

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“USO DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE  
ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN DOS MÉTODOS DE RIEGO,  
VALLE CHANCAY-LAMBAYEQUE**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**BRIAN CRISTOPHER CABALLERO IBARRA**

**LIMA – PERÚ**

**2021**

---

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

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“USO DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN DOS MÉTODOS DE RIEGO, VALLE CHANCAY-LAMBAYEQUE”**

**BRIAN CRISTOPHER CABALLERO IBARRA**

Tesis para optar el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:**

---

Dra. Luz Rayda Gómez Pando  
**PRESIDENTE**

---

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

---

Ing.Mg.Sc. Enrique Alfonso Aguilar Castellanos  
**MIEMBRO**

---

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

**LIMA – PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

A Dios por guiarme durante todo el desarrollo de la investigación, por darme confianza y fe en los momentos más difíciles y poder finalizar el proyecto de investigación.

A mis padres Emilia Ibarra Villarreal y Juan Martin Caballero Ponce, y hermana Rosa, por el apoyo incondicional en las buenas y malas desde que ingrese a la universidad y por motivarme a poder superarme y cumplir mis metas trazadas.

A mis abuelos por los consejos y motivación para poder concluir la presente tesis.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Programa de Cereales y Granos Nativos de la UNALM por brindarnos el laboratorio donde se realizaron las evaluaciones.

A la Dra. Elizabeth Heros Aguilar por la oportunidad brindada para la realizar la presente tesis, por su constante apoyo, paciencia y consejos.

Al INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria), Estación Experimental Vista Florida, Lambayeque, por brindarnos una parte de sus campos para el desarrollo de la presente tesis.

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

A la señora Maria Zuñiga por brindarme un espacio en su hogar durante la fase experimental del proyecto.

A cada una de las personas que pusieron su grano de arena y que me ayudaron en todo momento durante el desarrollo del proyecto para poder concluir con el presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1.	Importancia Del Arroz .....	4
2.2.	Clasificación Taxonómica .....	5
2.3.	Morfología .....	5
2.3.1	Órganos vegetativos. ....	6
2.3.2.	Órganos reproductores .....	7
2.4.	Fenología .....	8
2.4.1.	La fase vegetativa.....	8
2.4.2.	La fase reproductiva .....	8
2.4.3.	La fase de madurez.....	8
2.5.	Métodos de siembra .....	9
2.5.1.	Siembra directa.....	9
2.5.2.	Siembra por trasplante.....	10
2.6.	Métodos de riego .....	10
2.6.1.	Riego por inundación continua .....	11
2.6.2.	Riego de alternar humedecimiento y secado.....	11
2.7.	Consumo de agua del cultivo de arroz.....	11
2.8.	Eficiencia y productividad del agua.....	12
2.9.	Importancia de nitrógeno en el cultivo de arroz .....	12
2.10.	Eficiencia de uso del nitrógeno.....	13
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1.	Localización del experimento .....	15
3.2.	Características del suelo.....	15

3.3	Características del clima .....	16
3.4.	Materiales y equipos .....	17
3.5	Material genético.....	17
3.6.	Diseño experimental .....	19
3.6.1	Modelo aditivo lineal .....	19
3.7	Disposición de los tratamientos .....	20
3.7.1	Delineamiento del campo experimental .....	20
3.8.	Manejo agronómico .....	22
3.8.1.	Preparación del campo y toma de muestra de suelo.....	22
3.8.2.	Siembra.....	22
3.8.3.	Métodos de riego.....	22
3.8.4.	Fertilización.....	23
3.8.5.	Control de plagas y enfermedades .....	24
3.8.6.	Control de malezas .....	25
3.9.	Variables evaluadas .....	25
3.9.1.	Rendimiento .....	25
3.9.2.	Consumo y productividad del agua.....	25
3.9.3.	Determinación de nitrógeno en grano y paja .....	25
3.9.4.	Determinación de eficiencias de uso de nitrógeno.....	25
3.9.5.	Determinación de materia seca .....	27
3.9.6.	Índice de cosecha .....	27
3.9.7.	Componentes de rendimiento.....	27
3.9.8.	Densidad de plántulas.....	28
3.9.9.	Macollamiento.....	28
3.9.10.	Floración 50% .....	28
3.9.11.	Altura de la planta a la cosecha (cm) .....	28

3.9.12.	Calidad molinera .....	28
3.9.13.	Características biométricas del grano.....	28
3.9.14.	Índice de traslucencia. ....	29
3.9.15.	Grado de dispersión.....	29
3.9.16.	Calidad culinaria .....	30
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	31
4.1.	Rendimiento (Kg ha <sup>-1</sup> ) .....	31
4.2.	Consumo y productividad del agua .....	33
4.3.	Determinación de nitrógeno absorbido en grano y paja a la maduración.....	37
4.4.	Determinación de eficiencias de uso de nitrógeno .....	38
4.5.	Materia seca .....	40
4.6.	Índice de cosecha .....	41
4.7.	Componentes de rendimiento .....	43
4.8.	Densidad de plántulas .....	47
4.9.	Macollamiento .....	48
4.10.	Floración al 50% .....	50
4.11.	Altura de la planta a la cosecha .....	51
4.12.	Calidad molinera.....	52
4.13.	Características biométricas del grano.....	53
4.14.	Índice de traslucencia .....	54
4.15.	Grado de dispersión alcalina.....	55
4.16.	Calidad culinaria .....	55
V.	CONCLUSIONES.....	57
VI.	RECOMENDACIONES .....	58
VII.	REFERENCIAS .....	59
VIII.	ANEXOS.....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis de suelo de la Estación Experimental Vista Florida, Lambayeque. ....	16
Tabla 2: Temperatura y radiación solar durante el manejo del experimento. ....	17
Tabla 3: Características agronómicas del cultivar IR-43.....	18
Tabla 4: Cantidad de fertilizante aplicado por sub parcela y niveles de Nitrógeno en primera y segunda aplicación. ....	24
Tabla 5: Rendimientos en Kg ha <sup>-1</sup> , para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	31
Tabla 6: Consumo y productividad del agua para métodos de riego y niveles de nitrógeno.....	36
Tabla 7: Nitrógeno absorbido en grano y paja para métodos de riego y niveles de nitrógeno.....	37
Tabla 8: Eficiencia agronómica, fisiológica y productividad parcial para métodos de riego y niveles de nitrógeno.....	39
Tabla 9: Materia seca en g m <sup>-2</sup> en las etapas fenológicas del cultivo para métodos de riego y niveles de nitrógeno.....	41
Tabla 10: Índice de cosecha en porcentaje (%) para métodos de riego y niveles de nitrógeno.....	42
Tabla 11: Numero de panículas (m <sup>2</sup> ) para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	43
Tabla 12: Longitud de panícula (cm) para métodos de riego y niveles de nitrógeno.....	44
Tabla 13: Número grano lleno por panícula para métodos de riego y niveles de nitrógeno.....	45
Tabla 14: Peso de 1000 granos para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	47
Tabla 15: Número de macollos por m <sup>2</sup> al máximo macollamiento para métodos de riego y niveles de nitrógeno.....	48
Tabla 16: Floración 50% para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	50
Tabla 17: Altura de planta a la cosecha (cm) para métodos de riego y niveles de nitrógeno.....	51
Tabla 18: Calidad molinera para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	53
Tabla 19: Características biométricas del grano en cascara para métodos de riego y niveles de nitrógeno.....	54
Tabla 20: Índice de traslucencia para métodos de riego y niveles de nitrógeno.....	54



Tabla 21: Grado de dispersión alcalina para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	55
Tabla 22: Calidad culinaria de arroz pilado para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fases de desarrollo del cultivo de arroz. ....	9
Figura 2: Localización del experimento. ....	15
Figura 3: Croquis del experimento. ....	21
Figura 4: Rendimiento de arroz cascara para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	33
Figura 5: Agua consumida durante toda la campaña (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	34
Figura 6: Agua consumida en etapas fenológicas del cultivo (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	35
Figura 7: Eficiencia agronómica para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	39
Figura 8: Materia seca en las etapas fenológicas del cultivo (Kg ha <sup>-1</sup> ) para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	40
Figura 9: Índice de cosecha (%) para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	43
Figura 10: Número de granos llenos por panícula para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	45
Figura 11: Densidad de plántulas por sub parcela en 1 m <sup>2</sup> para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	48
Figura 12: Número de macollos promedio por sub parcela en 1 m <sup>2</sup> medidos cada diez días después de la emergencia hasta el máximo macollamiento para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	49
Figura 13: Número de macollos en el punto de máximo macollamiento en 1m <sup>2</sup> para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	50
Figura 14: Altura de planta a la cosecha (cm) para métodos de riego y niveles de nitrógeno. ....	52

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para rendimiento (Kg 20m <sup>2</sup> ) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	65
Anexo 2: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para productividad del agua (Kg m <sup>-3</sup> ) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	66
Anexo 3: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para absorción de nitrógeno en grano y paja a la maduración obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	67
Anexo 4: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para eficiencia agronómica obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	68
Anexo 5: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para eficiencia fisiológica obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	69
Anexo 6: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para productividad parcial obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	70
Anexo 7: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para materia seca al máximo macollamiento (g m <sup>-2</sup> ) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	71
Anexo 8: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para materia seca al inicio del primordio floral (g m <sup>-2</sup> ) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	72
Anexo 9: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para materia seca en floración (g m <sup>-2</sup> ) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	73
Anexo 10: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para materia seca en maduración (g m <sup>-2</sup> ) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	74
Anexo 11: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para índice de cosecha (%) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	75
Anexo 12: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para número de panículas (m <sup>2</sup> ) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	76

Anexo 13: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para longitud de panículas (cm) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	77
Anexo 14: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para número de grano lleno por panícula obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	78
Anexo 15: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para peso de 1000 granos de arroz paddy (gr) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	79
Anexo 16: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para densidad de plántulas (m <sup>2</sup> ) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	80
Anexo 17: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para número de macollos al máximo macollamiento (m <sup>2</sup> ) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	81
Anexo 18: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para altura de planta a la cosecha (cm) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	82
Anexo 19: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para rendimiento de molinera (%) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	83
Anexo 20: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para grano pilado entero (%) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	84
Anexo 21: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para grano pilado quebrado (%) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	85
Anexo 22: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para longitud de grano (mm) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	86
Anexo 23: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para ancho de grano (mm) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	87
Anexo 24: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para espesor de grano (mm) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	88
Anexo 25: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para índice de traslucencia obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	89

Anexo 26: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para grado de dispersión alcalina obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	90
Anexo 27: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para grado de expansión de grano pilado (%) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	91
Anexo 28: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para volumen de agua para Cocción (ml) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	92
Anexo 29: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para tiempo de cocción (min) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno. ....	93
Anexo 30: Preparación de largueros .....	93
Anexo 31: Armado de sub parcelas.....	93
Anexo 32: Plantulas a los 20 días de siembra .....	94
Anexo 33: Instalación de vertedero.....	94
Anexo 34: Medidor de caudal del vertedero .....	94
Anexo 35: Control sanitario. ....	94
Anexo 36: Riego de sub parcelas. ....	94
Anexo 37: Fertilización de sub parcelas.....	944
Anexo 38: Desfogue de agua. ....	95
Anexo 39: Campo en maduración.....	95
Anexo 40: Cosecha de sub parcelas. ....	95
Anexo 41: Peso de 1000 granos. ....	95
Anexo 42: Molino de prueba. ....	95
Anexo 43: Arroz pilado entero.....	95
Anexo 44: Prueba de dispersión alcalina. ....	96
Anexo 45: Calidad culinaria.....	96

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Estación Experimental Vista Florida del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Lambayeque, durante la campaña 2016-2017. El objetivo fue evaluar las respuestas de rendimiento en grano de la interacción de niveles de nitrógeno por métodos de riego en el cultivo de arroz en siembra directa. Los métodos de riego utilizados fueron: riego por inundación continua y riego de alternar humedecimiento y secado. Los niveles de nitrógeno fueron: 0, 240 y 360 Kg N ha<sup>-1</sup>. El diseño usado fue parcelas divididas con 4 repeticiones. Se utilizó el cultivar IR-43. Los resultados mostraron que no hubo diferencias estadísticas en el rendimiento en grano, entre los métodos de riego utilizados ni entre la interacción de ambos factores en estudio. Los niveles de nitrógeno aumentaron significativamente los rendimientos en grano. Los consumos de agua fueron de 10 874 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, para inundación continua y 7 510 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> para riego de alternar humedecimiento y secado. Se obtuvo una productividad de agua de 30.94% mayor en el método de riego de alternar humedecimiento y secado respecto al riego por inundaciones continuas. El máximo rendimiento (10.06 t ha<sup>-1</sup>) y materia seca (21.5 t ha<sup>-1</sup>) fue obtenido con el nivel 360 Kg N ha<sup>-1</sup>. En el índice de cosecha no se obtuvieron diferencias estadísticas tanto en método de riego como niveles de nitrógeno. La eficiencia agronómica, fisiológica y productividad parcial para métodos de riego no fueron significativos, obteniendo valores promedio de 23.03 Kg de arroz producido por Kg de N aplicado, 34.23 Kg de arroz producido por Kg N acumulado y 35.13 Kg de arroz producido por Kg de N aplicado respectivamente, y entre los niveles 240 y 360 Kg N ha<sup>-1</sup> se tuvo diferencia significativa entre ambos niveles para eficiencia agronómica y productividad parcial con valores entre 27.19 y 18.86 Kg de arroz producido por Kg de N aplicado y 41.72 y 28.54 Kg de arroz producido por Kg N acumulado respectivamente, mientras que para eficiencia fisiológica los niveles 240 y 360 Kg N ha<sup>-1</sup> no presentaron diferencia significativa con los valores 36.98 y 31.48 Kg de arroz producido por Kg de N aplicado respectivamente.

**Palabras clave:** Arroz, métodos de riego, productividad de agua, rendimiento en grano, eficiencia de uso de nitrógeno.

## ABSTRACT

This research was carried out at the Vista Florida Experimental Station of the Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA (National Institute of Agrarian Innovation), Lambayeque, during the growing season 2017-I. The main of this project was to evaluate the responses in grain yield between interaction of nitrogen levels and irrigation methods in rice crop in direct sowing. The irrigation methods used were: continuous flood irrigation and intermittent flood irrigation. The nitrogen levels were: 0, 240 and 360 Kg N ha<sup>-1</sup>. The experimental design used for this work was Split Plot design with 4 replicates. The cultivar used was IR-43. The results showed that there were no statistical differences in grain yield, between the irrigation methods used neither between the interaction of both factors under study. Nitrogen levels significantly increased grain yield. Water consumption was 10874 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, for continuous flooding and 7510 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> for intermittent flood irrigation. Water productivity of 30.94% higher was obtained in the intermittent flood irrigation method compared to continuous flood irrigation. The maximum yield (10.06 t ha<sup>-1</sup>) and dry matter (21.5 t ha<sup>-1</sup>) was obtained with the level 360 Kg N ha<sup>-1</sup>. In the harvest index no statistical differences were obtained in both irrigation method and nitrogen levels. There were no statistical significance among the agronomic, physiological efficiency and partial productivity for irrigation methods, obtaining average values of 23.03 Kg of rice produced per Kg of N applied, 34.23 Kg of rice produced per Kg N accumulated and 35.13 Kg of rice produced per Kg of N applied respectively, and between levels 240 and 360 Kg N ha<sup>-1</sup> there was a significant difference between both levels for agronomic efficiency and partial productivity with values between 27.19 and 18.86 Kg of rice produced per Kg of applied N and 41.72 and 28.54 Kg of rice produced per Kg N accumulated respectively, while for physiological efficiency levels 240 and 360 Kg N ha<sup>-1</sup> have no significant difference with the values 36.98 and 31.48 Kg of rice produced per Kg of N applied respectively.

**Keywords:** Rice, irrigation methods, water productivity, grain yield, nitrogen use efficiency

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial más de 3.5 billones de personas dependen en su alimentación del arroz. El arroz es el segundo cereal más producido a nivel mundial y contribuye a la seguridad alimentaria de poblaciones vulnerables en el Asia, África y las Américas.

En el Perú, el consumo *per-cápita* es de 63.5 Kg, siendo un alimento básico en la mayoría de hogares del Perú. El sistema de siembra dominante del cultivo en el Perú, es el trasplante, y se siembran aproximadamente 437 948 has, con una producción de 3 557 900 t de arroz cáscara y un rendimiento promedio de 8.12 t ha<sup>-1</sup>, debajo del rendimiento que se obtienen en costa, que puede llegar a 13 t en los valles del sur y de 10 a 11 t ha<sup>-1</sup> en la costa norte (MINAGRI, 2019).

Los desafíos actuales del cultivo consisten en producir más arroz con menor consumo de agua, debido a la actual crisis del agua, por lo tanto, es imprescindible diseñar nuevas tecnologías con menor consumo de agua, sin reducir la producción en grano, y mantener la seguridad alimentaria del país, de acuerdo a lo sugerido por los objetivos de las Naciones Unidas del 2000 y garantizar la sustentabilidad del ambiente (NACIONES UNIDAS, 2015).

Los sistemas de producción de arroz deben tener como objetivo el logro de la eficiencia de los recursos para incrementar la rentabilidad y lograr la sustentabilidad del sistema de producción. Una forma de ahorrar agua por unidad de superficie consiste en cambiar la condición de anaerobiosis durante la mayor parte del ciclo del cultivo a una que alterna períodos de oxigenación en el suelo. Este cambio en el ambiente edáfico tiene consecuencias en la dinámica de los nutrientes, tanto en los que se encuentran en el suelo como en los que se agregan en forma de fertilizantes (Pirchi *et al.*, 2015).

El manejo del riego en el cultivo de arroz es actualmente ineficiente en el uso del agua (Bhuiyan como se citó en Roel, 1999). Debido al incremento y crecimiento de la producción



de arroz para satisfacer a la creciente población mundial, el uso eficiente del agua en este cultivo es crucialmente importante (Woperies como se citó en Roel, 1999).

El arroz deberá ajustarse a la disminución del agua disponible incrementando la eficiencia del uso de la misma (Bhuiyan como se citó en Roel, 1999). Para reducir el uso del agua en arroz, se están desarrollando técnicas de ahorro de agua. Estas técnicas incluyen siembra directa (seca) e introducción de períodos de no inmersión (Mao como se citó en Belder *et al.*, 2004).

Los volúmenes de agua aplicados al cultivo de arroz, en el Perú son variables. Fluctúa de 12,000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Valle Chancay) 20,000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Valle Chira parte alta), determinado por el sistema de riego de inundación continua, cultivares de arroz de 140-170 días de maduración, y el sistema de siembra al trasplante. La disponibilidad de recursos hídricos en la Costa Norte, por la colmatación de los reservorios de Poechos, Tinajones, Gallito Ciego, que está afectando la capacidad de embalsamiento, progresivamente está reduciendo las áreas de siembra. En consecuencia, es necesario validar el ahorro de agua y sus efectos en el rendimiento en grano.

