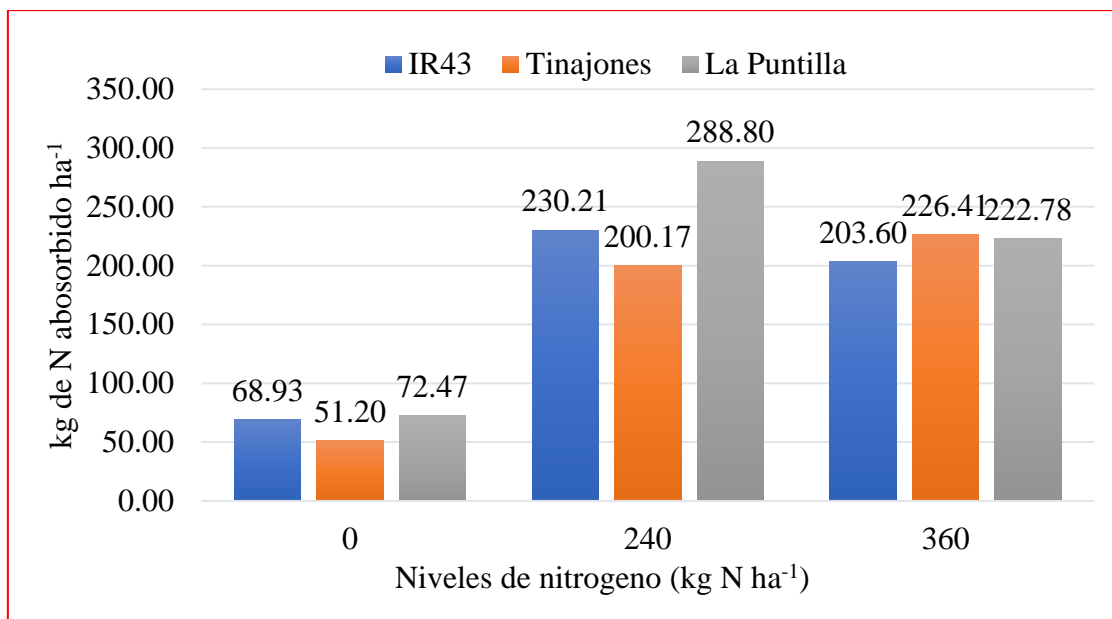


Figura 12: Absorción de nitrógeno en kg h a⁻¹ para métodos de riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

4.8. Determinación de eficiencias de uso de nitrógeno

El objetivo del manejo del N es maximizar la eficiencia del uso de nitrógeno en la planta. La eficiencia del uso de nitrógeno por las plantas de cultivo se ha definido de maneras diferentes en la literatura. Todas las eficiencias de uso de N disminuyeron significativamente al aumentar las tasas de N. La baja eficiencia de recuperación de N en el arroz de tierras bajas puede estar relacionada con las pérdidas de N del suelo a través de la desnitrificación, la volatilización de NH₃ o la lixiviación (Huang S., Zhao C., Zhang Y., Wang C, 2017).

Según experimentos diseñados para medir la eficiencia del consumo de nitrógeno del fertilizante, indican que el arroz fertilizado extrae del suelo el 50 a 80% del nitrógeno requerido, dependiendo de la capacidad de aporte del suelo y de la cantidad de fertilizante agregado (Toyama, Broadbent, De Datta citados por Deambrosi y Méndez, 1996).

Tabla 22: Prueba de Duncan_{0.05} para la variable eficiencia de uso de nitrógeno en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

	Eficiencia de Uso (EU) (%)	Productividad Parcial (PP) (kg arroz por kg N aplicado)
Métodos de Riegos		
Inundación continua	40.87 a	18.14 a
Secas intermitentes	37.67 a	14.27 b
Niveles de N (kg N ha⁻¹)		
240	71.09 a	28.7 a
360	46.72 b	20 b
Cultivares		
IR43	32.20 a	14.5 b
Tinajones	37.36 a	13.8 b
La Puntilla	43.20 a	20.4 a

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes.

4.8.1. Eficiencia de uso de nitrógeno (%)

En la prueba de Duncan realizada para la eficiencia de uso de nitrógeno, en los métodos de riego no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas, para los niveles de nitrógeno, el mejor resultado se obtuvo con la dosis de 240 kg N ha⁻¹ con 71.09%, mientras que en la dosis de 360 kg N ha⁻¹ se obtuvo 46.7442%. Entre los cultivares en estudio, La Puntilla obtuvo la mayor eficiencia de uso con 43.2%, seguido de Tinajones con 37.36%, finalizando con 32.20% para IR43 (Tabla 22).

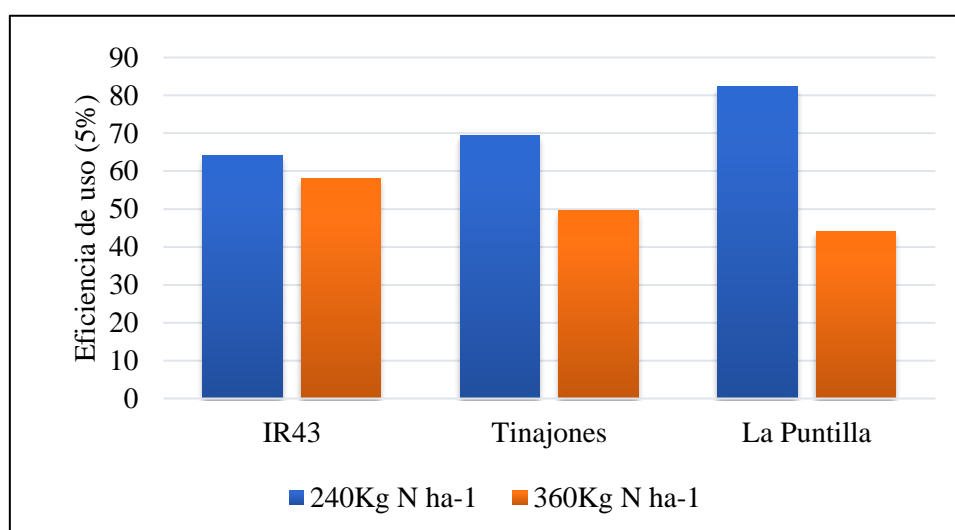


Figura 13: Eficiencia de uso de nitrógeno o eficiencia de recuperación para riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

En ambos métodos de riego, se observó la tendencia, que, a mayor dosis de nitrógeno, menor eficiencia de uso. En el riego por secas intermitentes (Figura 14) el cultivar La Puntilla obtuvo el promedio más alto con 90% y 43% aplicado para la dosis de 240 y 360 kg N ha⁻¹, mientras que con el riego por inundación continua (Figura 13) 82% y 44.15% para las dosis de nitrógeno de 240 y 360 kg N ha⁻¹ respectivamente.

En el caso de Tinajones tuvo un promedio de 59% y 46% para el riego por secas intermitentes (Figura 14) y 69% y 49.5% para el riego por inundación continua (Figura 13) en las dosis de 240 y 360 kg N ha⁻¹.

El cultivar IR43 obtuvo una eficiencia de uso de nitrógeno promedio de 62 y 39 % en 240 y 360 kg N ha⁻¹ para la parcela de riego por secas intermitentes (Figura 14), 64 y 58% en 240 y 360 kg N ha⁻¹ en el riego por inundación continua (Figura 13).

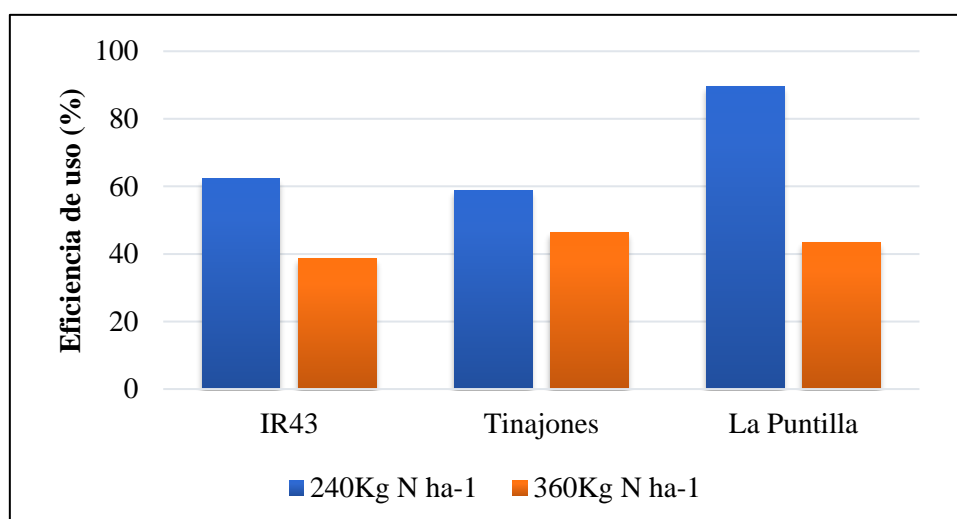


Figura 14: Eficiencia de uso de nitrógeno o eficiencia de recuperación para riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

4.8.2. Productividad parcial (kg arroz por kg N producido)

Las pruebas de comparación para el factor de productividad parcial, en estudio mostro diferencias significativas para métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares. La mayor productividad se obtuvo con el sistema de riego por inundación continua con 18.14 kg arroz por kg N aplicado, en los niveles de nitrógeno se obtuvo con la dosis de 240 kg N ha⁻¹ con 28.7, mientras que la dosis de 360 kg N ha⁻¹ logro 20 kg arroz por kg N aplicado. En el caso de los cultivares, el de mejor respuesta fue La Puntilla con 20.4 kg arroz por kg N aplicado (Tabla 22).

En la investigación realizada, en ambos métodos de riego para las tres dosis de nitrógeno y tres cultivares de arroz, la productividad parcial mantuvo la misma tendencia, es decir que a mayor dosis de nitrógeno menor productividad parcial.