Las tecnologías de manejo de nitrógeno deberán ser adecuadas a los nuevos manejos de riego. El uso actual de altos niveles de nitrógeno, susceptibiliza a las plantas, a las enfermedades (*Magnaporthe salvinii*, virus de la hoja blanca, *Nakataea sigmoidea*), a las plagas (*Hydrellia wirthi*; *Tagosodes orizicolus*) reduciendo drásticamente los rendimientos.

La presente investigación tiene como objetivo principal, evaluar las respuestas en rendimiento en grano de la interacción de niveles de nitrógeno por métodos de riego para mejorar la sustentabilidad del cultivo de arroz.

## **1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.1. Objetivo General**

Evaluar las respuestas en rendimiento en grano de la interacción de niveles de nitrógeno por métodos de riego en el cultivo de arroz en siembra directa.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

Evaluar los efectos de los riegos de inundación continua y alternar humedecimiento y secado en la eficiencia de uso del nitrógeno.

Seleccionar los niveles de nitrógeno más adecuados en función a los rendimientos en grano.

Evaluar los efectos de los riegos de inundación continua y alternar humedecimiento y secado en la calidad molinera en función al rendimiento de grano pilado entero.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Importancia Del Arroz

El arroz (*Oryza sativa L.*) hoy es un alimento de primera necesidad, básico para la dieta de muchos seres humanos. Este cultivo ocupa el 11% de la superficie mundial cultivable, y el 88% de los campos se encuentran en Asia, produciendo más del 90% del total mundial. África, América y algunos países del sur y sudeste de Europa se reparten casi el 10% restante. (IDEAS, 2007).

En muchas regiones del mundo, el arroz es el componente más importante del régimen alimentario humano, es el alimento básico predominante para 17 países de Asia y el Pacífico, nueve países de América del Norte y del Sur y ocho países de África. Este cereal proporciona el 20 por ciento del suministro de energía alimentaria del mundo. No sólo el arroz es una rica fuente de energía sino también constituye una buena fuente de vitaminas. El arroz integral contiene una cantidad importante de fibra alimenticia (FAO, 2004).

En el Perú el arroz, es uno de los principales cultivos de importancia nacional, es el producto que más aporta al PBI agropecuario y agrícola, genera la mayor cantidad de empleos en el sector agrario. Aporta con el 4.5% del PBI agropecuario y con el 7.7% del PBI agrícola del país en el año 2011; a su vez genera alrededor de 44.7 millones de jornales los que equivalen a 161,300 empleos anuales permanentes, es por esto que tiene en el medio rural una fuerte influencia económica y social, estimándose que la inversión en mano de obra, representa casi el 30% de la producción bruta arroceras nacional (MINAG-DGCA, 2013).

Las principales zonas arroceras del país son Lambayeque, La Libertad y San Martín representando el 52% de la producción nacional, aunque este cultivo se produce en 17 departamentos del país. El 90% de la producción se concentra en 8 departamentos (Piura, Lambayeque, La Libertad, Arequipa, Cajamarca, Amazonas, San Martín y Loreto). En la Costa Norte, la región cuenta con las mejores tierras del Perú y se encuentra sembrada con

arroz. En total en el país para la campaña 2006-2007 se han sembrado aproximadamente 330.000 ha de arroz. Por otro lado, el arroz es un cultivo adaptado a las regiones de la Costa y de la Selva (tanto alta como baja). En el país, se siembra y se cosecha durante todo el año, aunque existen épocas marcadas en los principales valles (Trama *et al.*,2008).

## **2.2. Clasificación Taxonómica**

El arroz pertenece a las Fanerógamas, tipo Espermatofitas, subtipo Angiospermas. Su clasificación taxonómica es la siguiente:

- Clase: Monocotiledóneas,
- Orden: Glumifloras,
- Familia: Gramíneas,
- Subfamilia: Panicoideas,
- Tribu: Oryzae,
- Subtribu: Oryzineas,
- Género: Oryza
- Especie: sativa

## **2.3. Morfología**

El arroz es una gramínea anual, tiene los tallos (cilíndricos y huecos, con nudos y entrenudos), las hojas de lámina plana y angosta, unidas al tallo mediante vainas, y la inflorescencia en panícula. La planta puede medir desde 0.4 m (variedad enana) hasta 7 m variedad flotante (CIAT, 2010). La planta de arroz tiene dos tipos de órganos los vegetativos y reproductores.

### **2.3.1 Órganos vegetativos.**

#### **Raíz**

La planta de arroz tiene dos clases de raíces: las seminales o temporales y las adventicias o permanentes. Se denominan también primarias y secundarias, respectivamente. Las primarias son poco ramificadas, viven poco tiempo luego de la germinación y son reemplazadas por las secundarias. Las raíces secundarias brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes, en algunas variedades también brotan de los nudos aéreos. En las primeras etapas de su crecimiento, son blancas, poco ramificadas y relativamente gruesas; cuando la planta va creciendo, las raíces se alargan, se adelgazan, se vuelven flácidas y se ramifican en abundancia. Cuando son maduras, las raíces secundarias son fibrosas y éstas producen pelos radicales.

#### **Tallo**

El tallo del arroz es cilíndrico y hueco, consta de una sucesión alterna de nudos y entrenudos. En cada nudo se forman una hoja y una yema. Los entrenudos que se encuentran cerca a la base del tallo son los más cortos y se vuelven gruesos para formar una sección sólida.

Los macollos se desarrollan del tallo principal en orden alterno, los macollos primarios se desarrollan de los nudos más bajos, produciendo macollos secundarios y estos a su vez producen macollos terciarios.

El macollo está conformado por un tallo y sus hojas, todos los macollos y el tallo principal conforman toda la planta.

#### **Hoja**

En una hoja completa se distinguen tres partes principales: la vaina, el cuello y la lámina. Las hojas están distribuidas de forma alterna a un lado y otro en todo el tallo. La primera hoja que se encuentra en el nudo basal del tallo se llama prófalo el cual no tiene lámina y está constituido por dos brácteas aquilladas. La última hoja que nace en el tallo se encuentra debajo de la panícula, y es conocida como la hoja bandera, esta es más corta y ancha.

### 2.3.2. Órganos reproductores

#### **Panícula**

Las flores de la planta de arroz están reunidas en una inflorescencia compuesta denominada panícula. En la panícula se consideran el raquis o eje principal, las ramificaciones primaria y secundaria del raquis, las espiguillas, las flores (floreillas) y las semillas.

#### **Raquis**

El raquis o eje principal de la panícula es hueco y tiene nudos. En cada nudo del raquis nacen, individualmente o por parejas, *ramificaciones* que, a su vez, dan origen a ramificaciones secundarias, de las cuales brotan las espiguillas

#### **Espiguilla**

La espiguilla, es la unidad de la Inflorescencia. Una espiguilla consta de la raquilla, la flor y dos lemmas estériles o glumas rudimentarias.

#### **Flor**

Tiene seis estambres y un pistilo. Los estambres son filamentos delgados que sostienen las anteras; éstas son alargadas y bífidas y contienen los granos de polen.

#### **Semilla**

La semilla de arroz corresponde a un ovario maduro, seco e indehiscente. Está tiene la cáscara, conformada por la lemma, la pálea y las partes asociadas a estas dos estructuras. Las glumas, la raquilla, la arista y el embrión, que se encuentra al lado ventral de la semilla, cerca de la lemma y por último el endospermo, que provee de alimento al embrión durante la germinación.

El grano de arroz descascarado es una cariósida que aún conserva el pericarpio, y se le llama arroz integral. El pericarpio puede ser blanco, marrón pálido, rojo, púrpura suave o púrpura intenso.

### **Embrión.**

El embrión está formado por la plúmula, que son las hojas embrionarias, y de la radícula, que es la raíz embrionaria primaria. La plúmula está cubierta por el coleóptilo y la radícula está envuelta por la coleorriza.

## **2.4. Fenología**

En las plantas que producen semilla, se distinguen tres fases de desarrollo, las cuales tienen períodos de crecimiento definidas en cuanto a la diferenciación de la planta y los días de duración de estas tres fases. En el caso del arroz, estas fases son las siguientes:

### **2.4.1. La fase vegetativa**

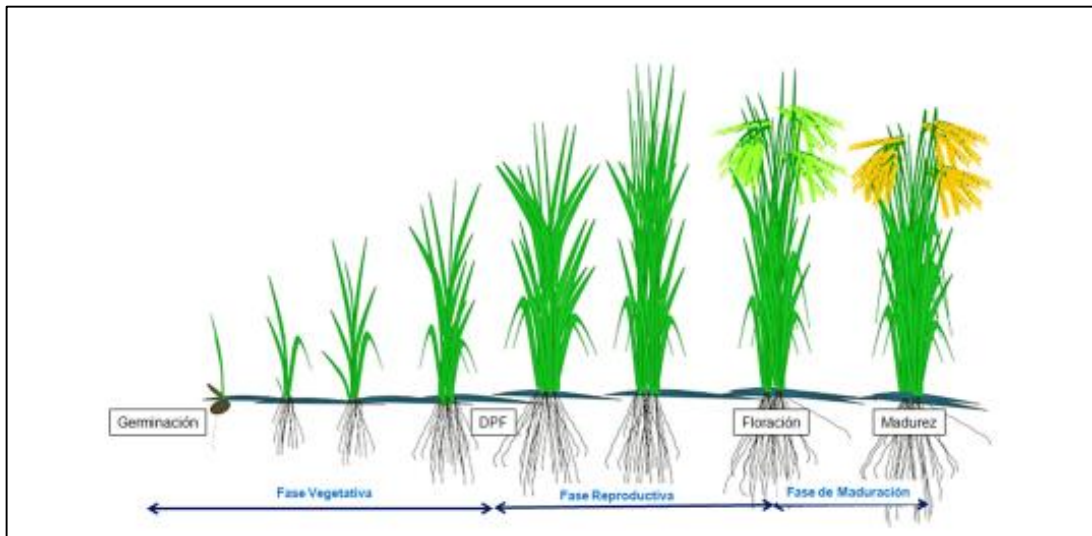
La fase vegetativa por lo general dura de 55 a 60 días en las variedades de período intermedio. Esta fase comprende desde la germinación de la semilla, emergencia, macollamiento, hasta la diferenciación del primordio floral. En esta fase se puede diferenciar a unas variedades de otras, según sea la precocidad o tardanza de la misma en alcanzar su respectivo ciclo de cultivo.

### **2.4.2. La fase reproductiva**

Esta incluye el período desde la formación del primordio floral, embuchamiento (7-14 días antes de la emergencia de la panícula), hasta la emergencia de la panícula (floración). Esta fase dura entre 35 y 40 días. La duración de esta fase en variedades cultivadas, es poco variable.

### **2.4.3. La fase de madurez**

Empieza desde la emergencia de la panícula (floración), el llenado y desarrollo de los granos (estado lechoso y pastoso) hasta la cosecha (madurez del grano) y dura de 30 a 40 días. Esta fase también varía muy poco de una variedad a otra (SAG- DICTA, 2003).



**Figura 1: Fases de desarrollo del cultivo de arroz.**

FUENTE: <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Paginas/GUIA.BPA.ARROZ.CTES%20.2016.pdf>

## 2.5. Métodos de siembra

En el cultivo del arroz se utilizan varios métodos de siembra. Se diferencian dos sistemas de siembra en el cultivo de arroz; siembra directa (con semilla seca en suelos secos o fangueados o pre-germinada en suelos fangueados) y siembra indirecta o por trasplante (SAG- DICTA, 2003).

### 2.5.1. Siembra directa

Para la siembra directa se tiene que preparar el terreno y realizar nivelación laser, las semillas se pueden sembrar en hileras o al voleo.

La siembra directa en suelo seco puede generar un importante ahorro en el uso de semillas de hasta el 30%. (Franquet, 2018). La siembra directa es practicada en parte de los valles arroceros de la Costa y en la Selva Alta, donde cubre aproximadamente más del 60% de las áreas arroceras de riego (Agrobanco, 2013).



### **2.5.2. Siembra por trasplante**

Este método de siembra se inicia con los almácigos. El trasplante debe iniciarse cuando el suelo esté totalmente listo (fangueado) y las plántulas tengan como mínimo 15 días de germinado en el semillero y no excedan de 30 días. Se debe mantener después del trasplante la lámina de agua de 3 a 5 cm, por espacio de 2 a 3 días hasta que se observe que las plantas se han recuperado. Se debe realizar el recalce de los golpes que falten entre 7 y 10 días después del transplante. (IIA, 2002 como se citó en Fuentes, 2009).

### **2.6. Métodos de riego**

Las alternativas de riego en la producción de arroz son varias por lo que es necesario identificar cuáles son las mejores. Para producir un kilogramo de arroz son necesarios de 3,000 a 5,000 litros de agua. Estimaciones para el 2025, en Asia 17 millones de hectáreas no contarán con agua suficiente para producir y 22 millones de hectáreas en producción no tendrán la rentabilidad necesaria para proporcionar agua suficiente al cultivo (Cantrell, 2002).

Los métodos de riego de alternar humedecimiento y secado son: el sistema de producción de arroz con suelo cubierto (Ground Cover Rice Production System, GCRPS), el arroz cultivado en Suelo Saturado (SS) o con intermitencia en el riego (IR), donde se pueden utilizar tecnologías para alternar la humedad y el secado (Alternate Wetting Drying, AWD), politubos con múltiple entrada de agua (Multiple Inlet Rice Rrrigation, MIRI) e hidroretenedores, además de técnicas para la eficacia del riego inicial y para la fertilización nitrogenada (Gonzalez y Alonso, 2016).

En el Perú, el sistema de riego, es por inundación continua desde el trasplante hasta el llenado de grano, en que los campos se mantienen húmedos hasta la maduración fisiológica de los granos, en que se drenan los campos para la cosecha mecanizada.

### **2.6.1. Riego por inundación continua**

En arroz inundado el suelo se mantiene bajo una lámina de agua continua desde el momento en que las plántulas de arroz han completado su emergencia hasta dos semanas antes de la cosecha. (Alfonzo *et al.*, 2012).

Este sistema del arroz irrigado representa el 55% de la superficie cosechada en el mundo y 75% de la producción mundial de arroz. (Benavides y Segura, 2005).

### **2.6.2. Riego de alternar humedecimiento y secado**

Es una técnica de riego que apunta a disminuir las tasas de infiltración y las pérdidas laterales, mediante la aplicación de láminas de forma intermitente, manteniendo el suelo en punto de saturación como mínimo. El tiempo transcurrido entre la aplicación de una lámina y la siguiente varía según las condiciones climáticas (precipitaciones, temperaturas, etc.), los requerimientos del cultivo, tasa de infiltración y las pérdidas laterales. Por lo tanto, este sistema se caracteriza por presentar un uso más eficiente de las precipitaciones ocurridas entre riegos. (Böcking *et al.*, 2009-2010).

## **2.7. Consumo de agua del cultivo de arroz**

En todo el mundo, se estima que hay 150 millones de hectáreas de arroz, de las cuales el 50 por ciento se riega. Tradicionalmente, el arroz se cultiva en campos continuamente inundados donde casi la mitad del agua aplicada se pierde por percolación y la filtración. Los científicos han estimado que para 2025, 15-20 millones de hectáreas de arroz bajo riego sufrirán algún grado de escasez de agua (IRRI, 2013).

El agua dulce es un recurso esencial y a la vez es más escaso en el mundo. Tanto la pérdida de su calidad como la creciente competencia de los otros sectores determinan una marcada disminución de su disponibilidad (Ricetto *et al.*, 2017).

Según GRiSP (2013), el cultivo de arroz tiene una productividad de entre 0.6 a 1.6 kg y un promedio de 1.1 kg de arroz cascara por m<sup>-3</sup> de agua.

## 2.8. Eficiencia y productividad del agua

En una situación donde el recurso hídrico pasa a ser cada vez más limitante tanto por cantidad como por competencia de otros rubros, es cada vez más relevante poder asociar los niveles de productividad obtenidos con los consumos de agua requeridos. La productividad del agua de riego ( $\text{kg m}^{-3}$ ) se determina mediante la relación entre el rendimiento de arroz seco obtenido (kg) y el volumen de agua total utilizado en los riegos ( $\text{m}^3$ ). Para el cálculo de la productividad del agua total ( $\text{kg m}^{-3}$ ) se toma el aporte total (volumen de agua de riego y volumen de agua proveniente de las precipitaciones) (Ricetto *et al.*, 2017).

La eficiencia de uso del agua se define como la relación entre el rendimiento de grano a 14% de humedad y la cantidad de agua utilizada (Borrel *et al.*, 1997 como se citó en Ávila, 2015).

$$\text{EFICIENCIA DE USO DEL AGUA} = \frac{\text{Gasto de agua (m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{)}}{\text{Rendimiento (Kg ha}^{-1}\text{)}}$$

Según esta definición, se puede lograr una alta eficiencia de uso del agua ya sea aumentando el rendimiento de grano sin reducir el consumo de agua, reduciendo la cantidad de agua utilizada por el cultivo mientras se mantiene el rendimiento, o combinaciones de ambos (Tabbal *et al.*, 2002 como se citó en Ávila, 2015).

## 2.9. Importancia de nitrógeno en el cultivo de arroz

El nitrógeno es uno de los 16 elementos esenciales para las plantas (nutrientes que son imprescindibles para el crecimiento de las plantas), y también uno de los consumidos en mayor cantidad, no es exclusivo para la obtención de proteínas, sino que cualquier producción agraria lo requiere en cantidades importantes. La obtención de hidratos de carbono, grasas o fibra es limitada por la disponibilidad de nitrógeno para los cultivos. El nitrógeno es uno de los elementos cruciales en el mantenimiento de las altas producciones actuales y estas son demandadas por una población creciente (Betrán, 2006).

Según el International Plant Nutrition Institute (IPNI), 2011 como se citó en Espinoza, (2014), el nitrógeno promueve el rápido crecimiento (incremento en el tamaño de la planta y número de macollos) y aumenta el tamaño de las hojas, el número de espiguillas por panoja, el porcentaje de espiguillas llenas y el contenido de proteínas en el grano.

El nitrógeno es requerido durante todo el período de crecimiento, pero la mayor necesidad se presenta entre el inicio y a mediados del macollamiento, y al inicio de la formación de la panícula. Un suplemento adecuado de nitrógeno 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 mismo.

En consecuencia, el N afecta todos los parámetros que contribuyen al rendimiento. La concentración del N en las hojas está estrechamente relacionada con la tasa de fotosíntesis en las hojas y la producción de la biomasa del cultivo. Cuando se aplica suficiente N se incrementa por parte del cultivo la demanda de otros macronutrientes como el P y K.

## **2.10. Eficiencia de uso del nitrógeno**

### **Eficiencia agronómica**

Se define en general como la respuesta en el rendimiento por cada unidad de insumo. En este caso, se refiere a los kilogramos de arroz cáscara por cada kilogramo de N aplicado como fertilizante. La forma de calcular estos parámetros depende de la metodología utilizada en los experimentos. Tradicionalmente se utiliza un testigo (sin fertilizante) y se asume que la diferencia en rendimiento se debe exclusivamente al efecto del fertilizante. (Craswell y Godwin, 1984 como se citó en Pérez y Dorta, 2003).

### **Eficiencia fisiológica**

Es la diferencia de rendimiento entre el tratamiento aplicado con nitrógeno y el rendimiento del tratamiento sin aplicación, entre la diferencia de la cantidad de nitrógeno absorbido en el tratamiento con aplicación de nitrógeno y el tratamiento sin nitrógeno (Doberman, 2007).

## **Productividad parcial**

Es la relación entre los kilogramos de arroz producidos en el tratamiento con nitrógeno aplicado entre la cantidad de nitrógeno aplicado en dicho tratamiento. (Doberman, 2007).

La eficiencia en la absorción de nitrógeno por parte de los cultivos resulta máxima para dosis bajas y disminuye conforme se incrementan estas. La eficiencia sigue una curva parecida a la respuesta productiva, también conocida como curva de rendimientos “finalmente decrecientes”. Esta curva, que reproduce con bastante fidelidad el efecto del nitrógeno, indica que el efecto productivo conseguido con cada dosis adicional de fertilizante va siendo progresivamente menor, y que llega un momento en que dosis mayores producen realmente producciones más bajas (Betrán, 2006).

Según Fushiwaki et al., 2005 como se citó en Betrán, (2006) se tiende a aplicar una cantidad excesiva de nitrógeno a los cultivos. Una reducción en la dosis de fertilizante no afectará al rendimiento y sin embargo mejorará le eficiencia de utilización del nitrógeno.

McAllister *et al.*, (2012) menciona que los cultivos eficientes en el uso de nitrógeno, son los cultivos que se encuentren en mejor condición de absorber, utilizar y volver a movilizar el nitrógeno disponible.

En el ciclo de vida de la planta de arroz se encuentran dos principales fases para el uso de nitrógeno. La primera, es en la fase vegetativa, donde se asimila una gran cantidad de nitrógeno en las raíces y hojas jóvenes en desarrollo. La segunda es en la fase reproductiva en la que la asimilación y removilización de nutrientes, entre estos el nitrógeno (Hirel et al., 2007).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización del experimento**

La presente investigación se realizó en la campaña agrícola 2016-2017 en el lote 4-5 de la Estación Experimental Vista Florida del INIA, ubicada Región Lambayeque, Provincia de Chiclayo, Distrito Picsi, Valle Chancay. Sus coordenadas geográficas son:

06°44'01" latitud Sur y 79°47'29 latitud oeste a 30 metros sobre el nivel del mar.



**Figura 2: Localización del experimento.**

#### **3.2. Características del suelo**

Según el análisis físico químico del suelo donde se desarrolló el experimento, es de textura franca arcillo limoso con 44% de limo, 36% de arcilla y 20% de arena, adecuado para el cultivo. El contenido de materia orgánica es bajo (1.72%), esto puede haber influido en la buena respuesta del cultivo a los niveles de aplicaciones de nitrógeno. Tiene un pH de 8, medianamente alcalino, el contenido de fosforo es bajo con valor de 5.1 ppm, mientras que el contenido de potasio es alto con valor de 379 ppm. El análisis del horizonte A se presenta en la siguiente (Tabla 1).

**Tabla 1: Análisis de suelo de la Estación Experimental Vista Florida, Lambayeque.**

pH (1:1)	C.E (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O %	P pmm	K pmm	Análisis Mecánico			Clase Textural
						Arena %	Limo %	Arcilla %	
8	0.59	6.7	1.72	5.1	379	20	44	36	Fr.Ar.L.
CIC	Ca <sup>+2</sup>	Cationes Cambiables				Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>	Suma de cationes	Suma de bases	% Sat. De Bases
		Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	meq/100g				
24	18.44	3.9	0.88	0.77	0	24	24	100	

**Capacidad de campo = 35.19%**

**Punto de marchitez = 20.53%**

FUENTE: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes – Universidad Nacional Agraria La Molina.

### 3.3 Características del clima

La zona presenta un clima templado – cálido con los siguientes parámetros climáticos:

- Temperatura máxima: 32 °C
- Temperatura mínima: 18 °C
- Precipitación anual: 40 mm

Los datos de temperatura y radiación solar (Tabla 2) fueron tomados de la Estación Meteorológica – INIA- Estación Experimental Vista Florida.

**Tabla 2: Temperatura y radiación solar durante el manejo del experimento.**

Año	Mes	Temperatura en °C			Radiación Kj /m <sup>2</sup> /día	Precipitación m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
		Máxima	Mínima	Media		
Campaña 2017- I	Febrero	32.5	22.8	26.7	4272	5050
	Marzo	32.8	23.6	26.8	4007.3	910
	Abril	31.7	20.6	24.9	4158.7	30
	Mayo	29.82	19.35	23.3	3588.9	200
	Junio	26.73	17.28	20.8	2891.4	-

FUENTE: Elaboración propia a partir de los datos de la EEVF.

### **3.4. Materiales y equipos**

Se utilizó los siguientes materiales:

Cuerdas, bolsas de papel, bolsas de plástico, libreta de campo, lápiz, etiquetas, cinta métrica, estacas, cal, rafia, urea, sulfato de potación, fosfato di amónico.

Los equipos empleados fueron:

Tractor, arado, rastra de 28 pulgadas, niveladora laser, bordeador, mochila de fumigación, canaleta, balanza hoces, palana, machete, molino, vernier

### **3.5 Material genético**

El cultivar utilizado para la siembra del experimento fue IR- 43, esta fue desarrollada por el Internacional Rice Research Institutte (IRRI), adaptado a las condiciones de la costa peruana. La variedad es la más utilizada en toda la costa peruana desde Tumbes hasta los valles arroceros de Arequipa (Camaná y Majes).



**Tabla 3: Características agronómicas del cultivar IR-43.**

---

Nombre del cultivar:	IR 43
País de origen:	Filipinas
Sistema de cultivo:	Siembra directa – trasplante
Periodo vegetativo (días):	140
Altura de planta (cm)	80 – 90
Aristamiento	Corta en algunos granos
Resistencia al tumbado	Resistente
Resistencia desgrane	Moderado
Rendimiento potencial	12 – 14 t ha <sup>-1</sup>
Peso 1000 gramos	28 gramos
Largo de panícula (cm)	24.3
<b>RESISTENCIA A PLAGAS:</b>	
Reacción a <i>Hydrellia wirthi</i>	Susceptible
Reacción a <i>Tagosodes orizicolus</i>	Susceptible
<b>RESISTENCIA A ENFERMEDADES:</b>	
Reacción a Virus de Hoja blanca	Susceptible
Reacción a <i>Pyricularia grisea</i>	Susceptible
<b>CALIDAD MOLINERA</b>	
Rendimiento molinero %	73
Grano entero %	60
Grano quebrado %	13
Traslucencia	Transparente

---

FUENTE: (Catálogo de productos de semilla El Potrero, 2016).

### 3.6. Diseño experimental

El presente ensayo se ajustó a un diseño estadístico de bloques al azar en parcelas divididas, con cuatro repeticiones. En las parcelas se ubicaron los tratamientos de riego y en las sub parcelas los tres niveles de nitrógeno. El cultivar de arroz utilizado fue IR-43.

#### 3.6.1 Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = u + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + y_k + E_{ijk}$$

$$i = 1, 2 \quad j = 1, 2, 3 \quad k = 1, 2, 3, 4$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Es el valor observado con el  $i$ -ésimo nivel del factor A,  $j$ -ésimo nivel del factor B,  $k$ -ésima repetición.

$u$  = Es el efecto de la media general.

$\alpha_i$  = Es el efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor A.

$\beta_j$  = Es el efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Es el efecto de la interacción en el  $i$ -ésimo nivel del factor A,  $j$ -ésimo nivel del factor B.

$y_k$  = Es el efecto del  $k$ -ésimo bloque.

$E_{ijk}$  = Es el efecto del error experimental en el  $i$ -ésimo nivel del factor A,  $j$ -ésimo nivel del factor B,  $k$ -ésima repetición.

La prueba de significación que se utilizará será Duncan al 0.05 de probabilidad.

### 3.7 Disposición de los tratamientos

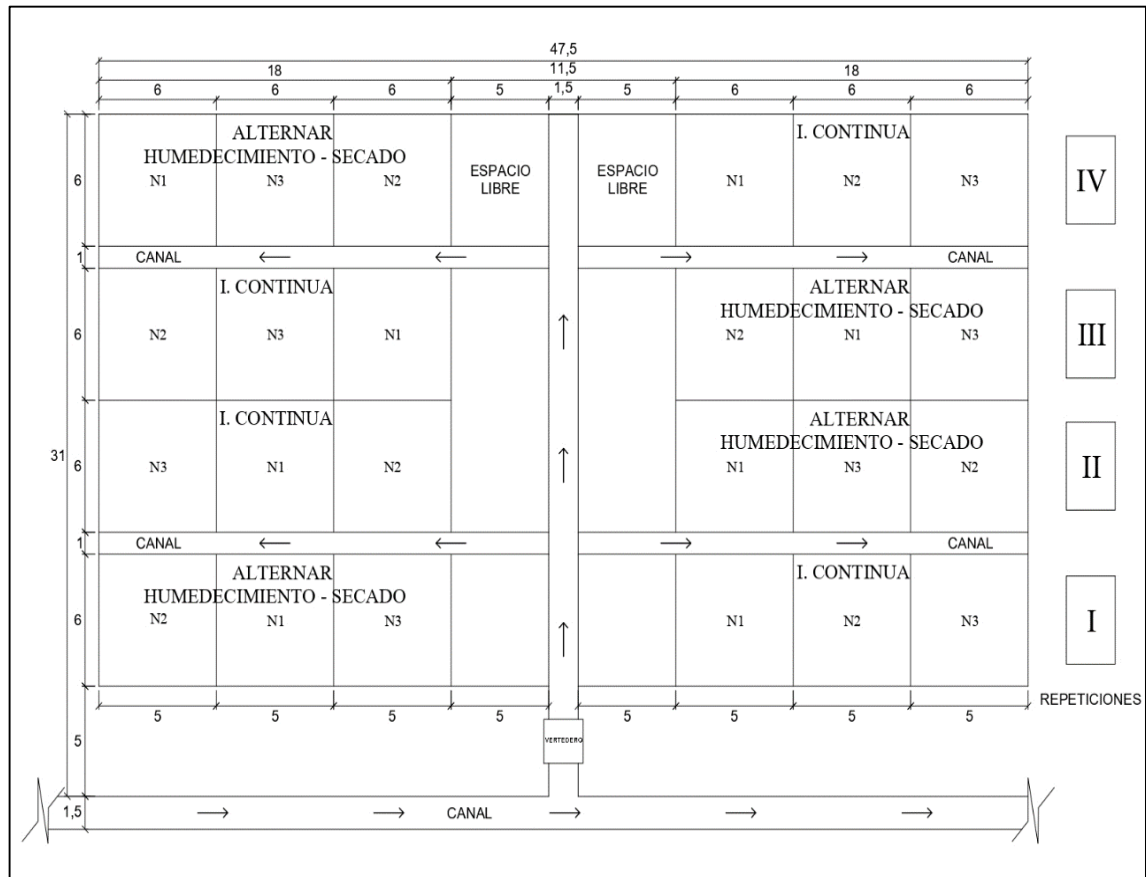
Los factores estudiados fueron:

- Dos métodos de riego: Inundación Continua (T1) y alternar humedecimiento y secado (T2).
- Tres niveles de nitrógeno: N1= 0 Kg N ha<sup>-1</sup>, N2= 240 Kg N ha<sup>-1</sup>, N3= 360 Kg N ha<sup>-1</sup>.

El área individual de sub parcelas fue 30 m<sup>2</sup> (con 20 hileras de 5 metros lineales y entre líneas 0.25m) y el área neta de cosecha fue de 16 m<sup>2</sup> (con 16 hileras de 4 metros lineales y entre líneas 0.25m). La distribución de los tratamientos se indica en la (Figura 3).

#### 3.7.1 Delineamiento del campo experimental

	Parcelas Divididas
1. Diseño	
2. Numero de repeticiones	4
3. Tratamientos (Parcelas)	2
4. Dosis (sub parcela)	3
5. Número de parcelas	8
6. Número de sub parcela	24
7. Área de cada parcela (18 m x 6 m)	108 m <sup>2</sup>
8. Área de cada sub parcela (6 m x 5 m)	30 m <sup>2</sup>
9. Área total de parcelas o área neta del experimento	864 m <sup>2</sup>
10. Área total del ensayo (32 x 39m)	1248



**Figura 3: Croquis del experimento.**

Tratamiento de manejo de riego:

- $R_1$ =Riego por inundación continua.
- $R_2$ =Riego alternar humedecimiento y secado

Niveles de Nitrógeno:

- $N_1 = 0 \text{ Kg N ha}^{-1}$
- $N_2 = 240 \text{ Kg N ha}^{-1}$
- $N_3 = 360 \text{ Kg N ha}^{-1}$

### **3.8. Manejo agronómico**

#### **3.8.1. Preparación del campo y toma de muestra de suelo.**

Previo a la preparación del campo se tomó la muestra del suelo y se envió al laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina para realizar un análisis físico de este. Luego se procedió a la preparación del campo con un tractor equipado con un arado de disco, se pasó la rastra y luego la nivelación laser. Después se procedió a marcar el campo con estacas para que se realice el bordeado con el tractor, y la división del campo en parcelas y sub parcelas.

#### **3.8.2. Siembra**

El sistema de siembra con el que se condujo el experimento fue el de siembra directa en suelo seco. Se trazaron hileras separadas por 0.25m., dentro de cada sub parcela con la ayuda de un rayador manual. La densidad de siembra, fue de 60kg ha<sup>-1</sup>, con el cultivar IR-43. Finalizada la siembra se le procedió a dar el riego de germinación y posteriormente riegos ligeros hasta los 20 días después de la siembra. Con respecto al control de malezas, se aplicó al campo cuatro días después de la siembra bentiocarbo con dosis de 6g m<sup>-2</sup> del producto comercial Saturno 5%.

#### **3.8.3. Métodos de riego**

##### **Alternar humedecimiento-secado**

Para este método de riego a los 25 días después del riego de germinación, se inundó las sub parcelas con una lámina de 10 cm de altura de agua para realizar la fertilización. Para la reposición de la lámina estática de agua se consideró una altura de 5 cm. La frecuencia de secado después de la desaparición de la lámina de agua fue de seis días durante la fase vegetativa. Durante las fases reproductiva y de maduración el riego fue de inundación continua con lámina de 5cm. Cuando el agua se consumió, se aplicó otro riego de 5cm de altura y se mantuvo el suelo sin agua (alternar humedecimiento y secado) por un periodo de 6 días. Después de este periodo se aplicó un riego de 10 cm de altura. Se aplicó un secado y se continuó el ciclo. El riego de alternar humedecimiento y secado se realizó hasta el inicio

de la fase reproductiva y en las fases reproductivas y maduración las pozas se mantuvieron en inundación con láminas de 5cm de altura. Las precipitaciones durante el ciclo del cultivo, contribuyeron a que se rellenaran las pozas con poca agua.

### **Inundaciones continuas**

El método de inundación continua, es similar al usado por los agricultores. Las sub parcelas se mantuvieron en inundación durante todo el ciclo de crecimiento del cultivo, con una lámina de 8-10 cm de altura, desde los 25 días después del riego de germinación, hasta maduración fisiológica de los granos.

El agua de riego se midió en ambos métodos con un vertedero metálico RBC Flume 13.17.04 de patente holandés, colocado al inicio del canal de riego que conducía el agua a las sub parcelas. La medición en el vertedero se realizó cada 2 - 4 minutos, en cada intervalo se medía la altura del agua en el vertedero. La máxima descarga del vertedero es de 50 litros por segundo. La altura de la descarga, determinaba los litros por segundo determinada en la escala graduada del vertedero.

#### **3.8.4. Fertilización**

Los tratamientos para medir la eficiencia de uso de nitrógeno, con aplicaciones de urea fueron:

- $N_1 = 0 \text{ Kg ha}^{-1}$
- $N_2 = 240 \text{ Kg ha}^{-1}$
- $N_3 = 360 \text{ Kg ha}^{-1}$

Los niveles de N, fueron aplicados en forma fraccionada, 50% de la dosis de N conjuntamente con  $60 \text{ Kg ha}^{-1}$  (393g por sub parcela) de fósforo y  $60 \text{ Kg ha}^{-1}$  (300g por sub parcela) de potasio a los 25 días después de la siembra. El fósforo se aplicó en fosfato diamónico y el potasio en cloruro de potasio. El 50% restante de N se aplicó al inicio de la fase reproductiva.

**Tabla 4: Cantidad de fertilizante aplicado por sub parcela y niveles de Nitrógeno en primera y segunda aplicación.**

Niveles de Nitrógeno (Kg N ha <sup>-1</sup> )	N1 0	N2 240	N3 360	N1 0	N2 240	N3 360
Fecha de Aplicación	25 dds <sup>(1)</sup> (50%)			IFR <sup>(2)</sup> (50%)		
Fertilizante	Gramos por sub parcela					
Urea <sup>(3)</sup>	-	706	1097	-	783	1174
Fosforo (fosfato di-amónico)	-	393	393	-	-	-
Potasio (sulfato de potasio)	-	300	300	-	-	-

1. dds: Dias despues de la siembra.

2. IFR: Inicio de la fase reproductiva.

3. La primera aplicación incluye el Nitrogeno del fosfato de amonio 18%, aplicado con el fósforo.

### 3.8.5. Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas y enfermedades se realizaron las siguientes aplicaciones en las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

- Para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se usaron los insecticidas CORAGEN (chlorantraniliprole), 50 ml 200L<sup>-1</sup>, y TRACER (spinosad), 120 ml, 200 l<sup>-1</sup>, esta plaga se presentó en la etapa de macollamiento.
- Se utilizó DANTOTSU (clothianidin), 200g 200 l<sup>-1</sup>, y CONTROLLER (imidacloprid), 100g 200 l<sup>-1</sup>, para el control de mosca minadora (*Hydrellia whirtii*) y sogata (*Tagosodes orizicolus*), ambas plagas se presentaron en todas las fases del cultivo. El control de sogata fue muy importante por ser vector del Virus de la hoja blanca del arroz (VHBA).
- Para el control de la enfermedad del quemado del arroz (*Pyricularia grisea*) se utilizaron los fungicidas Bolero (defenoconazole + propiconzole), 250g 200 l<sup>-1</sup>, y JUWEL (epoxinoconazole + khesoxinmetil) 1000 ml 200 l<sup>-1</sup>.
- Se utilizó como adherente TRHU MASTER 50 ml 200 l<sup>-1</sup>.

### **3.8.6. Control de malezas**

Debido al manejo de riego de alternar humedecimiento y secado, el control de las malezas fue un poco complicado, siendo este un problema hasta el máximo macollamiento.