En el caso del riego por inundación continua (Figura 15), La Puntilla obtuvo en la dosis de 240 kg N ha⁻¹, 38 kg arroz por kg N producido, y con la dosis de 360 kg N ha⁻¹ 28 kg arroz por kg N producido, IR43 tuvo 30 kg arroz por kg N producido en la dosis de 240 kg N ha⁻¹ y 20 kg arroz por kg N producido en la dosis de 360 kg N ha⁻¹, finalmente con los resultados más bajos el cultivar Tinajones con 27 kg arroz por kg N aplicado en 240 kg N ha⁻¹ y 19 kg arroz por kg N aplicado con 360 kg N ha⁻¹.

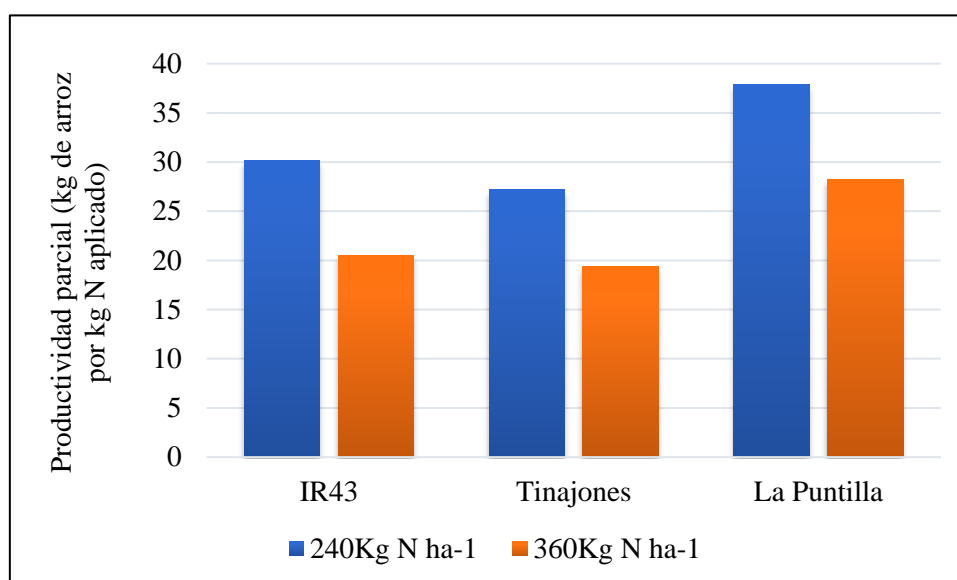


Figura 15: Productividad parcial para riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Los promedios de la productividad parcial en el nivel de 240 para el cultivar IR43 fue 18 kg arroz kg N⁻¹ aplicado, para Tinajones fue de 25 kg arroz kg n⁻¹ aplicado y La Puntilla con 33 kg arroz kg n⁻¹ aplicado siendo este último el máximo valor en el riego por secas intermitentes (Figura 16). En el nivel de nitrógeno de 360 kg N ha⁻¹ se obtuvo para IR43 un promedio de 17 kg N ha⁻¹ para Tinajones 25 kg N ha⁻¹ y para La Puntilla un promedio de 13 kg N ha⁻¹.

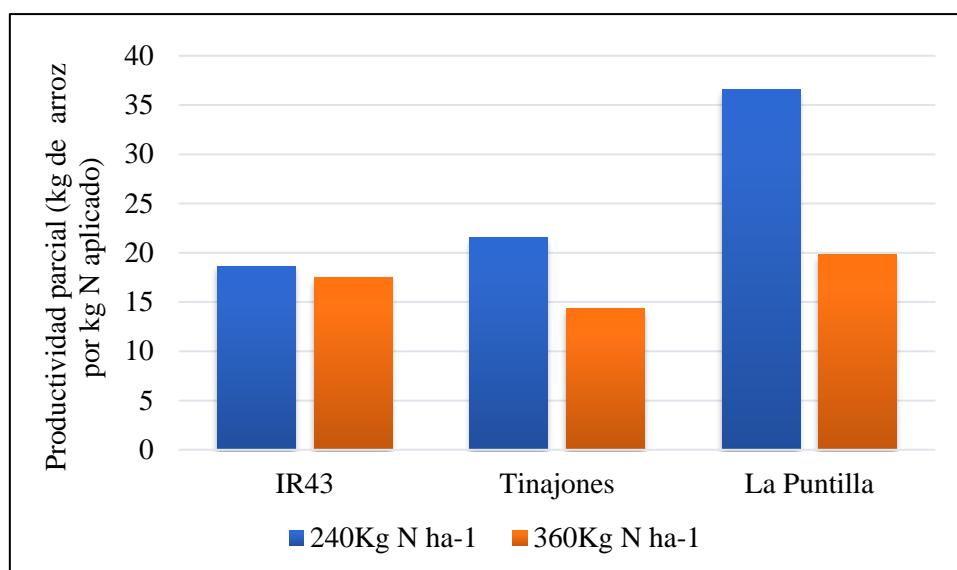


Figura 16: Productividad parcial para riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Djaman K., Mel C., Diop L., Sow A., El-Namaky R., Manneh B., Irmak S. (2018) informaron que el factor de productividad parcial del nitrógeno y de manera similar la eficiencia de nitrógeno disminuyó con las tasas de aplicación de nitrógeno, dependiendo de la temporada de crecimiento del arroz, el régimen de riego y el cultivar.

Yang J., Zhang J. (2010) informaron un rango de 29.0–83.1 kg de arroz por kg N aplicado en inundación y en el tratamiento de humedecimiento y secado alternativo moderado se logró la productividad parcial más alta.

4.9. Calidad molinera

El Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT (1989) afirma que la calidad molinera está definida en base a la producción de grano que permanece entero y porcentaje de grano quebrado, después de ser sometido al descascarado y pulido.

Tabla 23: Prueba de Duncan_{0,05} para la variable calidad molinera en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

	Rendimiento molinería (%)	Granos enteros (%)	Granos quebrados (%)
Métodos de riego			
Inundación continua	72.57 a	67.14 a	6.34 a
Secas intermitentes	71.52 b	65.18 b	5.38 a
Niveles de N (kg N ha⁻¹)			
0	71.00 a	65.34 a	5.66 a
240	72.23 a	66.7 a	5.52 a
360	72.84 a	66.44 a	6.40 a
Cultivares			
La Puntilla	73.52 a	67.84 a	5.68 a
IR43	71.52 b	64.77 b	6.75 ab
Tinajones	71.03 b	65.87 b	5.15 b

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes.

Algunos factores ambientales adversos como sequía, baja radiación solar, deficiencia de N, las temperaturas bajas o altas y la emergencia de la panícula pueden aumentar la esterilidad de las espiguillas y en consecuencia afectara el rendimiento de grano.

4.9.1. Rendimiento de molinería

En el análisis de variancia para el rendimiento de molinería (Anexo 26) encontramos diferencias significativas para el caso de métodos de riegos, niveles de riego y cultivares. En la prueba de Duncan realizada, el cultivar La Puntilla presento el más alto rendimiento de molinería, obteniendo 73.52%, superior a los cultivares IR43 y Tinajones que no mostraron diferencias significativas entre sí (Tabla 23).

4.9.2. Porcentaje de granos enteros

En el análisis de varianza para el porcentaje de granos enteros (Anexo 27), se encontraron diferencias significativas en los métodos de riego y cultivares, siendo el método de riego por inundación continua la de mayor promedio en calidad molinera. En los niveles de nitrógeno, no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas. La Puntilla alcanzo 67.8% de granos enteros. Tinajones e IR43 no mostraron diferencias significativas (Tabla 23).

4.9.3. Porcentaje de granos quebrados

En el análisis de varianza para porcentaje de granos quebrados (Anexo 28) no se obtuvieron diferencias estadísticas para los métodos de riego y niveles de nitrógeno. Sin embargo, en los cultivares en estudio, se presentaron diferencias significativas. IR43 presento el mayor porcentaje de granos quebrados con 6.75. Tinajones obtuvo el más bajo resultado con 5.15% siguiendo el cultivar La Puntilla con 5.68, no existiendo diferencias significativas entre ambos (Tabla 23).

El porcentaje de granos quebrados, después del proceso de molinería determina la calidad grano producido de arroz. En este ensayo se observa que la calidad molinera se encuentra dentro del rango establecido, es decir el porcentaje de granos quebrados es menor del 10 % (Cortegana M., 2017).

4.10. Características biométricas del grano

Jennings et al., (1981) señala que las características biométricas varían dependiendo del cultivar. En el experimento Tinajones y La Puntilla se encuentran dentro de la clasificación de grano extralargo por tener una longitud mayor a 7mm. (Anexo 28).

En la prueba de comparación realizada (Tabla 24) los valores obtenidos en longitud, ancho y espesor de grano no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre métodos de riego, es decir, los volúmenes de agua aplicados en el cultivo de arroz no influyeron en el tamaño del grano, pero los niveles de nitrógeno si influyen en el largo de grano. En el caso de los tres cultivares de arroz estudiados, se mostraron diferencias significativas en el largo y espesor de grano.

El cultivar Tinajones, obtuvo el grano más largo con 7.22mm, La Puntilla tuvo 7.17 mm, sin presentar diferencias significativas, sin embargo, La Puntilla obtuvo un espesor de grano

mayor con 1.74 mm que Tinajones que logro 1.68 mm, existiendo diferencias significativas entre ambos. IR43, tuvo un largo de 6.97 mm y un espesor de 1.71 mm. En el caso del ancho no se obtuvieron diferencias significativas para ningún cultivar.