- Para el control de malezas dicotiledóneas, se utilizó el herbicida 2,4-D amina que es un herbicida hormonal.
- Para el control de gramíneas y ciperáceas, en especial el coquito (*Cyperus rotundus*) se aplicó el herbicida BASAGRAN; 1.5 l + 1 l de 2,4-D amina herbicidas post emergentes. Para controlar las malezas de los bordos se aplicó Randoup 3 l/ ha<sup>-1</sup>.

### **3.9. Variables evaluadas**

#### **3.9.1. Rendimiento**

El rendimiento en grano de cada tratamiento se obtuvo con la cosecha que fue manual en el área neta por sub parcela (5 x 4m). Se ajustó la humedad de grano a 14 %.

#### **3.9.2. Consumo y productividad del agua**

La productividad del agua se definió como los kilogramos de arroz cascara producidos por el volumen de agua utilizado. Se tomó el promedio de consumo de agua del método de riego por inundaciones continuas y alternar humedecimiento y secado.

#### **3.9.3. Determinación de nitrógeno en grano y paja**

Se determinó el porcentaje de nitrógeno en grano y paja por sub parcela en dos repeticiones.

#### **3.9.4. Determinación de eficiencias de uso de nitrógeno**

La eficiencia del uso de nitrógeno se determinó utilizando los siguientes indicadores:



**Eficiencia agronómica – EA.** Son los Kg de aumento en la producción en grano por Kg de nitrógeno aplicado. La fórmula usada fue:

$$\text{Rdto (nivel de N)} - \text{Rdto (nivel 0 de N)}$$

Eficiencia agronómica:

$$\text{Nivel de Nitrogeno aplicado}$$

**Eficiencia fisiológica – EF.** Son los Kg de aumento de la producción por Kg de aumento en la absorción de nitrógeno. La fórmula usada fue:

$$\text{Rdto (nivel de N)} - \text{Rdto (nivel 0 de N)}$$

Eficiencia fisiológica:

$$\text{N absorbido (nivel de N)} - \text{N absorbido (nivel 0 de N)}$$

**Productividad parcial.** Se define como el rendimiento del cultivo por nivel de fertilizante aplicado. La fórmula usada fue:

$$\text{Rdto (nivel de N)}$$

Productividad Parcial:

$$\text{Nivel de N aplicado}$$

### 3.9.5. Determinación de materia seca

Las muestras para la biomasa se tomaron en 0.50m de hilera por sub parcela en dos repeticiones en las hileras de los contornos. Se extrajeron las plantas con raíz, se lavó la base de los tallos y las raíces se eliminarán. Los tallos y hojas se llevaron a la estufa y se secó a 70°C a peso constante. Los momentos de muestro fueron:

- Primer muestreo: al macollamiento máximo.
- Segundo muestreo. A la floración, cuando el 50% de las plantas
- Tercer muestreo: Llenado de grano (maduración fisiológica).

### 3.9.6. Índice de cosecha

En dos repeticiones se tomaron 0.50m de hilera competitiva. Las muestras se extrajeron con raíces. Se lavó, se eliminó raíces y seco la paja conformada por tallos, hojas, panícula trillada y los granos. Se colocó en estufa a 70°C hasta peso constante.

$$I.C = \frac{\text{Rdto. Económico}}{\text{Rdto. Biológico}} = \frac{\text{Rdto. Grano}}{\text{Rdto. (Grano+ Paja)}}$$

### 3.9.7. Componentes de rendimiento

A la cosecha se evaluó y tomaron muestras para determinar los componentes de rendimiento:

1. Se contó número de panículas por metro cuadrado. Se determinó en 0.30 m de hilera competitiva por sub parcela en el área central. Se evaluó en dos repeticiones.
2. Se midió la longitud de panículas desde el nudo ciliar hasta el ápice del grano más alejado de este.
3. Se contó el número de granos llenos y vanos por panícula. Se determinó en diez panículas al azar por sub parcela en dos repeticiones, en el área de muestro anterior.
4. Se pesó 1000 granos llenos. En dos repeticiones.

### **3.9.8. Densidad de plántulas**

La densidad de plántulas se evaluó en dos repeticiones a los 10 días después del riego de germinación. Se contó el número de plántulas en 0.50 m de hilera en el área neta de la sub parcela.

### **3.9.9. Macollamiento**

Se contó número de tallos en 0.50m de la hilera por sub parcela en dos repeticiones. Esta evaluación se realizó cada diez días hasta el máximo macollamiento, esta se realizó en la misma área que se determinó la densidad de plántulas.

### **3.9.10. Floración 50%**

Cuando en la sub parcela el 50 % de los tallos emitieron su panícula. Se tomó la fecha en dos repeticiones.

### **3.9.11. Altura de la planta a la cosecha (cm)**

Se midió la distancia desde la base del tallo, a la punta de la panícula. Se tomó cinco puntos por sub parcela en tres repeticiones.

### **3.9.12. Calidad molinera**

Se utilizó 100 gramos de arroz en cáscara de cada tratamiento en dos repeticiones y se pilo en el molino Zaccaria para determinar rendimiento comercial y porcentaje de granos enteros. A mayor rendimiento de grano entero mejor calidad del arroz.

### **3.9.13. Características biométricas del grano**

Las características biométricas que se evaluaron fueron el largo, ancho y espesor diez granos de arroz cascara al azar en dos repeticiones, con la ayuda de un vernier.

### 3.9.14. Índice de traslucencia.

Para determinar el índice de traslucencia se tomó 20 gramos de arroz pilado por tratamiento al azar en dos repeticiones, y se clasificó de acuerdo a la siguiente escala para identificar las formas tizosas:

- Grano translúcido (0)
- Grano con mancha difusa (1)
- Grano con dorso blanco (2)
- Grano con centro blanco (3)
- Grano con panza blanca (4)
- Grano completamente tizoso (5)

Una vez clasificados se anotó el número de granos que corresponde a cada una de las formaciones opacas, después se multiplicó la calificación por el número de granos. Se sumó los productos y se obtuvo el promedio (en función al total de granos evaluados). Cuando más bajo es el valor más trasluciente es la muestra evaluada (**Un valor igual o menor a 0.7, nos indica una apariencia excelente**) (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1989).

### 3.9.15. Grado de dispersión

Para evaluar la dispersión alcalina se tomaron 10 granos de arroz pilado entero por tratamiento al azar, en dos repeticiones, se colocaron en una placa Petri separados unos de otros y se agregó 10 ml de hidróxido de potasio (KOH) al 1.7%, luego se llevó a la estufa a 30°C constante por 23 horas. La dispersión se determinó con una escala que va del 1 al 7:

- Grado 1, grano inalterado.
- Grado 2, grano hinchado.
- Grado 3, grano hinchado con fisuras leves.
- Grado 4, grano un poco agrietado, con un halo blancuzco alrededor.
- Grado 5, grano totalmente abierto, en ocasiones formando una gran masa.
- Grado 6, grano casi totalmente desintegrado, difícilmente se observa su forma.

- Grado 7, grano totalmente desintegrado.

Escala internacional del CIAT (1989).

### **3.9.16. Calidad culinaria**

Se midió con ayuda de un vernier 10 granos de arroz pilado sin cocer y 10 granos de arroz cocido, luego al resultado de la diferencia entre el arroz cocido y el arroz sin cocer se dividió entre la medida del arroz sin cocer y se multiplico por 100, esto nos permite obtener el porcentaje de expansión del grano cocido. También se midió el volumen de agua usado y el tiempo de cocción. Se realizó la cocción en dos repeticiones, para esto se utilizó una cocina y una olla pequeña eléctrica.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Rendimiento (Kg ha<sup>-1</sup>)

Los rendimientos en grano no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los métodos de riego ni en la interacción de los métodos de riego y niveles de nitrógeno. Este resultado indica que la aplicación de los riegos del método alternar humedecimiento y secado, fueron suficientes para satisfacer los requerimientos de agua de las plantas.

**Tabla 5: Rendimientos en Kg ha<sup>-1</sup>, para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

Métodos de Riego	Rendimiento (Kg ha <sup>-1</sup> )	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (Kg ha <sup>-1</sup> )	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>
Inundación continua	7910	A	360	10055	A
Alternar humedecimiento - secado	7680	A	240	9795	A
			0	3530	B

<sup>(1)</sup>Para columnas dentro de métodos de riego y niveles de nitrógeno, los datos que tienen una letra en común no son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Duncan, al nivel de 5% de probabilidad.

Los rendimientos obtenidos en la investigación entre los métodos de riegos de inundaciones continuas y alternar humedecimiento y secado fueron 7910 Kg ha<sup>-1</sup> y 7680 Kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, estas diferencias no fueron significativas (Tabla 5).

Se ha reportado que, en comparación con las condiciones de inundación continua, el método de alternar humedecimiento y secado puede mantener o incluso aumentar el rendimiento de grano (Tuong *et al.*, 2005; Lampayan *et al.*, 2015 como se citó en Zhang *et al.*, 2018). Existen resultados, en los que se reportan que el riego de alternar humedecimiento y secado a menudo reduce, en lugar de aumentar, el rendimiento de grano en comparación con las condiciones de inundación continua (Tabbal *et al.*, 2002; Belder *et al.*, 2004; como se citó en Zhang *et al.*, 2018). Obviamente, sigue siendo un gran desafío reducir la entrada de agua de riego sin

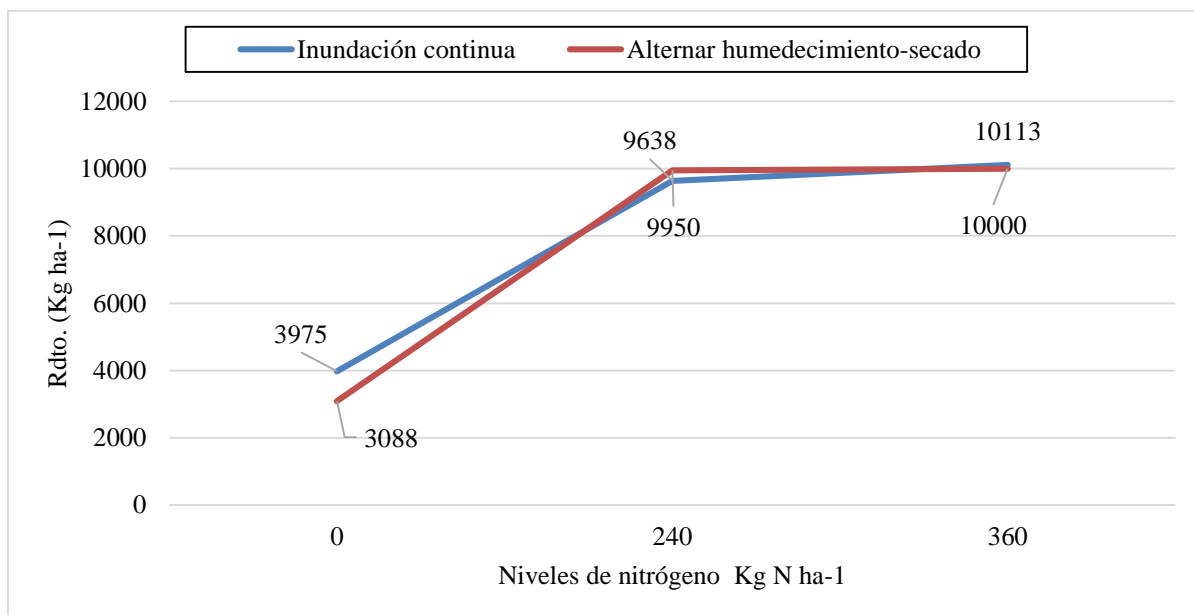
comprometer el rendimiento y optimizar la gestión del agua en la producción de arroz (Zhang *et al.*, 2018).

Los métodos de riego usados para el ahorro de agua en el arroz, tuvieron la finalidad mantener el rendimiento del cultivo y mejorar la productividad del agua por el menor uso de agua. La lámina variable es una alternativa de método de riego, el cual comparado con el rendimiento del riego por inundaciones continuas no mostro una diferencia significativa (Cantou y Roel, 2011).

Según Bueno *et al.*, (2010) reportaron que mediante el uso del método de riego alternate wetting and drying (alternar inundaciones y secado) en comparación con el método de riego convencional no existe diferencia significativa en el rendimiento de arroz grano, en varios genotipos de variedades con rendimiento potencial alto.

Según el Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, 1982, como citó en Gutiérrez, (2011) la aplicación de nitrógeno estimula la formación de hijos, por ende, el rendimiento que se obtiene es mayor que sin aplicación. Conforme aumenta la densidad y la dosis de nitrógeno aplicado, el rendimiento aumenta hasta alcanzar un máximo.

Los rendimientos obtenidos en esta investigación indican que en las sub parcelas donde se aplicó las dosis de nitrógeno 240 Kg N ha<sup>-1</sup> y 360 Kg N ha<sup>-1</sup> obtuvieron un rendimiento que variaron entre los 9638 Kg ha<sup>-1</sup> a 10113 Kg ha<sup>-1</sup> y 9950 Kg ha<sup>-1</sup> a 10000 Kg ha<sup>-1</sup> en condiciones de riego de inundación continua y alternar humedecimiento y secado respectivamente. Estas diferencias no fueron significativas (Figura 4).



**Figura 4: Rendimiento de arroz cascara para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

En la prueba de significación de Duncan 0.05, se observa que existe diferencia significativa entre el tratamiento testigo sin nitrógeno y los tratamientos donde se aplicó el nitrógeno 240 Kg ha<sup>-1</sup> y 360 Kg ha<sup>-1</sup> (Anexo 1).

Estos resultados demuestran cuanto influye el nitrógeno en el rendimiento del cultivo de arroz, ya que se observa en las sub parcelas donde se aplicó la dosis de 240 Kg ha<sup>-1</sup> y 360 Kg ha<sup>-1</sup> tuvieron un rendimiento de 2.5 veces y casi 3 veces respectivamente el rendimiento de las sub parcelas sin aplicación de nitrógeno o sub parcela testigo (Tabla 5).

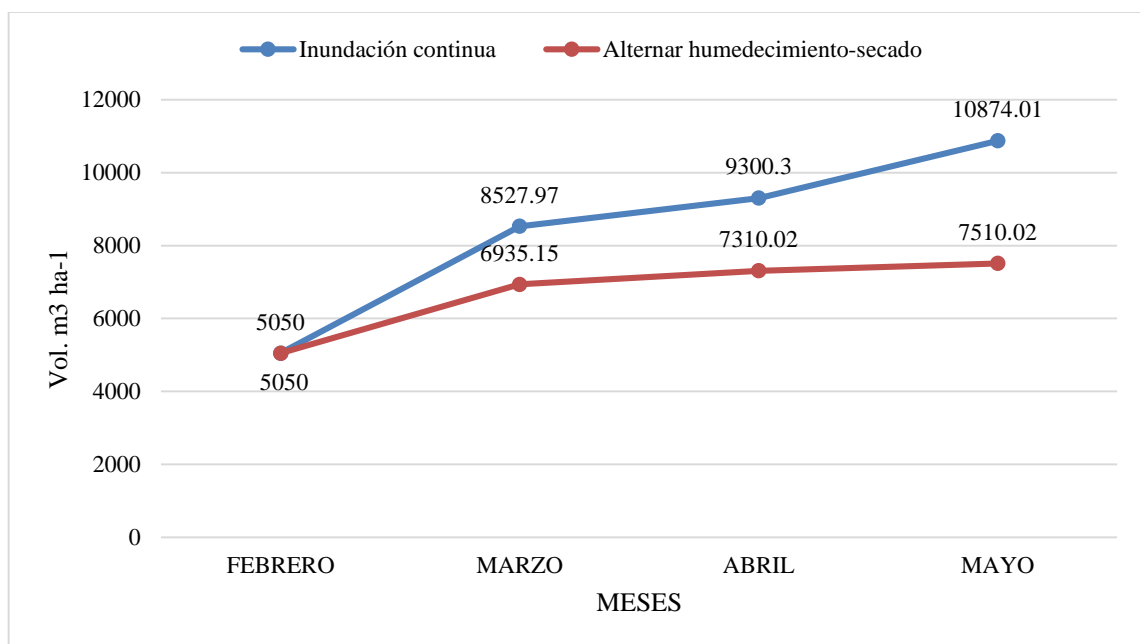
#### **4.2. Consumo y productividad del agua**

Los resultados de la aplicación de los métodos de riego de inundaciones continuas y alternar humedecimiento y secado nos mostraron la gran diferencia del consumo del agua en el cultivo de arroz. El método de alternar humedecimiento y secado permitió ahorrar 30.94% de agua consumida respecto al agua consumida en el método de riego de inundaciones continuas (Figura 5).



Se han desarrollado una serie de tecnologías de ahorro de agua de riego para reducir su uso, aumentar la productividad del agua de riego y mantener o aumentar la producción de sistemas basados en arroz, como un sistema de arroz aeróbico (Zhang *et al.*, 2018).

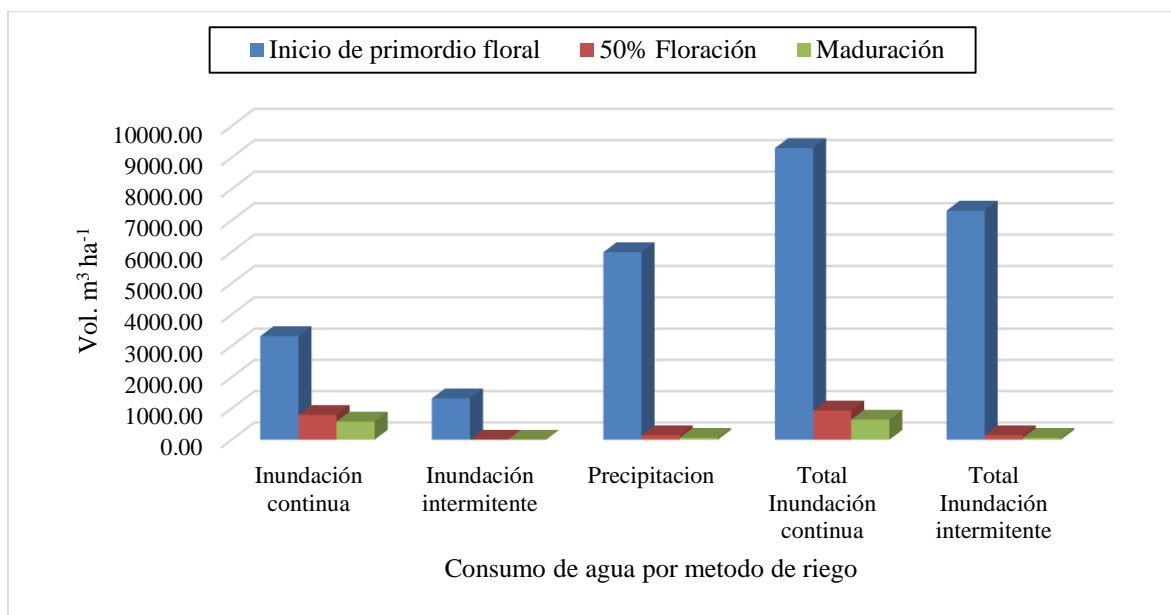
La mayoría de las evaluaciones sobre los efectos de los diferentes regímenes de gestión del agua para el sistema intensivo de arroz, han probado las prácticas de riego de alternar humedecimiento y secado (mantenimiento de un suelo saturado solo durante la etapa vegetativa), comparándola con las inundaciones convencionales, (Chapagain y Yamaji, 2010; Krupnik *et al.*, 2012; Lin *et al.*, 2009; Singh, 2013; Thakur *et al.*, 2014; Zhao *et al.*, 2009; como se citó en Thakur *et al.*, 2018). En algunos casos, se han reportado ahorros significativos en el agua de riego, mientras que las diferencias de rendimiento fueron insignificantes (Chapagain y Yamaji, 2010; Krupnik *et al.*, 2012; Singh, 2013; como se citó en Thakur *et al.*, 2018).