Tabla 24: Prueba de Duncan_{0.05} para la variable características biométrica del grano pulido (mm) en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

	Longitud de grano (mm)	Ancho de granos(mm)	Espesor de grano (mm)
Métodos de riego			
Inundación continua	7.18 a	2.15 a	1.70 a
Secas intermitentes	7.06 a	2.12 a	1.72 a
Niveles			
0 kg N ha ⁻¹	7.06 a	2.14 a	1.70 a
240 kg N ha ⁻¹	7.16 a	2.14 a	1.73 a
360 kg N ha ⁻¹	7.15 b	2.13 a	1.70 a
Cultivares			
IR43	6.97 b	2.14 a	1.71 ab
Tinajones	7.22 a	2.14 a	1.68 b
La Puntilla	7.17 a	2.13 a	1.74 a

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes.

En el análisis de variancia para características biométricas realizadas en arroz paddy para longitud de granos solo se encontraron diferencias estadísticas entre cultivares (Anexo 11), para ancho de granos no se encontraron diferencias significativas, mientras que para el espesor de granos solo se encontraron diferencias en niveles y cultivares (Anexo12).

4.11. Proteína en grano

En el análisis de variancia para el contenido de proteína en grano pilado (Anexo 25) se encontraron diferencias significativas solo para los métodos de riego, niveles de nitrógeno. A pesar de las diferencias estadísticas, lo valores muestran grandes cambios, ya que el riego por inundación continua obtuvo un 5.7% de proteína en grano, mientras que el riego de secas intermitentes 5.6%. En el testigo (0 kg N ha⁻¹) se obtuvo 4%, en 240 kg N ha⁻¹ 6.3% y 360 kg N ha⁻¹ 7% de proteína no existiendo diferencias significativas entre estas últimas dosis. En los cultivares, a pesar de no encontrar diferencias significativas, el cultivar IR43 es el que obtuvo mayor porcentaje de proteína en grano con 6.1%, Tinajones y La Puntilla tuvieron

contenidos de 5.5 y 5.3% respectivamente, no mostrando grandes diferencias, siendo sus contenidos de proteína similares (Tabla 25).

Tabla 25: Prueba de Duncan_{0.05} para la variable contenido de proteína en grano pilado en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Tratamientos	Proteína en grano (%)
Métodos de riego	
Inundación continua	5.7 a
Secas intermitentes	5.6 b
Niveles de N (kg N ha⁻¹)	
0	4.0 b
240	6.3 a
360	7.0 a
Cultivares	
IR43	6.1 a
Tinajones	5.5 a
La Puntilla	5.3 a

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferente.

4.12. Calidad culinaria

La calidad culinaria se refiere al comportamiento del arroz después de la cocción. Esta valoración no es única, sino depende del hábito cultural dentro de las regiones de cada país y entre los diferentes países. Los parámetros de evaluación de la calidad culinaria están relacionados con la composición del almidón y con parámetros bio-químicos como: contenido de amilosa, crecimiento del grano, volumen de agua, tiempo de cocción y aroma (Heros, 2019).

En el análisis de varianza para el índice de expansión de grano (Anexo 22) no se encontraron diferencias altamente significativas para métodos de riegos, niveles y cultivares ni la interacción entre estos.

Para volumen de agua a la cocción (Anexo 23) tampoco existieron diferencias significativas entre métodos de riego y cultivares.

Tabla 26: Prueba de Duncan_{0,05} para la variable calidad culinaria en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

	Grado de Expansión (%)	Volumen de Agua (ml)	Tiempo de Cocción (min.)
Métodos de riego			
Inundación continua	41 a	231.11 a	23.27 a
Secas intermitentes	34 a	284.44 a	21.88 a
Niveles de N (kg N ha⁻¹)			
0	39 a	250.00 a	20.58 b
240	38 a	256.67 a	25.00 a
360	36 a	266.67 a	22.00 b
Cultivares			
IR43	38 a	260.00 a	22.33 a
Tinajones	33 a	270.00 a	23.91 a
La Puntilla	42 a	243.33 a	21.50 a

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes

Para el tiempo de cocción (Tabla 26) se encontraron diferencias significativas para niveles de nitrógeno, siendo la dosis de 240 kg N ha⁻¹ la que tomo más tiempo para la cocción final, con 25 minutos a diferencia de la dosis de 360 kg N ha⁻¹ con 22 minutos y la dosis de 0 kg N ha⁻¹ con 20.58 minutos.

A pesar de no existir diferencias estadísticas el cultivar La Puntilla fue el que logro mayor grado de expansión de grano con 42%, seguido de IR43 con 38% y por último Tinajones

4.13. Grado de dispersión alcalina

En el análisis de variancia para el grado de dispersión alcalina (Anexo 26) se encontraron diferencias altamente significativas para cultivares, niveles de nitrógeno y su interacción con los métodos de riego.

En el (Tabla 26), se muestran los valores promedio de la prueba de comparación de Duncan, no existiendo diferencias estadísticas en los métodos de riego. Se encontraron diferencias significativas en los niveles de nitrógeno y cultivares.

El mayor resultado lo obtuvo la dosis de 240 kg N ha⁻¹ con 3 grados de dispersión alcalina, le sigue la dosis de 360 kg N ha⁻¹ con 2.91 grados y finalizando con la dosis testigo (0kg N ha⁻¹) con 2.25 grados.

La Puntilla logro 3.16 grados de dispersión alcalina el mayor resultado obtenido, en segunda lugar Tinajones con 2.75 y por último IR43 con 2.25.

Tabla 27: Prueba de Duncan_{0.05} para la variable grado de dispersión alcalina en el efecto de la interacción de métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Dispersión alcalina	
Métodos de riegos	
Inundación continua	3 a
Secas intermitentes	3 a
Niveles de N (kg N ha⁻¹)	
0	2 b
240	3 a
360	3 a
Cultivares	
IR43	2 c
Tinajones	3 b
La Puntilla	3 a

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes.

Según los resultados obtenidos, el cultivar La Puntilla y Tinajones, presentaron grado 3 de dispersión alcalina que es considerado bajo a intermedio, un grano hinchado con fisuras leves, con una temperatura de gelatinización alta a intermedia. El cultivar IR43, presento grado 2 de dispersión alcalina bajo, considerado un grano hinchado, con temperatura de gelatinización alta (Tabla 27).

4.14. Análisis económico

4.14.1. Análisis de presupuesto parcial.

Realizando el análisis económico para ambos métodos de riego, tres niveles de nitrógeno y cultivares de arroz se determinó que el máximo beneficio neto fue alcanzado por el cultivar La Puntilla con la dosis de nitrógeno de 240 kg ha⁻¹ en el método de riego por inundación continua con S/.9841 por hectárea y el valor más bajo lo presento el cultivar IR43 en el nivel de 240 kg N ha⁻¹ con S/.1333 en el riego por secas intermitentes (Tabla 27, 28).

El tratamiento con mayores costos variables fue el del cultivar La Puntilla con el nivel de 360 kg N ha⁻¹ con el tipo de riego por secas intermitentes.

4.14.2. Análisis de dominancia

En el análisis de dominancia, se debe ordenar los tratamientos de menores a mayores costos variables. Luego entonces, decimos que un tratamiento es dominado, cuando tienen beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos variables (CIMMYT, 1988).

Los tratamientos que fueron dominados en el riego por inundación continua fue en todos los de nitrógeno del cultivar Tinajones, mientras que en el riego por secas intermitentes los tratamientos no dominados fueron para los tres cultivares en el nivel de 0 kg N ha⁻¹, al igual que La Puntilla el nivel 240 kg N ha⁻¹ (Tabla 29, 30).

4.14.3. Tasa de Retorno Marginal.

La mejor Tasa de Retorno Marginal (TRM) se comparó partiendo del nivel 0 kg N ha⁻¹ para los dos tratamientos de riego y los tres niveles de cada cultivar. La tasa de retorno marginal más alta la obtuvo el cultivar La Puntilla con el nivel de 240 kg N ha⁻¹ con 637% (Tabla 31, 32).

Tabla 28: Análisis de presupuesto parcial para riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

	IR43			Tinajones			La Puntilla		
Niveles de N	0	240	360	0	240	360	0	240	360
Rendimiento bruto (kg ha ⁻¹)	5032	7243	7366	4420	6519	6975	6534	9098	10144
Rendimiento ajustado 5% (kg ha ⁻¹)	4780	6881	6998	4199	6193	6626	6207	8643	9637
Beneficio bruto (S/x ha)	6215	8945	9097	5459	8051	8614	8069	11236	12528
Costos Variables									
Fertilizantes (S/ ha ⁻¹)	-	783	1174	-	783	1174	-	783	1174
Jornales desmalezados (S/ ha ⁻¹)	1513	1513	1513	1513	1513	1513	1512,7	1513	1513
Total, costos variables (S/ ha ⁻¹)	1513	2295	2687	1513	2295	2687	1513	2295	2687
Beneficio neto (S/ ha ⁻¹)	4702	6650	6410	3946	5756	5927	6556	8941	9841

(1) Precio de arroz cascara en chacra (S/ 1.30 kg⁻¹)

Tabla 29: Análisis de presupuesto parcial para riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

	IR43			Tinajones			La Puntilla		
Niveles de N	0	240	360	0	240	360	0	240	360
Rendimiento bruto (kg ha ⁻¹)	3953	4163	6305	3990	5180	5159	5758	8786	5698
Rendimiento ajustado 5% (kg ha ⁻¹)	3755	3956	5990	3791	4921	4901	5470	8347	5413
Beneficio bruto (S/x ha)	4882	5141	7787	4928	6397	6371	7111	10851	7037
Costos Variables									
Fertilizantes (S/ ha ⁻¹)	-	783	1174	-	783	1174	-	783	1174
Jornales desmalezados (S/ ha ⁻¹)	3026	3026	3026	3026	3026	3026	3026	3026	3026
Total costos variables (S/ ha ⁻¹)	3026	3808	4199	3026	3808	4199	3026	3808	4200
Beneficio neto (S/ ha ⁻¹)	1856	1333	3588	1902	2589	2172	4085	7043	2837

(1) Precio de arroz cáscara en chacra (S/ 1.30 kg⁻¹).

Tabla 30: Análisis de dominancia para riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Cultivares	Niveles	Total de Costos Variables (S/ x ha)	Beneficio neto (S/ x ha)	Dominancia
IR43	0	1513	4702	
Tinajones	0	2295	6650	ND
La Puntilla	0	2687	6410	
IR43	240	1513	3496	
Tinajones	240	2295	5756	ND
La Puntilla	240	2687	5927	
IR43	360	1513	6556	
Tinajones	360	2295	8941	ND
La Puntilla	360	2687	9841	

ND = No Dominado, D = Dominado

Tabla 31: Análisis de dominancia para riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Cultivares	Niveles	Total de Costos Variables (S/ x ha)	Beneficio neto (S/ x ha)	Dominancia
IR43	0	3026	1856	D
Tinajones	0	3808	1333	D
La Puntilla	0	4199	3588	D
IR43	240	3026	1902	D
Tinajones	240	3808	2589	D
La Puntilla	240	4199	2172	D
IR43	360	3026	4085	ND
Tinajones	360	3808	7043	ND
La Puntilla	360	4200	2837	D

ND = No Dominado, D = Dominado

Tabla 32: Tasa de retorno marginal para riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Cultivares	Niveles	Total, de Costos Variables (S/ x ha)	Costos Variables Marginales (S/ x ha)	Beneficio neto (S/ x ha)	Beneficio neto Marginales (S/ x ha)	Tasa de Retorno Marginal (%)
IR43	0	1513		4702		
Tinajones	0	2295	782	6650	1948	40%
La Puntilla	0	2687	392	6410	-240	-163%
IR43	240	1513		3496		
Tinajones	240	2295	782	5756	2260	35%
La Puntilla	240	2687	392	5927	171	229%
IR43	360	1513		6556		
Tinajones	360	2295	782	8941	2385	33%
La Puntilla	360	2687	392	9841	900	44%

Tabla 33: Tasa de retorno marginal para riego por secas intermitentes, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Cultivares	Niveles	Total, de Costos Variables (S/ x ha)	Costos Variables Marginales (S/ x ha)	Beneficio neto (S/ x ha)	Beneficio neto Marginales (S/ x ha)	Tasa de Retorno Marginal (%)
IR43	360	3026		4085		
Tinajones	360	3808	782	7043	2958	26%

V. CONCLUSIONES

- La combinación de inundación continua con la dosis de 360 kg N ha⁻¹ y el cultivar La Puntilla, fue la de mejor resultado para las condiciones en las que se realizó el experimento en el Valle Jequetepeque.
- El sistema de riego por inundación continua es el más adecuado para los cultivos estudiados y en el que se obtiene mejor uso de nitrógeno.
- En el riego por inundación continua, el nivel de nitrógeno de 360 kg N ha⁻¹ determinó el máximo rendimiento en grano, obteniendo el mayor rendimiento el cultivar La Puntilla con 10.14 t ha⁻¹, siendo los componentes más importantes el número de panículas por m², número de granos llenos por panícula, no teniendo influencia el peso de mil granos.
- El cultivar La Puntilla destaca en calidad molinera por haber alcanzado los mayores porcentajes de granos enteros en el riego por inundación continua.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar demostraciones de campo para difundir las experiencias y conocimientos a los agricultores y empresas del rubro, sobre el manejo del riego y nitrógeno, para minimizar el impacto ambiental.
- Difundir el cultivar La Puntilla entre los agricultores, por los mejores resultados que obtuvo en esta investigación, así como promover a la adopción de la siembra directa por el ahorro de jornales.
- Realizar investigaciones para un mejor uso de los herbicidas, para reducir la competencia del cultivo con las malezas, en el riego por secas intermitentes.
- Realizar más investigación para mediciones de volúmenes de riego, en diferentes etapas de siembra y su efecto en la producción del cultivo.
- Realizar investigaciones en los valles aledaños para determina los requerimientos de agua del cultivo con estrés hídrico moderado.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acevedo M., Castrillo W. & Belmonte U. (2006). Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Trop.* v.56 n.2. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200001
- Adnyana M., Subiksa I., Putu I., Ramadhan R., Priatmojo B., Purwanto O. (2017). Integrated Weed Management for Large Scale Direct Seeding Hybrid Rice Cultivation at Irrigated Land in Indonesia. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS)*. Volume 5, Issue 9, 2019, PP 14-26. <http://dx.doi.org/10.20431/2454-6224.0509003>
- Agromoquegua (2018) Plan nacional de cultivos, campaña agrícola 2018-2019. https://www.agromoquegua.gob.pe/doc/PLAN_NACIONAL_DE_CULTIVOS_2018-2019.pdf
- Bajwa S., Mishra A., Norman R. (2010) Plant Nitrogen Accumulation Dynamics in Rice in Response to Nitrogen Management. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41:454–471. <https://doi.org/10.1080/00103620903494392>
- Belder P., Bouman B., Cabangon R., Guoan L., Quilang E., Spiertz J., Tuong T., Yuanhua E., (2000). Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland two conditions in Asia. *Agricultural Water Management* 65(3):193-210. [10.1016/j.agwat.2003.09.002](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2003.09.002)
- Belder, P., Bouman, B.A.M., Spiertz, J.H.J., Cabangon, R., Guoan, L., Quilang, E., Li Yuanhua, and Tuong, T.P. (2004). Effect of water and nitrogen management on water use and yield of irrigated rice. *Agricultural Water Management* 65, 193-210. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2003.09.002>

- Benintende S., Benintende M., De Battista J., Saluzzio M., Sánchez C., Sterren M., Arias N., Oszust J., Pretto G., Faccendini N. (2011) Estimación de la mineralización y fijación biológica del nitrógeno en suelos inundados para optimizar su utilización en el cultivo de arroz y minimizar el daño ambiental. *Ciencia, Docencia y Tecnología Suplemento 1 (1): 1-15.*
- Bennett, J. (2001) Status of breeding for tolerance of water deficit and prospects for using molecular techniques. In J.W. Kijne, D. Molden & R. Barker, eds. Forthcoming. *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series, No. 1. Wallingford, UK, CABI Publishing.* <https://publications.iwmi.org/pdf/H032638.pdf>
- Bufole A., Bollich P., Kovae J., Lindau W., Macchiavelli R. (2008) Rice plant growth and nitrogen accumulation in drill-seeded and waterseeded culture. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 61: 832-39. <http://vivo.uprm.edu/individual/n16569>
- Kovae J., Lindau W., Macchiavelli R. (1978) Comparison of ammonium sulfate and urea as nitrogen sources in rice production. 1601-1614p
- Bouman B., Tuong T. (2001). Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. *Agricultural Water Management* 1615:1-20pp.
- Bouman B., Tuong T. (2003). *Rice Production in Water-scarce Environments* T International Rice Research Institute. Manila, Philippines. 54-64pp
- Bouman B., Tuong T., Cabangon R., Lu G., Feng Y., Zhichua Z. (2004) Irrigation management effects on yield and water productivity of inbred and aerobic rice varieties in Kaifeng. <https://publications.iwmi.org/pdf/H033346.pdf>
- Bouman B. (2005). A conceptual framework for the improvement of crop water productivity at different spatial scales. *Agricultural Systems* 9(1):43-60. DOI:10.1016/j.agry.2006.04.004
- Bouman B., Lampayan R, Tuong T. (2007). *Water management in irrigated rice.* International Rice Research Institute (IRRI). 54p

- Cabangon R.J., Tuong T.P., Abdullah N.B. (2002). Comparing water input and water productivity of transplanted and direct-seeded rice production systems. *Agricultural Water Management*. 57:11-31pp. DOI:10.1016/S0378-3774(02)00048-3
- Calzada J. (1954) *Experimentación Agrícola*. Ediciones Agroganaderas. 7-80pp
- Carefoot J.M., Lindwall C.W., Nyborg M. (1990) Tillage-induced soil changes and related grain yield in a semi-arid region. *Canadian Journal of Soil Science*. 70(2): 203-214. <https://doi.org/10.4141/cjss90-022>
- Carrijo D., Lundy M. Linquist A. (2016). Rice yields and water use under alternate wetting and drying irrigation: A meta-analysis. *Field Crops Research*. 203:173-180pp <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.12.002>
- Chaudhary R., Nanda J., Tran D. (2003). Problemas y limitaciones en el cultivo de arroz. Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción. Comisión Internacional del arroz. Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/3/y2778s/y2778s04.htm>
- Ciampitti I., García O., T., 2007. Archivo agronómico N° 3 (2007). Requerimientos nutricionales de los cultivos. International Plant Nutrition Institute (IPNI).
- CIAT (1989). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. (Guía de estudios para ser usado como complemento auditutorial). 73p
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, ME). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. 1-78pp
- Cortegana M. (2017) *Comparación de tres sistemas de fuentes y niveles de nitrógeno en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)* en condiciones del valle Chancay. [Tesis pregrado, Universidad Agraria La Molina] Lima, Perú
- Deambrosi E., Méndez R. (1996). Manejo y fertilidad de suelos. Montevideo, INIA. 79 p.
- De Datta, S. 1981. Principles and practices of rice production. Willey, Inc. New York. USA. 618p.