**Figura 5: Agua consumida durante toda la campaña (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

También se analizó el consumo de agua en las etapas fenológicas del cultivo donde se encontró que el mayor consumo de agua se dio desde la emergencia de la planta hasta el inicio del primordio floral que fue cerca del 85% de agua consumido durante toda la campaña (Figura 6).

La aplicación del riego con déficit controlado en la fase vegetativa en sustitución al riego de inundación continua permitió ahorrar 21% de agua. El resultado coincide con los obtenidos por Nwadukwe y Chude, 1998; Borrell *et al.*, 1997; Tabbal *et al.*, 2002 y Stone, 2005 como se citó en Cantou y Roel (2011), quienes mencionan reducciones entre 20 y 40% en la cantidad de agua aplicada cuando se compara sistemas de riego que favorecen el ahorro del agua con un sistema de riego continuo.



**Figura 6: Agua consumida en etapas fenológicas del cultivo (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

El método de riego de inundaciones y secado se ha desarrollado principalmente para ahorrar agua y aumentar su productividad. Comparado con el método de riego convencional, se obtuvo un ahorro de agua de 26 a 41% y en la productividad del agua se obtuvieron resultados variables. Estos resultados también fueron reportados por Lu *et al.*, 2000; Bouman y Tuong, 2001; Belder *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2009 - 2008 como se citó en Bueno *et al.*, (2010).

La Tabla 6, muestra la diferencia en el consumo total del agua, indicando que en el método por inundaciones continuas el consumo fue mayor respecto al riego de alternar humedecimiento y secado, debido a que, en el riego de inundación continua, la lámina de agua se tuvo que mantener constante.

En el análisis de varianza de la productividad del agua (Anexo 2), se encontraron altas diferencias estadísticas entre los tratamientos de riego de inundación continua y alternar humedecimiento y secado, obteniéndose un valor de 1.02 Kg m<sup>-3</sup> en el tratamiento por alternar humedecimiento y secado siendo este mayor al del tratamiento por inundación continua, el cual obtuvo el valor de 0.73 Kg m<sup>-3</sup>, esto se pudo deber a que a pesar de que el tratamiento de alternar humedecimiento y secado tuvo un menor rendimiento, la aplicación de agua fue menor; teniendo un alto valor en la productividad del agua con respecto al tratamiento por inundación continua.

Entre las fuentes nitrogenadas las diferencias estadísticas también fueron altas, las sub parcelas en donde se aplicó dosis de nitrógeno 240 y 360 Kg N ha<sup>-1</sup> obtuvieron 1.11 Kg m<sup>-3</sup> y 1.13 Kg m<sup>-3</sup> en la productividad del agua respectivamente y las sub parcelas testigo sin nitrógeno obtuvieron 0.39 Kg m<sup>-3</sup> en la productividad del agua (Anexo 2). Este resultado se debe a que el tratamiento testigo tuvo un rendimiento en grano mucho menor, lo que hace que el valor de la productividad del agua disminuya en los tratamientos de riegos

En la interacción de los riegos con las fuentes nitrogenadas se obtuvo una alta diferencia estadística. Los tratamientos con riego de alternar humedecimiento, secado y dosis de nitrógeno fueron superiores debido a que tuvieron mejor relación grano/paja y a la vez el consumo de agua fue menor. Mientras que los tratamientos con inundaciones continuas y dosis de nitrógeno tuvieron mayor rendimiento que el tratamiento con alternar humedecimiento y secado, pero su consumo de agua fue mayor, debido a esto el valor de productividad de agua fue menor.

**Tabla 6: Consumo y productividad del agua para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

Tratamiento	Rdto (t ha <sup>-1</sup> )	Agua aplicada (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Precipitación (mm)	Total (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Menor consumo de agua (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	% de ahorro de agua	Productividad del agua (Kg arroz cascara/ m <sup>3</sup> de agua)	Incremento de la productividad (%)
Inundación continua	7908.3	4684	619	10874	-	-	0.73	
Alternar humedecimiento-secado	7679.2	1320	619	<b>7510</b>	3364	<b>30.94</b>	<b>1.02</b>	<b>28.40%</b>

Según estos resultados de la investigación se constató que los valores de consumo y productividad del agua fueron influenciados significativamente por los métodos de riego evaluados, en los que se observa que los tratamientos con riego de alternar humedecimiento y secado tuvieron los mayores valores en la productividad del agua, resultados similares a los obtenidos por Riccetto *et al.*, (2017).

En la evaluación de la eficiencia del uso eficiente del agua para una variedad súper arroz en China, se observó que mientras el método de riego sea más severo con la restricción de agua, el uso eficiente será mayor. En promedio, el uso eficiente del agua del súper arroz fue de 1.18, 1.68 y 1.71 kg m<sup>-3</sup>, para en los regímenes de inundación continua, inundaciones y secas moderadas e inundaciones y secas severas respectivamente (Zhou *et al.*, 2017).

#### 4.3. Determinación de nitrógeno absorbido en grano y paja a la maduración

En el análisis de varianza de la variable nitrógeno absorbido en grano y paja a la maduración, no se encontró diferencias estadísticas en métodos de riego (Anexo 3). Para los niveles de nitrógeno aplicados si hubo una alta diferencia estadística, siendo el nivel de 360 Kg ha<sup>-1</sup> el tratamiento de mayor valor promedio con 274.18 Kg N ha<sup>-1</sup> absorbidos y el menor fue el nivel de 0 Kg N ha<sup>-1</sup> con 54.75 Kg N ha<sup>-1</sup> absorbidos. El nivel de 240 Kg N ha<sup>-1</sup> no presentó diferencia estadística significativa con el nivel de 360 Kg N ha<sup>-1</sup> (Tabla 7).

**Tabla 7: Nitrógeno absorbido en grano y paja para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

Métodos de Riego	Nitrógeno absorbido (Kg ha <sup>-1</sup> )	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Nitrógeno absorbido (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>
Inundación continua	201.73	A	360	274.18	A
Alternar humedecimiento -secado	179.12	A	240	242.35	A
			0	54.75	B

<sup>(1)</sup>Para columnas dentro de métodos de riego y niveles de nitrógeno, los datos que tienen una letra en común no son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Duncan, al nivel de 5% de probabilidad.

Benintende *et al.*, 2011 como citó en Gabrielli y Pintos, (2013) reportaron valores promedio de 119 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno absorbido en nivel de 200 Kg N ha<sup>-1</sup> durante todo el ciclo del cultivo para tres cultivares de arroz.

Según Deambrosi *et al.*, 2007, citado en Gabrielli y Pintos, (2013) en Uruguay, los cultivos de arroz para obtener los rendimientos promedio alcanzados a nivel comercial (superiores a 8 t ha<sup>-1</sup>) absorben aproximadamente 170 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, de los cuales según Fagueria, citado por Castillo et al. (2011) 90 Kg ha<sup>-1</sup> son extraídos en los granos, mientras que el resto queda en el rastrojo (tallos y hojas).

Solórzano, 2003, citado en Gabrielli y Pintos, (2013) en estudios tendientes a evaluar el patrón de absorción y acumulación de los principales nutrientes en arroz en relación a la acumulación de materia seca, encontró que las máximas tasas de acumulación de nitrógeno se dan a partir de inicio de primordio floral y durante llenado de grano. Por otro lado, observó un período de estancamiento donde las tasas de absorción son prácticamente nulas, correspondiente al período que va desde emergencia de la panícula hasta fecundación de las flores. El total de nitrógeno absorbido en el experimento fue de 151 Kg N ha<sup>-1</sup>.

#### **4.4. Determinación de eficiencias de uso de nitrógeno**

En el análisis de varianza del indicador Eficiencia Agronómica (EA) (Anexo 4) no se obtuvieron diferencias estadísticas para los métodos de riego, sin embargo, se encontró altas diferencias significativas para los niveles de nitrógeno aplicado. En la interacción de ambos factores tampoco se obtuvo diferencias significativas.

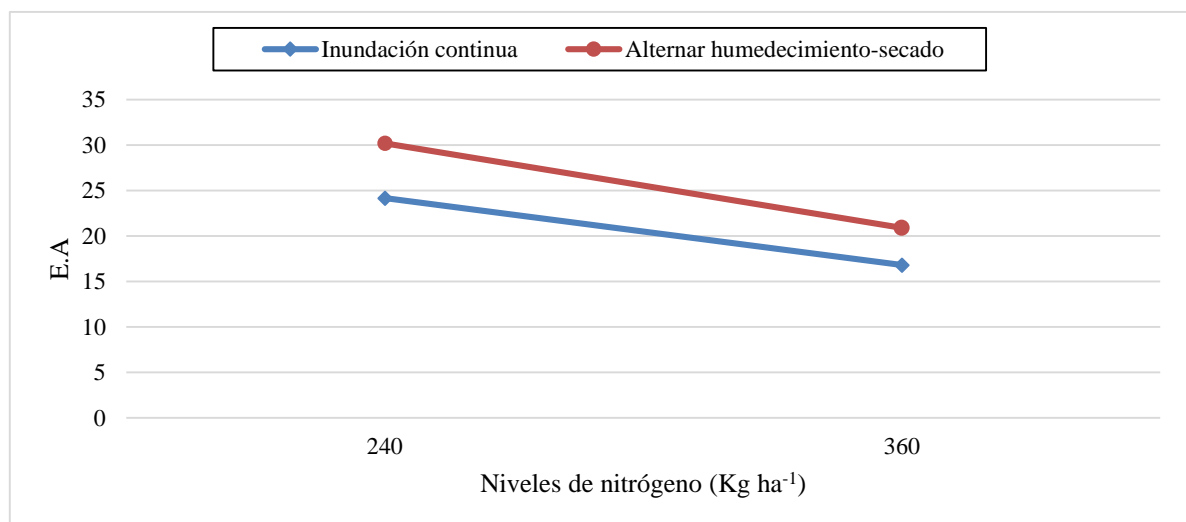
Para el indicador Eficiencia Fisiológica (EF) (Anexo 5) no se obtuvo diferencia estadística para métodos de riego, niveles de nitrógeno aplicado ni para la interacción de ambos factores. En el indicador Productividad Parcial (PP) (Anexo 6) no se obtuvieron diferencias significativas para métodos de riego, pero para los niveles de nitrógeno aplicado si se obtuvieron altas diferencias significativas, mientras que para la interacción de los factores en estudio no se encontraron diferencias significativas.

La Eficiencia Agronómica, mostró una tendencia decreciente, se observa que a medida que se incrementa la dosis de nitrógeno (Figura 7). En los niveles de nitrógeno aplicado 240 y 360 Kg N ha<sup>-1</sup> la eficiencia disminuyó con valor promedio de 27.19 a 18.86 kilogramos de arroz producido por kilogramo de nitrógeno aplicado (Tabla 8).

**Tabla 8: Eficiencia agronómica, fisiológica y productividad parcial para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

Tratamientos	<b>E.A</b>	<b>E.F</b>	<b>P.P</b>
	(Rdto. (nivel dado de N) – Rdto (nivel 0)/ Nivel de N usado)	(Rdto. (nivel dado de N)– Rdto (nivel 0)/ N absorbido (en un nivel dado – N absorbido (en nivel 0))	(Rdto. (nivel dado de N)/ Nivel de N aplicado)
<b>Métodos de riego</b>			
Inundación continua	20.49 a	30.93 a	35.8 a
Alternar humedecimiento-secado	25.56 a	37.52 a	34.46 a
<b>Niveles de N</b>			
0 Kg N ha <sup>-1</sup>			
240 Kg N ha <sup>-1</sup>	27.19 a	36.98 a	41.72 a
360 Kg N ha <sup>-1</sup>	18.86 b	31.48 a	28.54 B

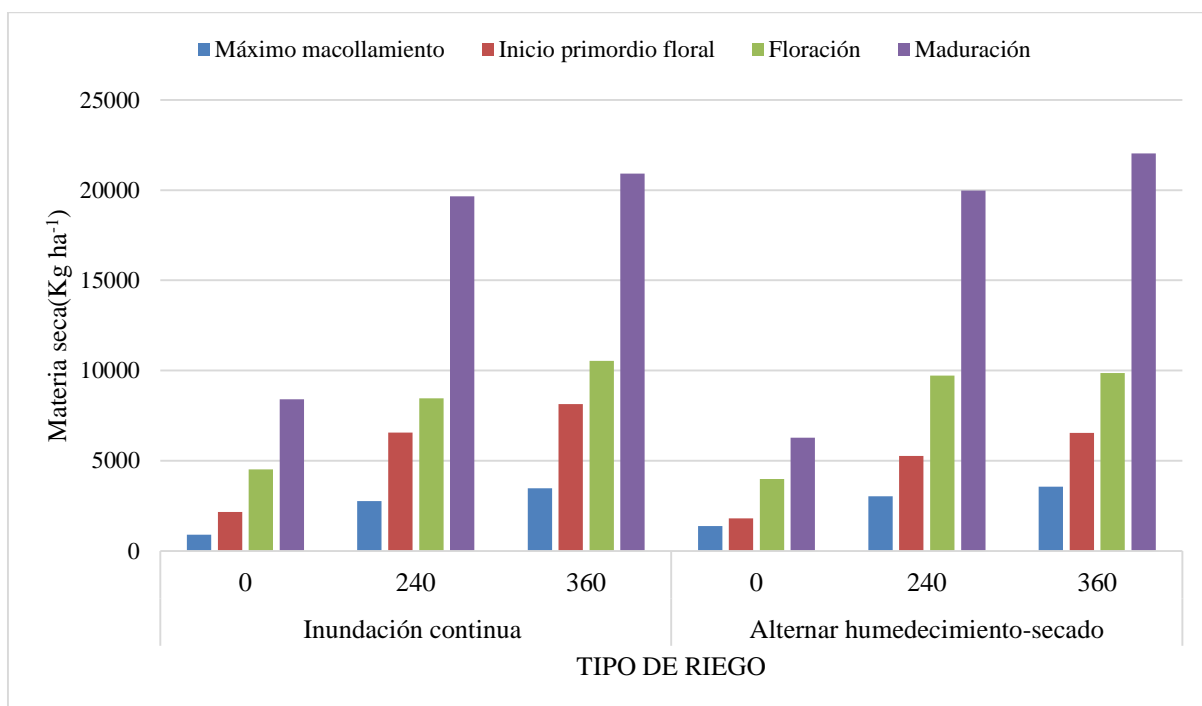
Para columnas dentro de métodos de riego y niveles de nitrógeno, los datos que tienen una letra en común no son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Duncan, al nivel de 5% de probabilidad.



**Figura 7: Eficiencia agronómica para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

#### 4.5. Materia seca

La materia seca en las fases fenológicas del cultivo se incrementó con las aplicaciones de nitrógeno (Figura 8), sin embargo, en los métodos de riego no se encontraron diferencias significativas, con excepción de la floración.



**Figura 8: Materia seca en las etapas fenológicas del cultivo (Kg ha<sup>-1</sup>) para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

En las etapas de máximo macollamiento (Anexo 7), floración (Anexo 9), y maduración (Anexo 10), se observó que no hubo una diferencia estadística significativa en la materia seca al comparar los métodos de inundaciones continuas y alternar humedecimiento y secado, pero en la etapa de inicio de primordio floral si hubo diferencias significativas siendo mayor en el método de riego por inundación continua (Anexo 8).

En los niveles de nitrógeno estudiados se determinó que hubo una diferencia altamente significativa (Tabla 9), siendo el nivel de 360 Kg N ha<sup>-1</sup> las que presentaron mayor materia seca en todas las etapas fenológicas, seguida por el nivel de 240 Kg N ha<sup>-1</sup> y por último el testigo sin nitrógeno presentó el menor peso en materia seca.

Respecto a la interacción entre los métodos de riego y dosis de nitrógeno, los resultados indicaron que no hubo significación.

En el estudio realizado por Cantou y Roel (2011), indican que el tiempo que transcurre entre la emergencia de la planta y el primer riego afecta a la acumulación de materia seca, según sus resultados indican que cuando el primer riego por inundación es cercano a la emergencia de las plantas, estas acumulan mayor materia seca.

**Tabla 9: Materia seca en g m<sup>-2</sup> en las etapas fenológicas del cultivo para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

<b>Tratamientos</b>	<b>MM (g m<sup>-2</sup>)</b>	<b>IPF (g m<sup>-2</sup>)</b>	<b>FLOR (g m<sup>-2</sup>)</b>	<b>MAD (g m<sup>-2</sup>)</b>
<b>Métodos de riego</b>				
Inundación continua	238.0 a	561.9 a	784.02 a	1632.53 a
Alternar humedecimiento-secado	265.67 <sup>a</sup>	453.42 b	785.25 a	1609.83 a
<b>Niveles de N</b>				
0 Kg N ha <sup>-1</sup>	113.75 c	197.7 c	424.82 c	734.35 c
240 Kg N ha <sup>-1</sup>	289.5 b	590.63 b	908.7 b	1981.38 b
360 Kg N ha <sup>-1</sup>	352.25 a	590.63 a	1020.38 a	2147.82 a

M.S=Materia seca. MM=Máximo Macollamiento. IPF=Inicio del Primordio Floral. FLOR=Floración.

MAD=Maduración N=Nitrógeno.

Para columnas dentro de métodos de riego y niveles de nitrógeno, los datos que tienen una letra en común no son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Duncan, al nivel de 5% de probabilidad.

#### **4.6. Índice de cosecha**

En la evaluación del índice de cosecha se obtuvieron resultados con pequeñas diferencias entre métodos de riego (Anexo 11). Los valores más altos en promedio fueron las de inundación continua con 48.04% mientras que el riego de alternar humedecimiento y secado tuvo un 47.02%. (Tabla 10). Las diferencias no fueron significativas.

Los valores para los niveles de nitrógeno fueron idénticos (48%), y estos resultados no tuvieron diferencia estadística.