- Degiovanni V., Berrío L., Charry R. (2010). Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.) Producción ecoeficiente del arroz en América Latina. Tomo I: Capítulos 1-24.
- Dhital, K. (2011). Study on System of Rice Intensification in transplanted and Directseeded. Doctoral dissertation. Tribhuvan University. Chiwan, Nepal. 145p.
- Djaman K., Mel C., Diop L., Sow A., El-Namaky R., Manneh B., Saito K., Futakuchi K., Irmak S. (2018). Effects of alternate wetting and drying irrigation regime and nitrogen fertilizer on yield and nitrogen use efficiency of irrigated rice in the Sahel. *Biological Systems Engineering: Papers and Publications* 583. <http://digitalcommons.unl.edu/biosysengfacpub/583>
- Dobermann A., Fairhurst T. (2005) Manejo del nitrógeno en el arroz. *Informaciones Agronómicas* N° 58 Internacional Plant Nutrition Institute.
- Food and Agriculture Organization - FAO (2004). El arroz es vida. Hojas informativas de la FAO: Año Internacional del Arroz 2004. fao.org/newsroom/es/focus/2004/36887/index.html
- FAOSTAT. 2016. División estadística de la FAO. <http://faostat3.fao.org/dowland/Q/QC/E>
- Franquet J.M., Borrás B. (2004). Variedades y mejora del arroz (*Oryza sativa*, L.). Universidad Internacional de Cataluña. http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:UNEDCentroAsociadoTortosa-Libros-5025/Franquet_Bernis_JoseMaria_Variedades.pdf
- FAO (2004). Food and Agriculture Organization Rice and water: The situation a long and diversified story. [Edition special: International year of rice] <http://www.fao.org/rice2004/en/f-sheet/factsheet1.pdf>
- Fageria, N., Baligar V. (2001). Lowland rice response to nitrogen fertilization. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 32: 1405-1429. <https://doi.org/10.1081/CSS-100104202>
- Fageria N., Baligar V. (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy* 88: 97-185. DOI:10.1016/S0065-2113(05)88004-6

- Fageria N. (2007) Yield Physiology of Rice. National Rice and Bean Research Center of EM. 16-18pp.
- Fageria N., Baligar V., Li Y. (2008). The role of nutrient efficient plants in improving crop yield in the twenty first century. *Journal of Plant Nutrition*, 1121-1157p
- Fageria N., Carvalho G., Santos A., Ferreira E., Knupp, A. (2011). Chemistry of Lowland Rice Soils and Nutrient Availability. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42:1913-1933.
- Ferreira, E. B., Cavalcanti, P. P., Nogueira, D. A. (2013). ExpDes.pt: Experimental Designs package (Portuguese). R package version 1.1.2.
- Gabrieli A., Pintos F. (2013). *Respuesta a nitrógeno del cultivar Inia Olimar según tipo de riego y sistematización*. [Tesis pregrado, Universidad de la República] Montevideo, Uruguay.
- Girón E. (2003). Cuenca del río Jequetepeque. CONDESAN, Proyecto Cuencas Andinas. <http://www.condesan.org/cuencasandinas/jequetepeque.htm>
- Haghighati B., Salehi F. (2012) Effect of continuous and intermittent irrigation methods on rice (cv. Koohrang) yield. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 59:947-954. <https://doi.org/10.1080/03650340.2012.697994>
- Heros E., (2012) Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Manual Técnico del Manejo Integrado del Arroz. Cultivares 13:48. Lima. Ed. Olaya María 62p
- Heros E. (2019) Alternativas tecnológicas para contribuir a la sustentabilidad del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el Perú. [Tesis para optar el grado de doctor doctoris philosophiae (PhD.)] en agricultura sustentable). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú
- Huang S., Zhao C., Zhang Y., Wang C. (2017). Nitrogen Use Efficiency in Rice. DOI: 10.5772/intechopen.69052
- INIA (2007). INIA-508 (Tinajones)-Nueva Variedad de Arroz Semiprecoz de Alta Calidad Molinera. Programa Nacional de Investigación en Arroz -Estación Experimental Agraria Vista Florida. Chiclayo-Perú. Pg. 1-2

- INIA (2010) INIA-513 (La Puntilla)-Nueva Variedad de Arroz para la Costa Peruana. Programa Nacional de Investigación en Arroz -Estación Experimental Agraria Vista Florida. Pg. 1-2.
- INIA (1989) Seminario de producción de arroz. Serie Quilamapu N° 16, Estación Experimental Quilamapu. Roberto Alvarado A. (ed.) 179p.
- IRRI (1987). International Rice Research Institute. *Physical measurements in rice soils: The Japanese methodologies*. 65p http://books.irri.org/9711041634_content.pdf
- IRRI (2013) International Rice Research Institute, PH. Smart water technique for rice. http://www.agritech.tnau.ac.in/agriculture/pdf/csa_pdf/Smart_water_technique_for_rice.pdf
- Jennings P., Coffman W., Kauffman H. (1979). Rice improvement. International Rice Research Institute. 189p http://books.irri.org/9711040034_content.pdf
- Jiang Q., Du Y., Tian X., Wiang Q., Xiong R., Xu G., Yan C., Ding Y., 2014. Potential to improve N uptake and grain yield in water saving Ground Cover Rice Production System. Elsevier B.V. (Ed.) 2-8pp
- Kissel, D., Cabrera, M., (1988). Factors affecting urea hydrolysis in Ammonia volatilization from urea fertilizers. B. R. Bock and D. E. Kissel, eds. 53-66p
- Kirk G., Solivas J., Begg C., (1994). The rice root-soil interface. IRRI (International Rice Research Institute) Unit 1: 1-10. http://books.irri.org/9712200507_content.pdf
- Lafitte H., Bennet J. (2002). Requirements for aerobic rice: physiological and molecular considerations. Waterwise Rice Production. International Rice Research Institute In: Bouman, B.A.M., Hengsdijk, H., Hardy, B., Bindraban, P.S., Tuong, T.P., Ladha, J.K. (Eds). 259–274pp http://books.irri.org/9712201821_content.pdf
- León, C. (2017). Valle Jequetepeque producirá más de 336 mil toneladas de arroz. Revista Agraria. <https://agraria.pe/noticias/peru-sembrara-420-mil-hectareas-de-arroz-en-la-campana-grand-16413>
- Liu H., Hussain S., Zheng M., Peng S., Huang J., Cui K., Nie L. (2014) Dry direct-seeded rice as an alternative to transplanted-flooded rice in Central China. *Agron. Sustain. Dev.* (2015) 35:285–294. DOI: 10.1007/s13593-014-0239-0

- Lloyd, A.B; Sheaffe, M.J. (1973) Urease activity in soils. *Plant and Soil* 39: 71-80
[https://doi.org/10.1016/0925-8574\(92\)90004-L](https://doi.org/10.1016/0925-8574(92)90004-L)
- Lu J., Ookawa T., Hirasawa T. (2000). The effects of irrigation regimes on the water use, dry matter production and physiological responses of paddy rice. *Plant and Soil*. 223:207-216pp. DOI:10.1023/A:1004898504550
- Dirección de ciencia y Tecnología Agropecuaria- DICTA (2003). Manual técnico para el cultivo de arroz. (*Oryza sativa*). Programa de arroz. [Para extensionistas y productores]. 20-45p. Comayagua, Honduras.
<https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf>
- MINAGRI (2017). Ministerio de Agricultura y riego. Dirección de estudios económicos e información agraria. Boletín de arroz.
- MINCETUR (2018). Ministerio de comercio exterior y turismo Reporte Comercial de Productos Arroz.
https://www.mincetur.gob.pe/wpcontent/uploads/documentos/comercio_exterior/estadisticas_y_publicaciones/estadisticas/informes/Reporte_Comercial_de_Productos_Arroz2017.pdf.
- Ministerio de Agricultura y riego (2015). MINAGRI Mercado-Consumo de arroz.
<https://www.minagri.gob.pe/portal/26-sector-agrario/arroz/220-mercado>.
- Ministerio de Agricultura y Riego, PE (2014). MINAGRI Series Históricas de Producción Agrícola. Compendio Estadístico.
- Naing N., Mar Y., Soe S., Moe K. (2017) Response to yield, water and nitrogen use of nitrogen of hybrid rice under alternate wetting and drying irrigation and controlled release nitrogen fertilizers. *Journal of Agricultural Research* 4: 65-73pp.
<https://www.cabi.org/gara/mobile/FullTextPDF/2017/20173231150.pdf>
- Nur F., Khanif M., Chand F. (2014) Nutrient uptake, pH changes and yield of rice under slow-release sulfur-coated urea fertilizers. *Australian Journal Crop Science*8(10):1359-1366. http://www.cropj.com/yusop_8_10_2014_1359_1366.pdf
- NRCS, (2018) Natural Resource Conservation Science. classification for kingdom plantae down to species *Oryza sativa* L. United State Division of Agriculture.
<https://plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?source=display&classid=ORSA>.

- Ortega, B. R. 2006. Fertilización del arroz. Costa Rica. 18 p.
- Ortiz M. (2017) Red agrícola. Mejoramiento genético de arroz en INIA Vista Florida: La Puntilla, una variedad productiva y de bajo consumo de agua. <http://www.redagricola.com/pe/5932-2/>
- Pandey S., Velasco L. (2005). Trend in crop establishment methods in Asia and research issues. In Rice is life: Scientific perspectives for the 21th century. Toriyama K, Heong KL, Hardy B, eds. International Rice Research Institute, Japan International Research Center for Agricultural Sciences. 178-181p.
- Pascual V. Wang Y.M. (2016). Impact of Water Management on Rice Varieties, Yield, and Water Productivity under the System of Rice Intensification in Southern Taiwan. National Pingtung University of Science and Technology. Water Productivity: 9(1):3 DOI:10.3390/w9010003
- Peng S., Cassman K., Virmani S., Khush G. (1999). Yield Potential Trends of Tropical Rice since the Release of IR8 and the challenge of increasing rice yield potential. *Agronomy Horticulture. Facility Publications* 97. https://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/97/?utm_source=digitalcommons.unl.edu%2Fagronomyfacpub%2F97&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages
- Renault D., (2004) FAO, Food and Agriculture Organization. El Arroz y el Agua: Una Larga Historia Matizada. Pg. 1-2. <https://www.fao.org/publications/card/en/c/2bc5f603-5eb9-5c87-bfe7-28cfca645d19/>
- Sharma P.K., Bhushan L., Ladha J.K., Naresh R.K., Gupta R.K., Balasubramanian, B.V., Bouman B.A.M. (2002). Crop-water relations in rice-wheat cropping under different tillage systems and water-management practices in a marginally sodic, medium-textured soil. *Water-wise rice production.* 223-235pp. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20046701298>
- Solorzano A. (2004) Evaluación de la calidad molinera de Variedades de arroz producidas en Calabozo, Estado Guárico. Universidad Central de Venezuela (UCV). 17-18pp. http://vescielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000300003
- Stewart W. (2007) Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes. *Informaciones Agronómicas* N° 67. *International Plant Nutrition Institute.* 10-15p.

<https://docplayer.es/75976943-Consideraciones-en-el-uso-eficiente-de-nutrientes-pag-introduccion.html>

- SWRI (Soil and Water Research Institute) 1987 Reported the results of studies on rice in Guilan province from 1962 to 1986. Technical publications. Karaj, IRAN.
- Tabbal D., Bouman B., Bhuiyan S., Sibayan E., Sattar, M. (2002). On-farm strategies for reducing water input in irrigated rice. Case studies in Philippines. *Agricultural Water Management*, 56: 93-112. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(02\)00007-0](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(02)00007-0)
- Tuong T.P., Bhuiyan S.I. (1999). Increasing water-use efficiency in rice production. *Agricultural Water Management* 40:117-122. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(98\)00091-2](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(98)00091-2)
- Yana C., Dua T., Yana S., Donga S., Gongga Z., Zhang Z. (2018). Changes in the inorganic nitrogen content of the soil solution with rice straw retention in northeast China. *Northeast Agricultural University*. 37–348p. DOI: 10.5004/dwt.2018.22340
- Yang J., Zhang J. (2010) Grain-filling problem in ‘super’ rice. *Journal of experimental botany*. Pg. 61, 1–5. DOI: 10.1093/jxb/erp348
- Yin X. (1996) Quantifying the effects of temperature and photoperiod on phenological development to flowering in rice. (Tesis doctoral). Universidad de Agricultura Wageningen. <https://edepot.wur.nl/210270>
- Yoshida, S., 1981. Fundamentals of rice crop science. *IRRI (International Rice Research Institute)*. Philippines. Unit 3. Pg. 135-146
http://books.irri.org/9711040522_content.pdf
- Yuan L., (1994). Increasing yield potential in rice by exploitation of grain production. *Hybrid rice technology: New developments and prospects*. Virmani (ed.).
- Vargas J., (2010). El arroz y su medio ambiente. Producción Ecoeficiente del arroz en América Latina. *CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical)*. Colombia. Vol (1) Capitulo 6. 10: 84-94. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2010_Degiovanni-Produccion_eco-eficiente_del_arroz.pdf

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para rendimiento (t ha⁻¹) obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fcal	Pr
Bloques	1	0.11	0.11	28.731	0.11741
Tipo de riego	1	24.44	24.44	6357.0	0.00798
Error (r)	1	0.00	0.00		
Niveles de nitrógeno	2	24.87	12.43	95.858	0.00041
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	0.49	0.25	1.8975	0.26331
Error (RxN)	4	0.52	0.13		
Cultivares	2	42.39	21.19	33.300	0.000
T. riego x Cultivares	2	0.30	0.15	0.2383	0.79153
N. nitrógeno x Cultivares	4	4.61	1.15	1.8089	0.19196
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	5.72	1.43	2.2474	0.12465
Error (RxNxN)	12	7.64	0.64		

CV cultivares	12.4%	Promedio	6.42
CV niveles de N	5.6%		
CV métodos de riegos	1%		

Anexo 2: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad (CV) para materia seca en punto de algodón (%) obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal	Pr
Bloques	1	4426.906	4426.906	0.6951	0.5575
Tipo de riego	1	65301.543	65301.543	10.254	0.1926
Error (r)	1	6368.306	6368.306	NA	NA
Niveles de nitrógeno	2	697099.416	348549.708	69.155	0.0007*
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	24471.851	12235.925	2.4277	0.2040
Error (RxN)	4	20160.232	5040.058	NA	NA
Cultivares	2	101923.739	50961.869	19.278	0.0001*
T. riego x Cultivares	2	12581.740	6290.870	2.3797	0.1347
N. nitrógeno x Cultivares	4	15064.990	3766.248	1.4247	0.2848
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	14761.423	3690.356	1.3960	0.294
Error (RxNxN)	12	31721.480	2643.457	NA	NA

CV cultivares	4.3%	Promedio	4115.50
CV niveles de N	4.5%		
CV métodos de riegos	1.3%		

Anexo 3: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para materia seca en etapa de floración (%) obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G.L.	SC	CM	Fcal	Pr
Bloques	1	629.926	629.926	15.997	0.1559
Tipo de riego	1	29850.049	29850.049	758.08	0.0231
Error ®	1	39.376	39.376		
Niveles de nitrógeno	2	640587.632	320293.816	53.092	0.0013
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	22481.333	11240.667	1.8632	0.2680
Error (RxN)	4	24130.962	6032.741		
Cultivares	2	123371.770	61685.885	40.169	4.82E-06
T. riego x Cultivares	2	9051.538	4525.769	2.9471	0.0909
N. nitrógeno x Cultivares	4	17380.013	4345.003	2.8294	0.0726
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	5355.064	1338.766	0.8718	0.5087
Error (RxNx C)	12	18427.492	1535.624		
CV cultivares	10.6%		Promedio	5698.5	
CV niveles de N	13.2%				
CV métodos de riegos	6.6%				

Anexo 4: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para materia seca en etapa de maduración (%) obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal
Bloques	1	37438.380	37438.380	0.3 n.s.
Tipo de riego	1	403330.840	403330.840	3.19 n.s.
Error (r)	1	126444.248	126444.248	
Niveles de nitrógeno	2	495680.427	247840.214	1.45 n.s.
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	567388.713	283694.356	1.65 n.s.
Error (RxN)	4	685921.104	171480.276	
Cultivares	2	618664.531	309332.265	7.86**
T. riego x cultivares	2	1421135.06	71067.53	1.81n.s.
N. nitrógeno x Cultivares	4	452420.166	113105.041	2.88 n.s.
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	159952.728	39988.182	1.02 n.s.
Error (RxNxN)	12	471968.187	39330.682	
CV cultivares	0.9%		Promedio	10427.27
CV niveles de N	0.6%			
CV métodos de riegos	1.8%			

Anexo 5: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para altura de planta (m) obtenido en niveles de nitrógeno y cultivares.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal
Bloques	1	132,250	132,250	31.99n.s.
Tipo de riego	1	2016,010	2016,010	487.61*
Error (r)	1	4,134	4,134	
Niveles de nitrógeno	2	1117,547	558,773	21.29**
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	106,907	53,453	2.04n.s.
Error (RxN)	4	104,969	26,242	
Cultivares	2	1468,880	734,440	84.62**
T. riego x Cultivares	2	0,347	0,173	0.02n.s.
N. nitrógeno x Cultivares	4	106,293	26,573	3.06n.s.
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	87,667	21,917	2.53n.s.
Error (RxNxN)	12	104,147	8,679	

CV cultivares	2.22%	Promedio	91.45
CV niveles de N	5.6%		
CV métodos de riegos	3.22%		

Anexo 6: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para longitud de panícula (m) obtenido en niveles de nitrógeno y cultivares.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal
Bloques	1	0,024	0,024	0.44n.s.
Tipo de riego	1	7,981	7,981	144.51n.s.
Error (r)	1	0,055	0,055	
Niveles de nitrógeno	2	35,460	17,730	7.37*
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	6,033	3,016	1.25n.s.
Error (RxN)	4	9,624	2,406	
Cultivares	2	16,389	8,194	2.75n.s.
T. riego x Cultivares	2	12,840	6,420	2.16n.s.
N. nitrógeno x Cultivares	4	1,919	0,480	0.16n.s.
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	4,847	1,212	0.41n.s.
Error (RxNxN)	12	35,698	2,975	

CV cultivares	1.02%	Promedio	23.13
CV niveles de N	6.7%		
CV métodos de riegos	7.45%		

Anexo 7: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para Número de granos por m² obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal
Bloques	1	400.00	400.00	9 n.s.
Tipo de riego	1	144.00	144.00	3.24 n.s.
Error (r)	1	44.44	44.44	
Niveles de nitrógeno	2	24216.89	12108.44	29.23 **
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	4448.00	2224.00	5.37 n.s.
Error (RxN)	4	1656.89	414.22	
Cultivares	2	17112.89	8556.44	5.18 *
T. riego x Cultivares	2	6282.67	3141.33	1.9
N. nitrógeno x Cultivares	4	25969.78	6492.44	3.93*
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	11541.33	2885.33	1.75
Error (RxNxN)	12	19818.67	1651.56	

CV cultivares	1.65	Promedio	402.88
CV niveles de N	5.05		
CV métodos de riegos	10.09		

Anexo 8: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para Granos llenos por panícula obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal
Bloques	1	306.7	306.7	1.14n.s.
Tipo de riego	1	2225.2	2225.	8.33n.s.
Error (r)	1	266.8	266.83	
Niveles de nitrógeno	2	186.4	93.21	0.39 **
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	1149.8	5574.92	2.44n.s.
Error (RxN)	4	939.2	234.81	
Cultivares	2	1573.5	786.76	1.99n.s.
T. riego x Cultivares	2	980.3	490.17	1.24n.s.
N. nitrógeno x Cultivares	4	1259.5	314.87	0.79n.s.
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	1639.0	409.75	1.04n.s.
Error (RxNx C)	12	4724.7	393.72	

CV cultivares	24.3	Promedio	81.67
CV niveles de N	18.8		
CV métodos de riegos	20.000		