Resultados similares reportó Borrell *et al.*, (1997), que indica el índice de cosecha en las parcelas donde se utilizó el método de riego de alternar humedecimiento y secado fueron similares al de las parcelas con métodos de riego tradicionales.

**Tabla 10: Índice de cosecha en porcentaje (%) para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

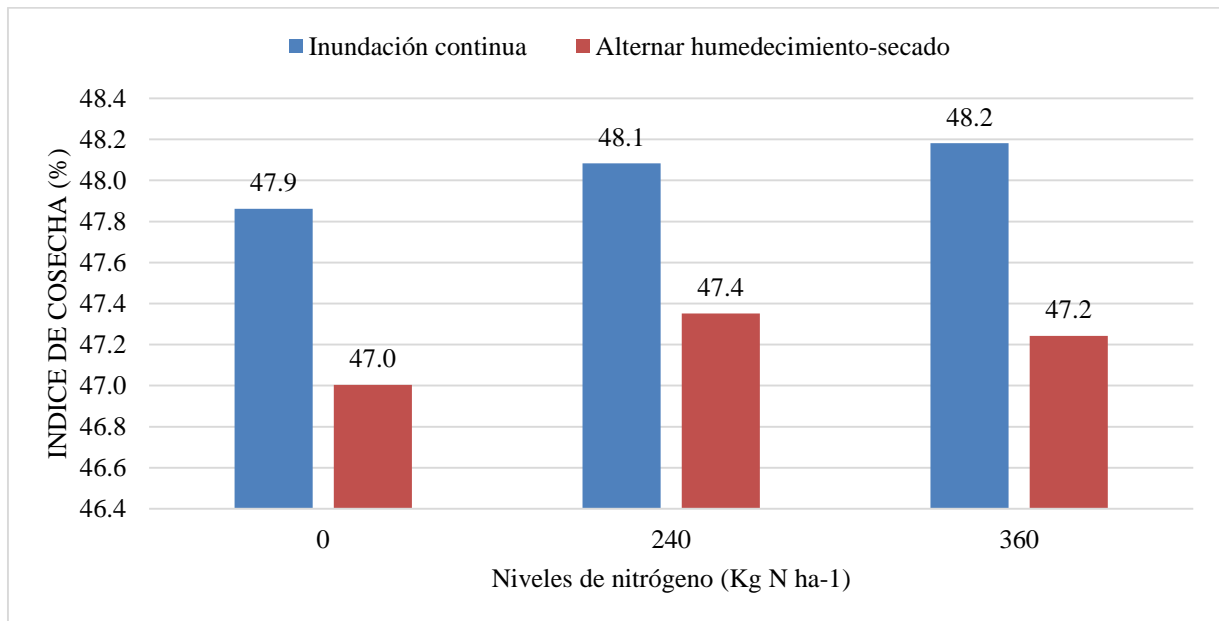
Métodos de Riego	Índice de cosecha %	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Índice de cosecha %	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>
Inundación continua	48	a	240	48	A
Alternar humedecimiento -secado	47	a	360	48	A
			0	47	A

<sup>(1)</sup>Para columnas dentro de métodos de riego y niveles de nitrógeno, los datos que tienen una letra en común no son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Duncan, al nivel de 5% de probabilidad.

Según Belder *et al.*, (2004) el índice de cosecha esta significativamente afectado por el régimen hídrico, mas no por el nivel de nitrógeno aplicado. El índice de cosecha fue de 51% a 53% en las parcelas con riego de inundación continua y de 47% a 48% en las parcelas con riego de alternar humedecimiento y secado.

En la interacción de riegos con niveles de nitrógeno, los valores fueron mayores en los tratamientos con riego de inundación continua, pero no se observó diferencia estadística con el tratamiento de alternar humedecimiento-secado (Figura 9).

La técnica de riego alternar humedecimiento-secado y riego por secado moderado del suelo se podrían usar en todos los sistemas de tierras bajas irrigadas. En los últimos años, estas técnicas se han extendido a la producción de arroz en el sudeste de China y han mejorado efectivamente el índice de cosecha en el campo de la producción comercial (Yang *et al.*, 2007 como se citó en Yang and Zhang, 2010).



**Figura 9: Índice de cosecha (%) para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

#### 4.7. Componentes de rendimiento

En el caso de la variable número de panículas ( $m^2$ ) los resultados obtenidos en el análisis de varianza, demostraron que no se tiene diferencias estadísticas significativas entre los métodos de riego (Anexo 12). Los niveles 240 y 360  $Kg N ha^{-1}$  fueron iguales estadísticamente con valores promedio de 400 y 427 panículas ( $m^2$ ) respectivamente, pero presentaron diferencias estadísticas con respecto al nivel 0  $Kg N ha^{-1}$  (testigo). (Tabla 11).

**Tabla 11: Numero de panículas ( $m^2$ ) para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

Métodos de Riego	Panículas ( $m^2$ )	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>	Niveles ( $Kg N ha^{-1}$ )	Panículas ( $m^2$ )	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>
Inundación continua	360	a	360	427	A
Alternar humedecimiento-secado	336	a	240	400	A
			0	217	B

<sup>(1)</sup>Para columnas dentro de métodos de riego y niveles de nitrógeno, los datos que tienen una letra en común no son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Duncan, al nivel de 5% de probabilidad.

Además, en el análisis de varianza no hubo diferencia estadística significativa para la interacción de métodos de riegos con niveles de nitrógeno (Anexo 12), lo cual nos indica que ambos factores actúan de manera independiente sobre número de panículas.

En el análisis de varianza para la variable longitud de panícula (Anexo 13) se observa altas diferencias estadísticas para los niveles de nitrógeno aplicados mientras que para los métodos de riego no se encontró diferencia estadística al igual que para la interacción de dichos factores.

Los niveles de nitrógeno aplicado 240 y 360 Kg N ha<sup>-1</sup> fueron iguales estadísticamente con valores promedios de 30 y 32cm de longitud de panícula respectivamente, pero presentaron altas diferencias estadísticas con respecto al nivel 0 Kg N ha<sup>-1</sup> (testigo sin nitrógeno) con 16 cm. (Tabla 12).

Para los métodos de riego se encontraron diferencias, en promedio la longitud de las panículas fue 27 cm para el método de inundación continua y 25 cm las panículas de las plantas bajo riego de alternar humedecimiento-secado, esta diferencia no fue estadísticamente significativa.

**Tabla 12: Longitud de panícula (cm) para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

Métodos de Riego	Longitud de panícula (cm)	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Longitud de panícula (cm)	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>
Inundación continua	27	a	360	32	A
Alternar humedecimiento-secado	25	a	240	30	A
			0	16	B

<sup>(1)</sup>Para columnas dentro de métodos de riego y niveles de nitrógeno, los datos que tienen una letra en común no son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Duncan, al nivel de 5% de probabilidad.

En el análisis de varianza para la variable grano lleno por panícula (Anexo 14) se observa altas diferencias estadísticas para los niveles de nitrógeno aplicados. Para los métodos de riego no se encontró diferencia estadística al igual que para la interacción de dichos factores.

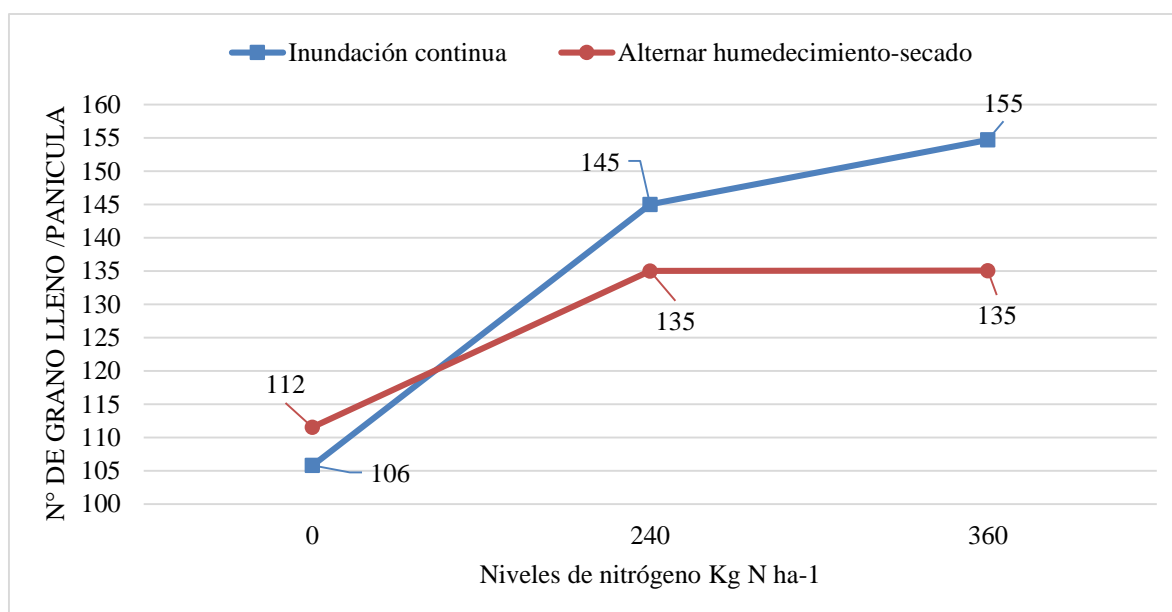
Los niveles de nitrógeno aplicado 240 y 360 Kg N ha<sup>-1</sup> no presentaron diferencia estadística entre sí, los valores promedios del número de granos llenos por panícula fueron 140 y 145 granos respectivamente, pero presentaron altas diferencias estadísticas en comparación al nivel 0 Kg N ha<sup>-1</sup> (testigo) con 109. (Tabla 13).

**Tabla 13: Número grano lleno por panícula para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

Métodos de Riego	Nº Grano Lleno por Panícula	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Nº Grano Lleno por Panícula	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>
Inundación continua	135	a	360	145	A
Alternar humedecimiento-secado	128	a	240	140	A
			0	109	B

<sup>(1)</sup>Para columnas dentro de métodos de riego y niveles de nitrógeno, los datos que tienen una letra en común no son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Duncan, al nivel de 5% de probabilidad.

En los métodos de riego utilizados se encontraron diferencias, en promedio el número de grano lleno por panícula fue 135 para el método de inundación continua y 128 granos por panícula para el riego de alternar humedecimiento-secado, esta diferencia no fue suficiente para ser estadísticamente significativa.



**Figura 10: Número de granos llenos por panícula para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

Para la variable grano peso de 1000 granos en el análisis de varianza (Anexo 15) se tiene altas diferencias estadísticas para los niveles de nitrógeno aplicados. En los métodos de riego no se encontró diferencia estadística al igual que para la interacción de dichos factores.

Los niveles de nitrógeno aplicado 240 y 360 Kg N ha<sup>-1</sup> no presentaron diferencia estadística entre sí, los valores promedios del peso de 1000 granos fueron 26.95 y 27.32 gramos respectivamente, pero presentaron altas diferencias estadísticas en comparación al nivel 0 Kg N ha<sup>-1</sup> (testigo) con 25.52. (Tabla 14).

Pan (*et al.*, 2017) reportaron que los métodos de riego, convencional y de ahorro de agua, no tienen efecto sobre los componentes de rendimiento. No hubo interacciones significativas entre los métodos de riego y niveles de nitrógeno. Por el contrario, el nitrógeno si afectó significativamente el número de panículas por metro cuadrado.

En los métodos de riego utilizados se encontraron diferencias, en promedio el peso de 1000 granos fueron 26.71 gramos para el método de inundación continua y 26.48 gramos para el riego de alternar humedecimiento y secado, las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

El número de panículas por unidad de superficie o por planta, es determinado en gran parte durante la fase vegetativa y depende del número de macollos formados y de las disponibilidades de nutrimentos, agua y de espacio (CIAT, 1985 como citaron Degiovanni *et al.*, 2004).

**Tabla 14: Peso de 1000 granos para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

Métodos de Riego	Peso de 1000 granos	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Peso de 1000 granos	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>
Inundación continua	26.71	a	240	27.32	A
alternar humedecimiento - secado	26.48	a	360	26.95	A
			0	25.52	B

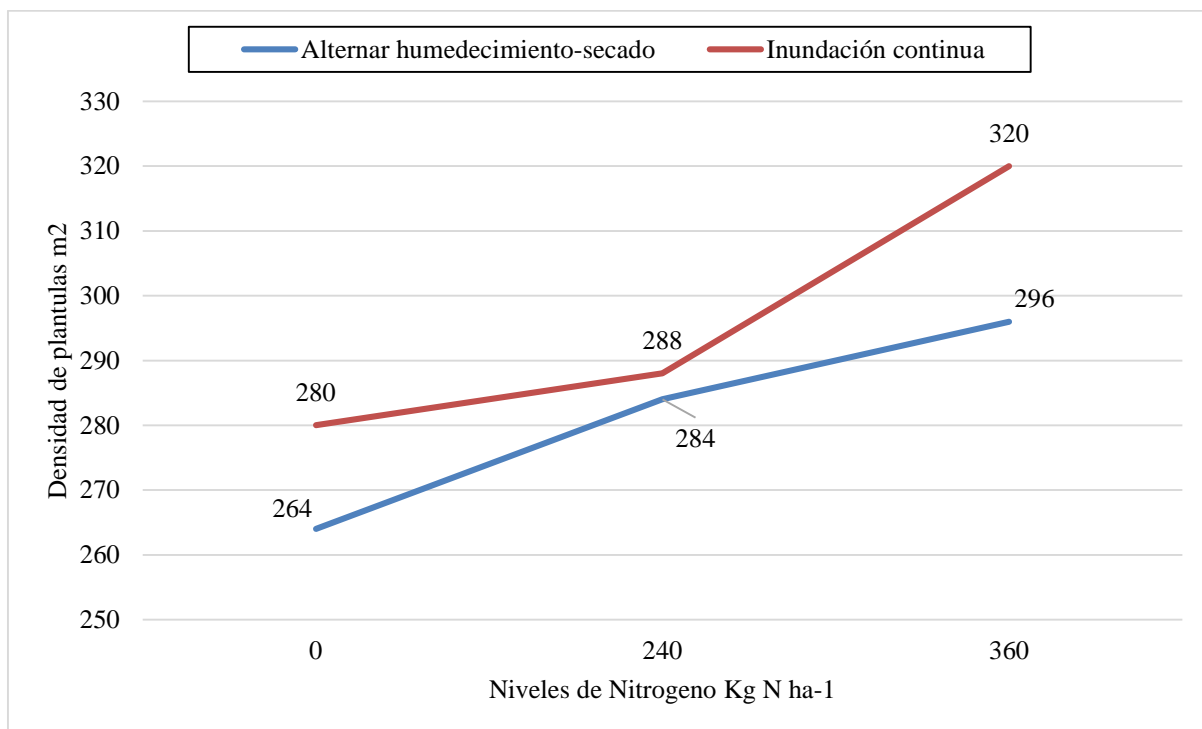
<sup>(1)</sup>Para columnas dentro de métodos de riego y niveles de nitrógeno, los datos que tienen una letra en común no son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Duncan, al nivel de 5% de probabilidad.

Existen referencias que indican que el porcentaje de granos llenos no es afectado significativamente por los métodos de riego de inundaciones continuas y alternar humedecimiento-secado. Este porcentaje fue de 87 a 94% para ambos métodos. El porcentaje de granos llenos se vio significativamente afectado por la dosis de nitrógeno y fue de 77, 81 y 85% para 0 Kg N ha<sup>-1</sup>, 90 Kg N ha<sup>-1</sup> y 180 Kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Belder *et al.*, 2004).

Thakur *et al.*, (2018), reportaron que el manejo del agua en la etapa pos -vegetativa no tiene un efecto significativo en el número de panículas. Los otros componentes del rendimiento (número de granos por panícula, granos llenos y peso de 1000 granos) variaron significativamente en respuesta a las prácticas de manejo del agua impuestas después del inicio de la panícula.

#### **4.8. Densidad de plántulas**

La densidad de plántulas se determinó a los diez días después de la emergencia. No presentaron diferencias significativas entre los métodos de riego, niveles de nitrógeno ni interacción entre ambos factores, indicando uniformidad de siembra. La cantidad de plántulas emergidas variaron de 264 por m<sup>2</sup> hasta 320 por m<sup>2</sup> determinadas en las sub parcelas (Figura 11).



**Figura 11: Densidad de plántulas por sub parcela en 1 m<sup>2</sup> para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

#### 4.9. Macollamiento

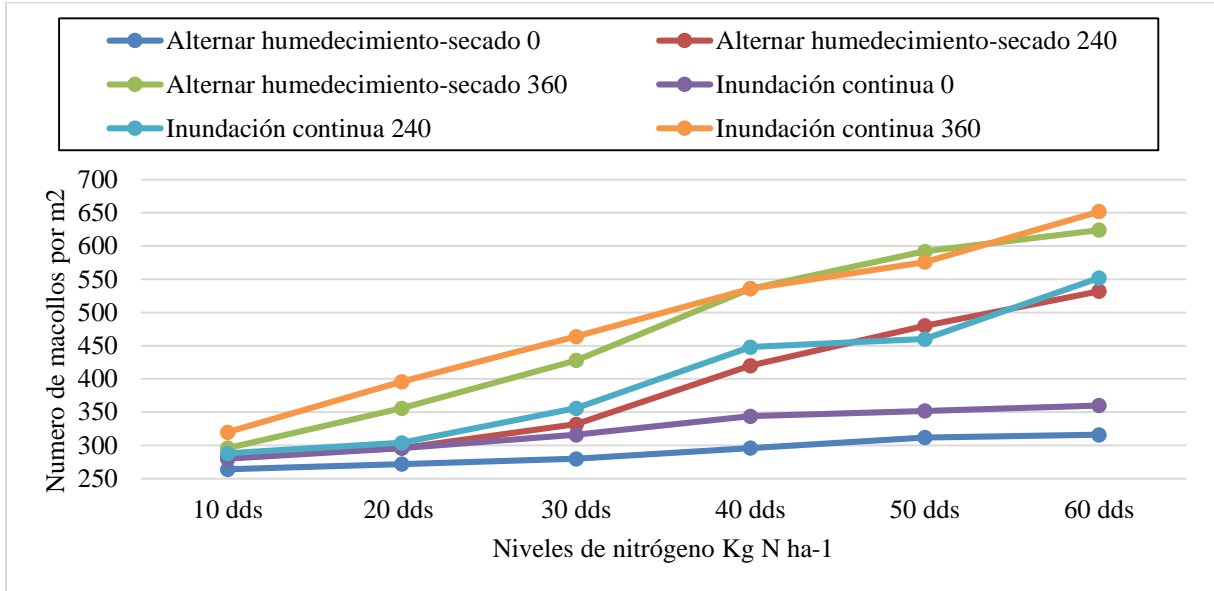
En el análisis de varianza del número de macollos al Máximo Macollamiento a los 60 días después del riego de germinación (Anexo 17), se encontró diferencias altamente significativas entre los niveles de nitrógeno (Tabla 15), pero para los métodos de riego y la interacción de estos con niveles de nitrógeno no se encontró diferencias significativas.