Anexo 9: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para Peso de 1000 granos obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal
Bloques	1	1.760	1.760	2.05n.s.
Tipo de riego	1	17.140	17.140	19.96n.s.
Error (r)	1	0.859	0.859	
Niveles de nitrógeno	2	10.758	5.379	0.63n.s.
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	0.269	0.134	0.02n.s.
Error (RxN)	4	34.368	8.592	
Cultivares	2	0.731	0.365	0.08n.s.
T. riego x Cultivares	2	38.779	19.389	4.19**
N. nitrógeno x Cultivares	4	14.706	3.676	0.79n.s.
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	9.299	2.325	0.5n.s.
Error (RxNxN)	12	55.563	4.630	
Total	35	184.230		

CV cultivares	3.48	Promedio	26.65
CV niveles de N	11.00		
CV métodos de riegos	8.072		

Anexo 10: Análisis de variancia para porcentaje de granos vanos obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal
Bloques	1	187,39	187,39	2.92 n.s.
Tipo de riego	1	29,55	29,55	0.46 n.s.
Error (r)	1	64,12	64,12	
Niveles de nitrógeno	2	934,51	467,25	33.12**
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	16,39	8,20	0.58 n.s.
Error (RxN)	4	56,43	14,11	
Cultivares	2	259,76	129,88	2.68n.s.
T. riego x Cultivares	2	44,17	22,08	0.45n.s.
N. nitrógeno x Cultivares	4	514,54	128,63	2.65n.s.
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	368,07	92,02	1.9n.s.
Error (RxNxN)	12	582,45	48,54	

Anexo 11: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para longitud de granos obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal	Pr
Bloques	1	0,005	0,005	0,065	0,84
Tipo de riego	1	0,124	0,124	1,519	0,433
Error (r)	1	0,082	0,082		
Niveles de nitrógeno	2	0,066	0,033	1,426	0,34
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	0,027	0,013	0,6	0,591
Error (RxN)	4	0,092	0,023		
Cultivares	2	0,438	0,219	16,192	0,0003
T. riego x Cultivares	2	0,003	0,001	0,12	0,887
N. nitrógeno x Cultivares	4	0,012	0,003	0,223	0,92
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	0,001	0,0003	0,027	0,998
Error (RxNxN)	12	0,162	0,013		

CV cultivares	1.6%	Promedio	7.12
CV niveles de N	2.1%		
CV métodos de riegos	4%		

Anexo 12: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para ancho de granos obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal	Pr
Bloques	1	0,0008	0,0008	0,546	0,594
Tipo de riego	1	0,011	0,011	7,986	0,216
Error (r)	1	0,001	0,001		
Niveles de nitrógeno	2	0,0003	0,0001	0,152	0,863
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	0,001	0,0006	0,526	0,626
Error (RxN)	4	0,004	0,0011		
Cultivares	2	0,002	0,001	1,612	0,239
T. riego x Cultivares	2	0,003	0,0016	2,504	0,123
N. nitrógeno x Cultivares	4	0,005	0,0013	1,987	0,16
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	0,002	0,0005	0,804	0,545
Error (RxNxN)	12	0,008	0,00066		

CV cultivares	1.2%	Promedio	2.14
CV niveles de N	1.6%		
CV métodos de riegos	1.8%		

Anexo 13: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para espesor de granos obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal	Pr
Bloques	1	0,0026	0,0026	2,662	0,35
Tipo de riego	1	0,0026	0,0026	2,662	0,35
Error (r)	1	0,001	0,001		
Niveles de nitrógeno	2	0,0045	0,0022	8,19	0,038
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	0,0006	0,0003	1,09	0,418
Error (RxN)	4	0,0011	0,0002		
Cultivares	2	0,016	0,008	7,73	0,006
T. riego x Cultivares	2	0,0054	0,0027	2,641	0,112
N. nitrógeno x Cultivares	4	0,0009	0,0002	0,22	0,919
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	0,0037	0,0009	0,893	0,497
Error (RxNxN)	12	0,012	0,001		
Total	35	130,871431			

CV cultivares	1.9%	Promedio	1.71
CV niveles de N	1%		
CV métodos de riegos	1.8%		

Anexo 14: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad (CV) el índice de cosecha obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal
Bloques	1	15.301	15.301	0.38 n.s.
Tipo de riego	1	147.177	147.177	3.65 n.s.
Error (r)	1	40.301	40.301	
Niveles de nitrógeno	2	758.810	379.405	2.94 n.s.
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	347.050	173.525	1.35 n.s.
Error (RxN)	4	515.687	128.922	
Cultivares	2	228.573	114.286	1.68 n.s.
T. riego x Cultivares	2	28.086	14.043	0.21 n.s.
N. nitrógeno x Cultivares	4	121.624	30.406	0.45 n.s.
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	407.984	101.996	1.5 n.s.
Error (RxNxN)	12	814.667	67.889	

CV cultivares	15.47	Promedio	41.0375
CV niveles de N	27.67		
CV métodos de riegos	20.08		

Anexo 15: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad (CV) para acumulación de nitrógeno(grano+paja) obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal
Bloques	1	301,6011	301,601	0.79n.s.
Tipo de riego	1	4635,3403	4635,340	12.15n.s.
Error (r)	1	381,4209	381,421	
Niveles de nitrógeno	2	12200,8895	6100,445	123.11**
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	771,6267	385,813	7.79*
Error (RxN)	4	198,2181	49,555	
Cultivares	2	499,1577	249,579	0.94n.s.
T. riego x Cultivares	2	521,6219	260,811	0.98n.s.
N. nitrógeno x Cultivares	4	4081,6147	1020,404	3.85*
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	2577,5245	644,381	2.43n.s.
Error (RxNxN)	12	3180,1451	265,012	

CV cultivares	26.08%	Promedio	74.9
CV niveles de N	9.4%		
CV métodos de riegos	21.74%		

Anexo 16: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para Eficiencia de uso de nitrógeno obtenido en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal	Pr
Bloques	1	65.869	65.868	1.4267	0.4437
Tipo de riego	1	273.821	273.82	5.9309	0.2480
Error (r)	1	46.168	46.168	NA	
Niveles de nitrógeno	2	2492.478	1246.2	47.497	0.0016
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	161.812	80.906	3.0835	0.1547
Error (RxN)	4	104.952	26.238	NA	
Cultivares	2	222.848	111.42	5.7417	0.0178
T. riego x Cultivares	2	105.781	52.890	2.7254	0.1057
N. nitrógeno x Cultivares	4	280.759	70.189	3.6169	0.0371
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	148.287	37.071	1.9103	0.1734
Error (RxNxN)	12	232.872	19.405	NA	

CV cultivares	39.9		Promedio	11.84
CV niveles de N	46.4			
CV métodos de riegos	61.5			

Anexo 17: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para Producción parcial obtenido en dos métodos de riego por inundación continua, niveles de nitrógeno y cultivares.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal	Pr
Bloques	1	1.0	1.04	10.72	0.188
Tipo de riego	1	134.2	134.25	1283.05	0.017
Error (r)	1	0.1	0.1		
Niveles de nitrógeno	2	5187.5	2593.76	4134.2	2,34e-07
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	67.8	33.91	54.04	0.0012
Error (RxN)	4	2.5	0.63		
Cultivares	2	321.9	160.95	19.55	0.00016
T. riego x Cultivares	2	4.3	2.15	0.26	0.774
N. nitrógeno x Cultivares	4	226.8	56.7	6.88	0.004
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	63.4	15.85	1.92	0.170
Error (RxNxN)	12	98.8	8.23		

CV cultivares	17.7%	Promedio	16.2
CV niveles de N	4.9%		
CV métodos de riegos	1.9%		

Anexo 18: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para rendimiento de molinería obtenida en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal
Bloques	1	1.284	1.284	46.24n.s.
Tipo de riego	1	9.000	9.000	324*
Error (r)	1	0.028	0.028	
Niveles de nitrógeno	2	20.927	10.464	28.91**
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	1.912	0.956	2.64n.s.
Error (RxN)	4	1.448	0.362	
Cultivares	2	41.801	20.900	17.19**
T. riego x Cultivares	2	1.722	0.861	0.71
N. nitrógeno x Cultivares	4	6.989	1.747	1.44
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	2.492	0.623	0.51
Error (RxNxN)	12	14.590	1.216	

CV cultivares	0.23	Promedio	72.02
CV niveles de N	0.84		
CV métodos de riegos	1.531		

Anexo 19: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad (CV) para Porcentaje de granos enteros obtenida en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal
Bloques	1	2.300	2.300	68.44n.s.
Tipo de riego	1	34.614	34.614	1029.83*
Error (r)	1	0.034	0.034	
Niveles de nitrógeno	2	12.596	6.298	4.72n.s.
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	3.842	1.921	1.44n.s.
Error (RxN)	4	5.338	1.334	
Cultivares	2	57.929	28.964	14.24**
T. riego x Cultivares	2	1.042	0.521	0.26n.s.
N. nitrógeno x Cultivares	4	9.861	2.465	1.21n.s.
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	11.454	2.864	1.41n.s.
Error (RxNxN)	12	24.413	2.034	
CV cultivares	0.28		Promedio	66.16
CV niveles de N	1.75			
CV métodos de riegos	2.156			

Anexo 20: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para Porcentaje de granos quebrados obtenida en dos métodos de riegos, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal
Bloques	1	7.023	7.023	57.33n.s.
Tipo de riego	1	8.314	8.314	67.87n.s.
Error (r)	1	0.123	0.123	
Niveles de nitrógeno	2	5.294	2.647	3.42n.s.
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	6.467	3.234	4.18n.s.
Error (RxN)	4	3.097	0.774	
Cultivares	2	15.787	7.894	5.22*
T. riego x Cultivares	2	0.994	0.497	0.33n.s.
N. nitrógeno x Cultivares	4	3.494	0.874	0.58n.s.
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	8.148	2.037	1.35n.s.
Error (RxNxN)	12	18.163	1.514	
CV cultivares	5.97		Promedio	5.86
CV niveles de N	15.00			
CV métodos de riegos	20.981			