**Tabla 15: Número de macollos por m<sup>2</sup> al máximo macollamiento para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

Métodos de Riego	Macollos	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Macollos en m <sup>2</sup>	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>
Inundación Continua	521	a	360	638	A
Alternar humedecimiento-secado	491	a	240	542	B
			0	338	C

<sup>(1)</sup>Para columnas dentro de métodos de riego y niveles de nitrógeno, los datos que tienen una letra en común no son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Duncan, al nivel de 5% de probabilidad.

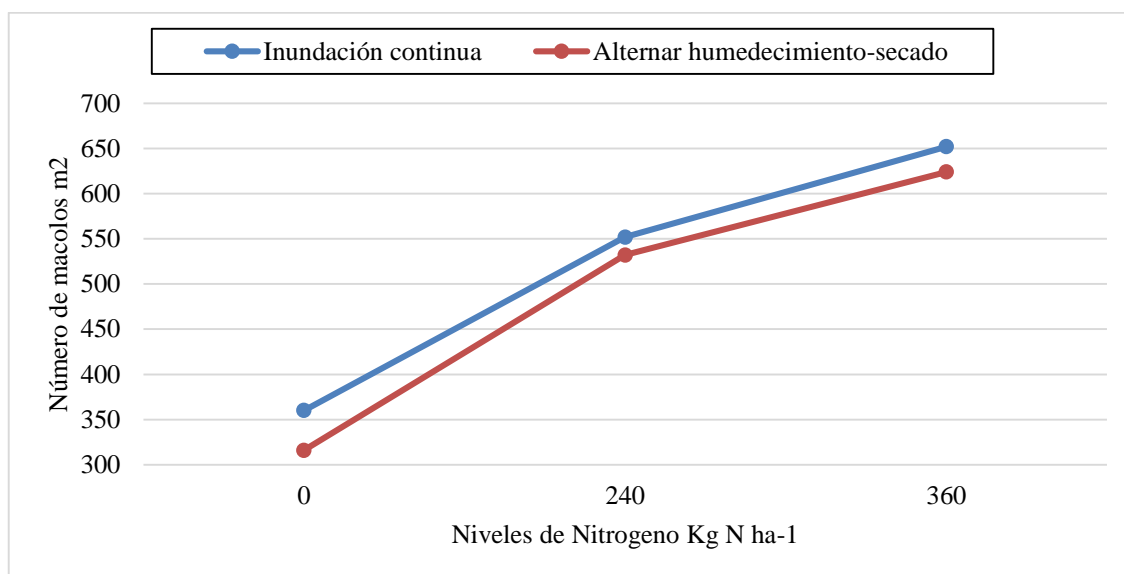
La producción de macollos tuvo alta respuesta significativa con los niveles de nitrógeno aplicados, como se observa en la Figura 12.



**Figura 12: Número de macollos promedio por sub parcela en 1 m<sup>2</sup> medidos cada diez días después de la emergencia hasta el máximo macollamiento para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

El nivel de nitrógeno que tuvo mayor respuesta fue 360 Kg N ha<sup>-1</sup>, tanto para riego por inundación continua como para alternar humedecimiento-secado. En promedio se obtuvo 652 y 624 macollos por m<sup>2</sup> respectivamente, mientras que en el tratamiento 0 Kg N ha<sup>-1</sup>, se obtuvo 360 y 316 macollos por m<sup>2</sup> respectivamente (Figura 13).





**Figura 13: Número de macollos en el punto de máximo macollamiento en 1m2 para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

#### 4.10. Floración al 50%

El 50% de floración en las sub parcelas se alcanzó en diferentes fechas, la primera fue a los 91 días después de la siembra, en las parcelas que no contaron con dosis de nitrógeno, las segundas en alcanzar este etapa fueron las sub parcelas con 240 Kg N ha<sup>-1</sup> con 96 días después de la siembra, y las ultimas sub parcelas en llegar al 50% de floración, fueron las que tuvieron 360 Kg N ha<sup>-1</sup> a los 98 días después de la siembra, Esta diferencia puede deberse a las dosis de nitrógeno, ya que el periodo vegetativo puede prolongarse por la disponibilidad de este nutriente (Tabla 16).

**Tabla 16: Floración 50% para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

Métodos de Riego	Niveles de nitrógeno Kg N ha <sup>-1</sup>	Días después de la siembra
Inundación continua	0	91
	240	96
	360	98
Alternar humedecimiento – secado	0	91
	240	96
	360	98

Una variedad de 120 días, cuando el crecimiento es en un ambiente tropical toma alrededor de 60 días en la fase vegetativa, y 30 días cada uno en la fase reproductiva y de maduración (Sharma y Singh, 1999 como se citó en Degiovanni *et al.*, 2004).

Degiovanni *et al.*, (2004) realizaron estudios en la fenología de 3 variedades precoces de arroz, observando que las fechas de floración al 50% variaron entre 83 a 85 días después de la siembra.

#### 4.11. Altura de la planta a la cosecha

En el análisis de varianza de altura de planta, se obtuvo diferencias estadísticas en los valores de los métodos de riego (Anexo 18), siendo mayor el método de inundaciones continuas con 79 cm de altura (Tabla 17).

En los niveles de nitrógeno se obtuvieron diferencias estadísticas entre las sub parcelas con nitrógeno aplicado y sin aplicar (Figura 14). Entre los niveles de nitrógeno 240 Kg N ha<sup>-1</sup> y 360 Kg N ha<sup>-1</sup> no hubo diferencias estadísticas.

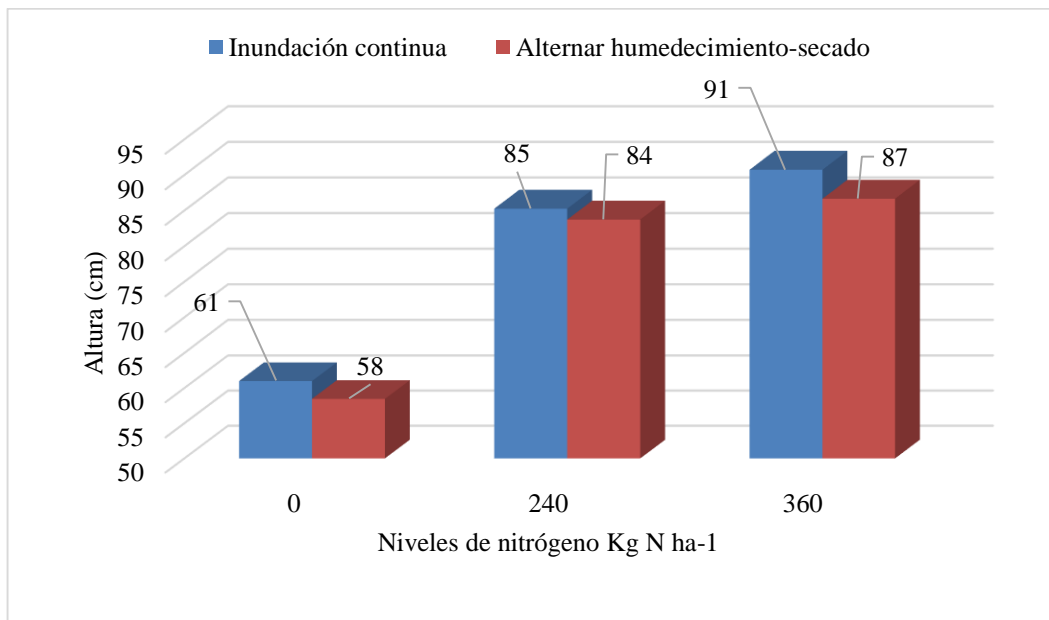
**Tabla 17: Altura de planta a la cosecha (cm) para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

Métodos de Riego	Altura (cm)	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Altura (cm)	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>
Inundación continuas	79	A	360	89	A
Alternar humedecimiento - secado	76	B	240	85	A
			0	60	B

<sup>(1)</sup>Para columnas dentro de métodos de riego y niveles de nitrógeno, los datos que tienen una letra en común no son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Duncan, al nivel de 5% de probabilidad.

Según el análisis de varianza no hubo diferencia estadística para la interacción de métodos de riegos con niveles de nitrógeno (Anexo 18), lo que indica que ambos factores actúan de manera independiente sobre la altura de planta.

La deficiencia de nitrógeno reduce la altura de la planta, el índice de área foliar, y la tasa fotosintética del cultivo, y conduce a una menor intercepción de la radiación y de eficiencia en el uso de la radiación (Fageria *et al.*, 2003).



**Figura 14: Altura de planta a la cosecha (cm) para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

Según Alou *et al.*, (2018) indicaron que el estrés hídrico durante el macollamiento afecta a la altura de la planta en un 17.8% a 30% en la temporada seca o húmeda respectivamente, en relación al tratamiento sin estrés hídrico. Sí el estrés hídrico se presente durante el inicio de primordio foliar, la altura de planta es afectada entre 14.3% y 20.8% en la temporada seca o húmeda respectivamente en comparación con el tratamiento sin estrés. Mejorar la recuperación en la altura de la planta si el estrés ocurre alrededor de las etapas iniciales de crecimiento es importante para mejorar el rendimiento.

#### 4.12. Calidad molinera

En el análisis de varianza para la variable calidad molinera (rendimiento de molinería en porcentaje, porcentaje de grano entero y grano quebrado) no hubo diferencias estadísticas para el tipo de método de riego e interacción de ambos factores, sin embargo, hubo diferencia estadística para los niveles de nitrógeno aplicado en rendimiento de molinería y porcentaje de grano entero (Anexo 19, 20, 21).

Entre los niveles de nitrógeno aplicado 0 y 360 Kg N ha<sup>-1</sup> hubo diferencias estadísticas para el porcentaje rendimiento de molinería y para porcentaje de grano entero. El mejor resultado lo obtuvo el nivel de 360 Kg N ha<sup>-1</sup> con 70.38 % y 66.67 % para rendimiento de molinería y grano entero respectivamente. Mientras que los menores valores fueron obtenidos por el nivel de nitrógeno aplicado 0 Kg N ha<sup>-1</sup> con 69.2 % y 65.03 % para rendimiento de molinería y grano entero respectivamente (Tabla 18).

**Tabla 18: Calidad molinera para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Rdto. molinería (%)</b>	<b>Grano entero (%)</b>	<b>Grano quebrado (%)</b>
<b>Métodos de riego</b>			
Inundación continua	69.72 a	65.64 a	4.08 a
Alternar humedecimiento – secado	69.87 a	66.04 a	3.83 a
<b>Niveles de N</b>			
0 kg N ha <sup>-1</sup>	69.20 b	65.08 b	4.12 a
240 kg N ha <sup>-1</sup>	69.80 ab	65.77 ab	4.03 a
360 kg N ha <sup>-1</sup>	70.38 a	66.68a	3.70 a

Para columnas dentro de métodos de riego y niveles de nitrógeno, los datos que tienen una letra en común no son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Duncan, al nivel de 5% de probabilidad.

#### **4.13. Características biométricas del grano**

En el análisis de varianza para la variable característica biométrica (longitud, espesor de grano de arroz cascara) (Anexo 22, 24) se tienen diferencias estadísticas para los niveles de nitrógeno aplicados. En los métodos de riego no se encontró diferencia estadística al igual que para la interacción de dichos factores. Para el ancho del grano no se presentaron diferencias estadísticas en los factores evaluados (Anexo 23).

Los niveles de nitrógeno aplicados (240 y 360 Kg N ha<sup>-1</sup>) no presentaron diferencia estadística entre sí, los valores promedios de longitud de grano fueron 9.80 y 9.83 mm, pero presentaron diferencias estadísticas en comparación al nivel 0 Kg N ha<sup>-1</sup> (testigo sin nitrógeno) con 9.51 mm. (Tabla 19).

Para el espesor de grano se presentó el mismo resultado, no hubo diferencia estadística entre los niveles de nitrógeno aplicado 240 y 360 Kg N ha<sup>-1</sup>, pero si presentaron diferencia estadística en comparación al nivel 0 Kg N ha<sup>-1</sup> (testigo).

**Tabla 19: Características biométricas del grano en cascara para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

<b>Tratamientos</b>	Longitud de grano (mm)	Ancho de grano (mm)	Espesor de grano (mm)
<b>Métodos de riego</b>			
Inundación continua	9.76 a	2.67 a	2.01 a
Alternar humedecimiento - secado	9.67 a	2.62 a	1.97 a
<b>Niveles de N</b>			
0 kg N ha <sup>-1</sup>	9.51 b	2.63 a	1.95 b
240 kg N ha <sup>-1</sup>	9.80 a	2.66 a	2.00 a
360 kg N ha <sup>-1</sup>	9.83 a	2.66 a	2.03 a

Para columnas dentro de métodos de riego y niveles de nitrógeno, los datos que tienen una letra en común no son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Duncan, al nivel de 5% de probabilidad.

#### 4.14. Índice de traslucencia

En el análisis de varianza para la variable índice de traslucencia no se encontró diferencias significativas para los métodos de riego, los niveles de nitrógeno aplicado ni para la interacción de ambos factores (Anexo 25). En los niveles de nitrógeno aplicado 0, 240 y 360 Kg N ha<sup>-1</sup> los valores promedios fueron 0.06, 0.07 y 0.08 respectivamente (Tabla 20).

**Tabla 20: Índice de traslucencia para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

Métodos de Riego	Índice de traslucencia	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Índice de traslucencia	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>
Inundación continua	0.07	A	360	0.08	a
Alternar humedecimiento - secado	0.07	a	240	0.07	a
			0	0.06	a

<sup>(1)</sup>Para columnas dentro de métodos de riego y niveles de nitrógeno, los datos que tienen una letra en común no son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Duncan, al nivel de 5% de probabilidad.

De acuerdo a los valores promedios obtenidos para el índice de traslucencia al ser menores de 0.7, nos indica, que la apariencia de las muestras de arroz evaluadas son muy buenas.

#### 4.15. Grado de dispersión alcalina

En el análisis de varianza para la variable dispersión alcalina no se obtuvo diferencias estadísticas en métodos de riego, niveles de nitrógeno aplicado ni en la interacción de ambos factores (Anexo 26). En la (Tabla 21) se muestran los valores promedios hallados en la prueba de Duncan al 5% de probabilidad.

**Tabla 21: Grado de dispersión alcalina para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

Métodos de Riego	Grado Dispersión	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Grado Dispersión	Prueba Duncan 0.05 <sup>(1)</sup>
Inundación continua	5.33	A	360	5.5	a
Alternar humedecimiento - secado	5.17	A	240	5.25	a
			0	5	a

<sup>(1)</sup>Para columnas dentro de métodos de riego y niveles de nitrógeno, los datos que tienen una letra en común no son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Duncan, al nivel de 5% de probabilidad.

#### 4.16. Calidad culinaria

En el análisis de varianza para el grado de expansión del arroz pilado (Anexo 27), se encontraron diferencias estadísticas entre los niveles de aplicación de nitrógeno. El mayor valor se obtuvo con 360 Kg N ha<sup>-1</sup> con un valor promedio de 31.63 % de grado de expansión y el valor más bajo promedio fue del nivel 240 Kg N ha<sup>-1</sup> con 28.10 % de grado de expansión (Tabla 22).

Para volumen de agua (ml) y tiempo de cocción (min) en los análisis de varianza (Anexo 28, 29) no hubo diferencias estadísticas para el método de riego, niveles de nitrógeno aplicado ni para la interacción de ambos factores.

**Tabla 22: Calidad culinaria de arroz pilado para métodos de riego y niveles de nitrógeno.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Grado de expansión (%)</b>	<b>Volumen de Agua (ml)</b>	<b>Tiempo de cocción (min)</b>
<b>Métodos de riego</b>			
Inundación continua	29.18 a	143.67 a	21.33 a
Alternar humedecimiento - secado	28.08 a	142.17 a	21.67 a
<b>Niveles de N</b>			
0 kg N ha <sup>-1</sup>	28.10 b	142.75 a	21.75 a
240 kg N ha <sup>-1</sup>	26.18 b	143.50 a	21.50 a
360 kg N ha <sup>-1</sup>	31.63 a	142.50 a	21.25a

Para columnas dentro de métodos de riego y niveles de nitrógeno, los datos que tienen una letra en común no son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Duncan, al nivel de 5% de probabilidad.

## V. CONCLUSIONES

Entre los métodos de riego de alternar humedecimiento y secado e inundación continua, no hubo significación estadística entre los rendimientos obtenidos, indicando que los periodos de secas en la fase vegetativa no afectaron los rendimientos en grano.

El nivel de 240 Kg N ha<sup>-1</sup> (10.05 t ha<sup>-1</sup>) produjo un rendimiento en grano estadísticamente similar a la dosis de 360 Kg N ha<sup>-1</sup> (9.80 t ha<sup>-1</sup>) y el método de riego de alternar humedecimiento y secado no afectó la eficiencia de uso de nitrógeno.

Para ambos métodos de riego el nivel de 240 Kg N ha<sup>-1</sup> fue el de mayor eficiencia de uso de nitrógeno

La calidad industrial en términos de rendimiento de arroz pilado no fue afectada por el método de riego de alternar humedecimiento y secado, siendo similar estadísticamente al obtenido en el método de riego de inundación continua.



## **VI. RECOMENDACIONES**

Estudiar el método de riego de alternar humedecimiento y secado en diferentes ambientes y años con distintos niveles de nitrógeno para su difusión y uso por los agricultores.

Evaluar la influencia del método de riego de alternar humedecimiento y secado, en la proliferación de malezas para su difusión del método, en las áreas de alta incidencia de malezas.