Anexo 21: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad índice de expansión de granos obtenida en dos métodos de riegos, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	L	SC	CM	Fcal	Pr
Bloques	1	64.6	64.06	4.957	0.268
Tipo de riego	1	448.23	448.23	346.878	0.107
Error (r)	1	12.92	12.92		
Niveles de nitrógeno	2	412.22	206.11	1.022	0.438
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	102.56	51.28	0.2543	0.787
Error (RxN)	4	806.72	201.68		
Cultivares	2	58.28	29.14	0.7065	0.51
T. riego x Cultivares	2	240.41	120.21	2.914	0.092
N. nitrógeno x Cultivares	4	327.88	81.97	1.987	0.160
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	258.21	64.55	1.565	0.246
Error (RxNxN)	12	494.90	41.24		
Continuación...					
CV cultivares	17.1%		Promedio		37.61
CV niveles de N	37.8%				
CV métodos de riegos	9.6%				

Anexo 22: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para Volumen de agua (ml) obtenida en niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal
Bloques	1	8711,111	8711,111	1n.s.
Tipo de riego	1	25600,000	25600,000	2.94n.s
Error (r)	1	8711,111	8711,111	
Niveles de nitrógeno	2	1688,889	844,444	0.86n.s
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	10400,000	5200,000	5.32n.s
Error (RxN)	4	3911,111	977,778	
Cultivares	2	4355,556	2177,778	1.04n.s
T. riego x Cultivares	2	1866,667	933,333	0.45n.s
N. nitrógeno x Cultivares	4	4977,778	1244,444	0.6n.s
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	5333,333	1333,333	0.64n.s
Error (RxNxN)	12	25066,667	2088,889	

CV de cultivares	36.21%	Promedio	257.77
CV de niveles de N	12.13%		
CV de métodos de riego	17.73%		

Anexo 23: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para tiempo de cocción(min) obtenida en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal
Bloques	1	17,361	17,361	2.78n.s.
Tipo de riego	1	17,361	17,361	2.78n.s.
Error (r)	1	6,250	6,250	
Niveles de nitrógeno	2	120,167	60,083	19.66**
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	24,056	12,028	3.94n.s.
Error (RxN)	4	12,222	3,056	
Cultivares	2	36,167	18,083	1.47n.s.
T. riego x Cultivares	2	14,389	7,194	0.58n.s.
N. nitrógeno x Cultivares	4	124,667	31,167	2.53n.s.
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	90,444	22,611	1.84n.s.
Error (RxNxN)	12	147,667	12,306	
Total	35	610,750		

CV de cultivares	11.07%	Promedio	22.58
CV de niveles de N	7.74%		
CV de métodos de riego	15.53%		

Anexo 24: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para proteína en grano obtenida en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal	Pr(>F)
Bloques	1	3.12	3.12	4.29	0.28
Tipo de riego	1	0.021	0.0213	0.02	0.89
Error (r)	1	0.727	0.7268		
Niveles de nitrógeno	2	4.059	20.294	0.911	0.47
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	0.584	0.292	0.13	0.88
Error (RxN)	4	8.9	22.271		
Cultivares	2	51.42	257.116	41.39	4,11E-06
T. riego x Cultivares	2	2.006	1.029	1.61	0.23
N. nitrógeno x Cultivares	4	4.113	1.028	1.65	0.22
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	1.356	0.339	0.54	0.7
Error (RxNxN)	12	7.453	0.6211		

CV de cultivares	13.9%	Promedio	5.65
CV de niveles de N	26.4%		
CV de métodos de riego	15.1%		

Anexo 25: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para proteína en grano obtenida en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal	Pr
Bloques	1	2,777	2,777	25	0,125
Tipo de riego	1	1	1	9	0,204
Error (R)	1	0,111	0,111		
Niveles de nitrógeno	2	4,055	2,027	10,428	0,025
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	0,5	0,25	1,285	0,37
Error (RxN)	4	0,777	0,194		
Cultivares	2	5,055	2,527	13	0,0009
T. riego x Cultivares	2	1,166	0,583	3	0,087
N. nitrógeno x Cultivares	4	2,111	0,527	2,714	0,08
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	3,333	0,833	4,285	0,022
Error (RxNxN)	12	2,333	0,194		

CV de cultivares	16.2%	Promedio	2.72
CV de niveles de N	16.2%		
CV de métodos de riego	12.2%		

Anexo 26: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para rendimiento de molinería en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal
Bloques	1	1,284	1,284	46.24n.s.
Tipo de riego	1	9,000	9,000	324*
Error (r)	1	0,028	0,028	
Niveles de nitrógeno	2	20,927	10,464	28.91**
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	1,912	0,956	2.64n.s.
Error (RxN)	4	1,448	0,362	
Cultivares	2	41,801	20,900	17.19**
T. riego x Cultivares	2	1,722	0,861	0,71
N. nitrógeno x Cultivares	4	6,989	1,747	1,44
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	2,492	0,623	0,51
Error (RxNxN)	12	14,590	1,216	
Total	35	102,192		

CV de cultivares	0.23%	Promedio	72.02
CV de niveles de N	0.84%		
CV de métodos de riego	1.5%		

Anexo 27: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para molinería en granos enteros en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G.L	SC	CM	Fcal
Bloques	1	2,300	2,300	68.44n.s.
Tipo de riego	1	34,614	34,614	1029.83*
Error (r)	1	0,034	0,034	
Niveles de nitrógeno	2	12,596	6,298	4.72n.s.
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	3,842	1,921	1.44n.s.
Error (RxN)	4	5,338	1,334	
Cultivares	2	57,929	28,964	14.24**
T. riego x Cultivares	2	1,042	0,521	0.26n.s.
N. nitrógeno x Cultivares	4	9,861	2,465	1.21n.s.
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	11,454	2,864	1.41n.s.
Error (RxNxN)	12	24,413	2,034	

CV de cultivares	0.28%	Promedio	66.16
CV de niveles de N	1.75%		
CV de métodos de riego	2.15%		

Anexo 28: Análisis de variancia y coeficiente de variabilidad para molinería en granos quebrados en dos métodos de riego, niveles de nitrógeno y cultivares de arroz.

Fuente de Variación	G. L	SC	CM	Fcal
Bloques	1	7,023	7,023	57.33n.s.
Tipo de riego	1	8,314	8,314	67.87n.s.
Error (r)	1	0,123	0,123	
Niveles de nitrógeno	2	5,294	2,647	3.42n.s.
Tipo de riego x niveles de nitrógeno	2	6,467	3,234	4.18n.s.
Error (RxN)	4	3,097	0,774	
Cultivares	2	15,787	7,894	5.22*
T. riego x Cultivares	2	0,994	0,497	0.33n.s.
N. nitrógeno x Cultivares	4	3,494	0,874	0.58n.s.
T. riego x N. nitrógeno x cultivares	4	8,148	2,037	1.35n.s.
Error (RxNxN)	12	18,163	1,514	

CV de cultivares	5.97%	Promedio	5.86
CV de niveles de N	15%		
CV de métodos de riego	21%		

Anexo 29: Muestreo de profundidad de napa freática, valle Jequetepeque 2017.



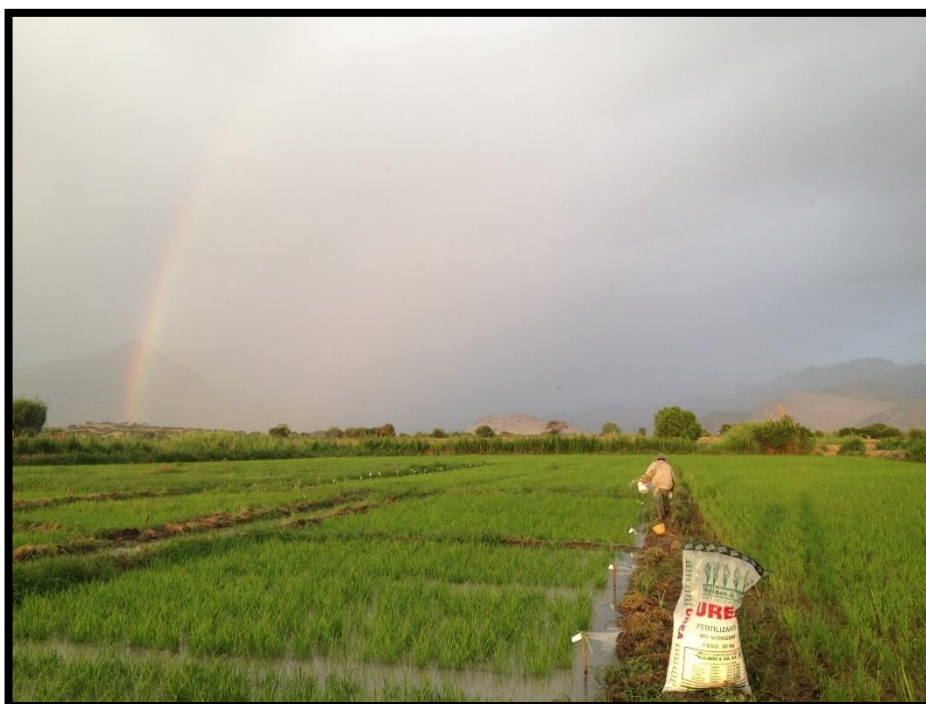
Anexo 30: Instalación de campo y bordeamiento, valle Jequetepeque 2017.



Anexo 31: Crecimiento vegetativo, valle Jequetepeque 2017



Anexo 32: Primera fertilización nitrogenada, valle Jequetepeque 2017.



Anexo 33: Floración del cultivar La Puntilla, valle Jequetepeque 2017



Anexo 34: Cosecha del cultivar IR43 en la dosis de 0 kg de N ha⁻¹, valle Jequetepeque 2017



Anexo 35: Acame del cultivar La Puntilla en la dosis de 360 kg N ha⁻¹ en el método de riego por secas intermitente, valle Jequetepeque 2017



Anexo 36: Trilla en campo de los cultivares de arroz en estudio. valle Jequetepeque 2017.