Investigar las respuestas de los diferentes cultivares comerciales manejados con el método de riego de alternar humedecimiento y secado para identificar al más adaptado.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrobanco. (2013). Manejo integrado en el cultivo de arroz. Rioja. Perú. p. 26
- Alfonzo, N.; España, M.; López, M.; Cabrera, E.; Abreu, P. (2012). Eficiencia de uso del nitrógeno en arroz de secano en un suelo ácido del occidente del estado. *Agronomía tropical*, 61(3-4): 215-220.
- Alou, N.; Steyn, J.; Annandale, J.; Van der Laan, M. (2018). Growth, phenological, and yield response of upland rice (*Oryza sativa* L. cv. Nerica 4®) to water stress during different growth stages. *Agricultural Water Management*, 198: 39-52.
- Avila, A.; Campos, R.; Carlesso, R.; Cezimbra, D.; Machado, L.; Massey, H.; Refatti, J. (2015). Rice Water Use Efficiency and Yield under Continuous and Intermittent Irrigation. *Agronomy Journal*, 107:442-448.
- Belder, P.; Spiertz, J.; Bouman, B.; Lu, G.; Tuong, T. (2004). Nitrogen economy and water productivity of lowland rice under water-saving irrigation. *Huazhong Agricultural University* 93: 193-210.
- Benavides, H. & Segura, O. (2005). El entorno internacional del sector arrocero Centroamericano. San José, Costa Rica: IICA
- Betrán, J.; Andreu, J.; Delgado, I.; Espada, J.; Gil, M.; Gutiérrez, M.; Yagüe, M. (2006). Fertilización Nitrogenada: Guía de actualización Recuperado de [https://citarea.citaraagon.es/citarea/bitstream/10532/868/1/10532-105\\_11.pdf](https://citarea.citaraagon.es/citarea/bitstream/10532/868/1/10532-105_11.pdf)

- Böcking B.; Bandeira S.; Carnelli J.; García C.; Gusonni A.; Henderson J.; Moor J. (2009 - 2010). Riego intermitente una alternativa que debemos ir incorporando en nuestros sistemas de riego. INIA 612: 1-23.
- Borrell A.; Fukai, S.; Garside, A. (1997). Improving efficiency of water use for irrigated rice in a semi-arid tropical environment. *Field Crops Research* 52 (3): 10-231.
- Bueno, S.; Bucourt M.; Kobayashi N.; Inubushi K.; Lafarge T. (2010). Water productivity of contrasting rice genotypes grown under water-saving conditions in the tropics and investigation of morphological traits for adaptation. *Agricultural Water Management* 98 (2): 241-250.
- Calzada J. (1954). Experimentación Apícola. Ediciones Agro-ganaderas. Lima, Perú.
- Cantou G.; Roel A. (2011). Manejo del riego: productividad del agua. Uruguay. Recuperado de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/9553/1/cap2-p.1-12.pdf>
- Cantrell, R. (2002). Water-wise Rice Production *In: Bouman BAM, H. Hengsdijk, B. Hardy, PS Bindraban, TP Tuong, y Ladha JK (ed) Water-wise Rice Production:Foreword.* International Rice Research Institute. Los Baños, Philippines.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. (1989). Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. Guía de estudios para ser usado como complemento auditotal 73.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. (2010). Producción Ecoeficiente del Arroz en América 370: 1-447.
- Degiovanni V.; Gómez J.; Sierra, M. (2004). Análisis de crecimiento y etapas de desarrollo de tres variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) en Montería. *Temas Agrarios* 9(1): 21-29.

- Dobermann. (2007). Nutrient Use Efficiency – Measurement and management. IFA Internacional Workshop on fertilizar best management practices. Recuperado de: [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/53b43dad9c126e27032579050071b657/\\$FILE/Ciampitti%20y%20Garcia%20-%20Balances%20y%20Eficiencia%20Nutrientes%202007.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/53b43dad9c126e27032579050071b657/$FILE/Ciampitti%20y%20Garcia%20-%20Balances%20y%20Eficiencia%20Nutrientes%202007.pdf)
- Ezpinoza, B. (2014). Efecto de la aplicación de dosis altas y bajas de nitrógeno en combinación con cuatro niveles de ácidos húmicos de degradación lenta en arroz (*Oryza sativa* L.) (Tesis de grado, Universidad de Guayaquil). Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6503/1/ESPINOZALarretaPABLO.pdf>
- Fageria, K.; Slatonb, A.; Baligarc, C. (2003). Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. *Advances in Agronomy* 80: 63-152.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2004). Año internacional del arroz, el arroz es vida. Recuperado de <http://www.fao.org/rice2004/es/f-sheet/hoja3.pdf>
- Franquet, M. (2018). El nuevo sistema de siembra en seco del arroz. Recuperado de: [http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:UNEDCentroAsociadoTortosa-Libros-7160/Franquet\\_Bernis\\_Nuevosistema.pdf](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:UNEDCentroAsociadoTortosa-Libros-7160/Franquet_Bernis_Nuevosistema.pdf)
- Fuentes, L. (2009). Efecto de la siembra directa y el trasplante en el rendimiento de arroz, en áreas de productores privados. (Tesis de grado). Centro Universitario Vladimir I Lennin – Las Tunas.
- Gonzalez, M. & Alonso, A. (2018). Tecnologías para ahorrar agua en el cultivo de arroz. *NOVA* 13 (26): 67-82. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v14n26/v14n26a07.pdf>
- Global Rice Science Partnership, GRISP. (2013). Rice almanac 4th Edition. Los Baños, Philippines. Recuperado de [http://books.irri.org/9789712203008\\_content.pdf](http://books.irri.org/9789712203008_content.pdf).

- Gutierrez, M. (2011). Evaluación de cinco niveles de nitrógeno en tres densidades de siembra, sobre el comportamiento agronómico, productivo e industrial del cultivo de arroz (*oryza sativa, l*) material promisorio “LP-5”. (Tesis de grado) Tecnológico de Costa Rica.
- Hirel, B.; Le Gouis, J.; Ney, B.; Gallais, A. (2017). The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *Journal of Experimental Botany* 58(9) : 2369–2387.
- Iniciativas de Economía Alternativa y Solidaria, IDEAS. (2007). La producción y el comercio internacional de arroz. Córdoba, España. Recuperado de: <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REE71I56p.pdf>
- International Rice Research Institute, IRRI. (2013). Smart water technique for rice. International Rice Research Institute. Recuperado de: [http://agritech.tnau.ac.in/agriculture/pdf/csa\\_pdf/Smart\\_water\\_technique\\_for\\_rice.pdf](http://agritech.tnau.ac.in/agriculture/pdf/csa_pdf/Smart_water_technique_for_rice.pdf)
- McAllister, CH.; Beatty, P.; Good, A. (2012). Engineering nitrogen use efficient crop plants: the current status. *Plant Biotechnol.* 10:11–25
- Ministerio de Agricultura MINAG.; Dirección General de Competitividad Agraria DGCA. (2013). CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa L.*) En Barrizal. Lima, Perú. 20p. Recuperado de: [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/arroz/arroz\\_en\\_barrizal.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/arroz/arroz_en_barrizal.pdf)
- Ministerio de Agricultura y Riegos MINAGRI. (2014). Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas. Anuario de producción agrícola. Lima, Perú.
- NACIONES UNIDAS NUEVA YORK. (2015). Objetivos de Desarrollo del Milenio.

- Pan, J.; Liu ,Y.; Zhong, X.;Lampayan, M.; Singleton , R.; Huang, N.; Liang, K.;Peng ,B.; Tian ,K. (2017). Grain yield, water productivity and nitrogen use efficiency of rice under different water management and fertilizer-N inputs in South China. *Agricultural Water Management* 184:191-200.
- Perez, D.; Dorta, P. (2003). Determinación de la dosis óptima de nitrógeno para las variedades de arroz fonaiap 1 zeta 15 y fedearroz 50 en época de lluvias. (Tesis de grado, Universidad Central de Venezuela). Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/48223664\\_Determinacion\\_de\\_la\\_dosis\\_optima\\_de\\_nitrogeno\\_para\\_las\\_variedades\\_de\\_arroz\\_FONAIAP\\_1\\_ZETA\\_15\\_Y\\_FED\\_EARROZ\\_50\\_en\\_epoca\\_de\\_lluvias](https://www.researchgate.net/publication/48223664_Determinacion_de_la_dosis_optima_de_nitrogeno_para_las_variedades_de_arroz_FONAIAP_1_ZETA_15_Y_FED_EARROZ_50_en_epoca_de_lluvias).
- Pirchi, H.; Gregori, A.; Crepy, A.; Arguissain, G. (2015). Efecto del sistema de riego y dosis de fertilización nitrogenada sobre la eficiencia de uso del nitrógeno en arroz. EEA INTA C.-Uruguay.
- Ricetto, S.; Capurro, C.; Roel, A. (2017). Estrategias para minimizar el consumo de agua del cultivo de arroz en Uruguay manteniendo su productividad. *Agrociencia Uruguay* 21(1): 109-119. Recuperado de: <http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v21n1/2301-1548-agro-21-01-00109.pdf>
- Roel, A. (1999). Riego en Arroz: manejo eficiente de la inundación INIA. Uruguay.
- Ruiz, S. & Centeno, G. (2007). Evaluación del comportamiento agronómico de 11 líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) en el valle de Sébaco, durante la época de postrera del 2006. (Tesis de grado) . Nicaragua Universidad Nacional Agraria.
- Secretaría de Agricultura. (SAG).; Ganadería, (DICTA).; Dirección de ciencia y Tecnología Agropecuaria. (2003). Manual técnico para el cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Comayagua, Honduras.
- Steel, R. & Torrie, J. (1960). Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill Book Company, New York, Toronto, London.

- Thakur, K.; Mandal, K., Mohanty, K.; Ambast S. (2018). Rice root growth, photosynthesis, yield and water productivity improvements through modifying cultivation practices and water management. *Agricultural Water Management*. 206: 67-77.
- Trama, A.; Rizo, F.; McCoy, M. (2008). El cultivo de arroz bajo riego y las aves playeras migratorias en Perú y Costa Rica. Primer taller para la Conservación de Aves Playeras Migratorias en Arroceras del Cono Sur. Buenos Aires, Argentina.
- Yang, J. & Zhang, J. (2010). Crop management techniques to enhance harvest index in rice. *Journal of Experimental Botany*. 61(12): 3177-3189.
- Zhang, H.; Yu, C.; Kong, X.; Hou, D.; Gu, J.; Liu, L.; Wang, Z.; Yang, J. (2018). Progressive integrative crop managements increase grain yield nitrogen use efficiency and irrigation water productivity in rice. *Field Crops Research*. 215: 1-11.
- Zhou, Q.; Cheng, J.; Wang, Z.; Zhang, H.; Liu, L.; Yang, J.; Zhang, J. (2017). Grain yield and water use efficiency of super rice under soil water deficit and alternate wetting and drying irrigation. *Journal of Integrative Agriculture*. 16(5): 1028-1043.

## VIII. ANEXOS

**Anexo 1: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para rendimiento (Kg 20m<sup>-2</sup>) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	4.27	3	1.42	2.87	0.08	NS
Riego (R)	1.26	1	1.26	3.17	0.17	NS
Error (R)	1.19	3	0.40	0.8	0.52	NS
Dosis (D)	873.21	2	436.61	878.09	<0.0001	**
RD	5.92	2	2.96	5.96	0.02	*
Error de(D)	5.97	12	0.50			
Total	891.83	23				
CV (%) (R)	4.06	CV (%) (D)	4.54			
Promedio	15.59					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Inundación continua	15.82	a	360	20.11	a
Alternar humedecimiento - secado	15.36	a	240	19.59	a
			0	7.06	b

Método de Riego	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Inundación continua	360	20.23	a
Alternar humedecimiento - secado	360	20	a
Alternar humedecimiento - secado	240	19.9	a
Inundación continua	240	19.27	a
Inundación continua	0	7.95	b
Alternar humedecimiento - secado	0	6.17	c



**Anexo 2: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para productividad del agua (Kg m-3) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

PRODUCTIVIDAD DEL AGUA						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	0.01	3	0.01	2.59	0.102	NS
Riego (R)	0.52	1	0.52	292.79	0.0004	**
Error (R)	0.01	3	0.0018	0.94	0.453	NS
Dosis (D)	2.84	2	1.42	746.15	<0.0001	**
RD	0.19	2	0.09	48.66	<0.0001	**
Error de(D)	0.02	12	0.0019			
Total	3.59	23				
CV (%) (R)	4.85	CV (%) (D)	4.98			
Promedio	0.87					

Método de Riego	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Alternar humedecimiento - secado	360	1.33	a
Alternar humedecimiento - secado	240	1.32	a
Inundación continua	360	0.93	b
Inundación continua	240	0.89	b
Alternar humedecimiento - secado	0	0.41	c
Inundación continua	0	0.36	c

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Alternar humedecimiento - secado	1.02	a	360	1.13	a
Inundación continua	0.73	b	240	1.11	a
			0	0.39	b

**Anexo 3: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para absorción de nitrógeno en grano y paja a la maduración obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

NITROGENO EN GRANO Y PAJA						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	92.41	1	92.41	0.03	0.86	NS
Riego (R)	1534.54	1	1534.54	1.12	0.48	NS
Error (R)	1376.02	1	1376.02	0.5	0.52	NS
Dosis (D)	112471.9	2	56235.95	20.29	0.006	**
RD	34.16	2	17.08	0.01	0.99	NS
Error de (D)	11085.94	4	2771.48			
Total	126594.96	11				
CV (%) (R)	19.48	CV (%) (D)	1.23			
Promedio	190.4					

Método de Riego	Promedio	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Promedio	Significación
Inundación continua	201.73	a	360	274.18	a
Alternar humedecimiento - secado	179.12	a	240	242.35	a
			0	54.75	b

**Anexo 4: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para eficiencia agronómica obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

<b>EFICIENCIA AGRONÓMICA (Rdto. (nivel dado de N) – Rdto (nivel 0)/ Nivel de N usado)</b>						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	3.3	1	3.3	12.16	0.0733	NS
Riego (R)	51.41	1	51.41	48.24	0.091	NS
Error (R)	1.07	1	1.07	3.92	0.1861	NS
Dosis (D)	138.94	1	138.94	511.53	0.0019	**
RD	1.88	1	1.88	6.93	0.1191	NS
Error de(D)	0.54	2	0.27			
Total	197.15	7				
CV (%) (R)	4.49	CV (%) (D)	2.26			
Promedio	23.02					

Método de Riego	Medias (Kg arroz producido/Kg de N aplicado)	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias (Kg arroz producido/Kg de N aplicado)	Significación
Alternar humedecimiento - secado	25.56	a	240	27.19	a
Inundación continua	20.49	a	360	18.86	b

**Anexo 5: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para eficiencia fisiológica obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

EFICIENCIA FISIOLÓGICA (Rdto. (nivel dado de N)– Rdto (nivel 0)/ N absorbido (en un nivel dado – N absorbido (en nivel 0))						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	87.12	1	87.1	0.6	0.52	NS
Riego (R)	96.61	1	96.6	2.3	0.37	NS
Error (R)	42.32	1	42.3	0.3	0.64	NS
Dosis (D)	60.5	1	60.5	0.4	0.59	NS
RD	9.68	1	9.7	0.1	0.82	NS
Error de(D)	291.01	2	145.5			
Total	587.24	7				
CV (%) (R)	19.01	CV (%) (D)	35.25			
Promedio	34.22					

Método de Riego	Medias(kg arroz/kg N absorbido)	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias(kg arroz/kg N absorbido)	Significación
Alternar humedecimiento - secado	37.52	a	240	36.98	a
Inundación continua	30.93	a	360	31.48	a

Anexo 6: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para productividad parcial obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.

**PRODUCTIVIDAD PARCIAL O EFICIENCIA DE LOS FERTILIZANTES (Rdto. (nivel dado de N)/ Nivel de N aplicado)**

F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	7.16	1	7.16	23.72	0.051	NS
Riego (R)	3.58	1	3.58	2.68	0.35	NS
Error (R)	1.34	1	1.34	4.43	0.17	NS
Dosis (D)	347.29	1	347.29	1150.12	0.001	**
RD	0.1	1	0.1	0.33	0.62	NS
Error de(D)	0.6	2	0.3			
Total	360.07	7				
CV (%) (R)	3.30	CV (%) (D)	1.56			
Promedio	35.13					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Alternar humedecimiento					
- secado	35.8	a	240	41.72	a
Inundación continua	34.46	a	360	28.54	b

**Anexo 7: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para materia seca al máximo macollamiento (g m<sup>-2</sup>) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

MATERIA SECA MACOLLAMIENTO (g/m <sup>2</sup> )						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	1121.33	1	1121	7	0.06	ns
Riego (R)	2296.33	1	2296	6	0.25	ns
Error (R)	385.33	1	385	2	0.20	ns
Dosis (D)	122277.17	2	61139	365	<0.0001	**
RD	804.17	2	402	2	0.21	ns
Error de(D)	669.33	4	167			
Total	127553.67	11				
CV (%) (R)	7.79	CV (%) (D)	5.13			
Promedio	252					

Método de Riego	Promedio (g m <sup>-2</sup> )	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Promedio (g m <sup>-2</sup> )	Significación
Alternar humedecimiento					
- secado	265.67	A	360	352.25	a
Inundación continua	238	A	240	289.5	b
			0	113.75	c

**Anexo 8: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para materia seca al inicio del primordio floral (g m<sup>-2</sup>) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

MATERIA SECA INICIO DE PRIMORDIO FLORAL (g m <sup>-2</sup> )						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	1021.21	1	1021	1	0.452	NS
Riego (R)	35305.9	1	35306	199	0.045	*
Error (R)	177.1	1	177	0	0.746	NS
Dosis (D)	617931.41	2	308966	210	0.0001	**
RD	8298.58	2	4149	3	0.173	NS
Error de(D)	5896.31	4	1474			
Total	668630.51	11				
CV (%) (R)	2.62	CV (%) (D)	7.56			
Promedio	507.7					

Método de Riego	Promedio (g m <sup>-2</sup> )	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Promedio (g m <sup>-2</sup> )	Significación
Inundación continua	561.9	a	360	734.65	a
Alternar humedecimiento - secado	453.42	b	240	590.63	b
			0	197.7	c

**Anexo 9: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para materia seca en floración (g m<sup>-2</sup>) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

MATERIA SECA FLORACION (g m <sup>-2</sup> )						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	278.4	1	278.4	0.18	0.6953	NS
Riego (R)	4.56	1	4.56	0.3	0.9729	NS
Error (R)	2511.41	1	2511.41	1.6	0.2746	NS
Dosis (D)	801714.83	2	400857.42	255.3	0.0001	**
RD	23113.83	2	11556.92	7.36	0.0457	NS
Error de(D)	6280.62	4	1570.16			
Total	833903.67	11				
CV (%) (R)	6.38	CV (%) (D)	5.05			
Promedio	785.0					

Método de Riego	Promedio (g m <sup>-2</sup> )	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Promedio (g m <sup>-2</sup> )	Significación
Alternar humedecimiento					
- secado	785.25	a	360	1020.38	a
Inundación continua	784.02	a	240	908.7	b
			0	424.82	c



**Anexo 10: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para materia seca en maduración (g m<sup>-2</sup>) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

MATERIA SECA MADURACION (g m <sup>-2</sup> )						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	11944.83	1	11944.83	4.2	0.108	NS
Riego (R)	1545.87	1	1545.87	4.2	0.288	NS
Error (R)	365.2	1	365.2	0.1	0.737	NS
Dosis (D)	4774251.37	2	2387125.69	848.5	0	**
RD	57602.28	2	28801.14	10.2	0.027	NS
Error de(D)	11253.14	4	2813.28			
Total	4856962.7	11				
CV (%) (R)	1.18	CV (%) (D)	3.27			
Promedio	1621.2					

Método de Riego	Promedio (g m <sup>-2</sup> )	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Promedio (g m <sup>-2</sup> )	Significación
Inundación continua	1632.53	a	360	2147.82	a
Alternar humedecimiento - secado	1609.83	a	240	1981.38	b
			0	734.35	c

**Anexo 11: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para índice de cosecha (%) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

INDICE DE COSECHA (%)						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	0.04	1	0.04	0.12	0.75	NS
Riego (R)	2.14	1	2.14	45.7	0.09	NS
Error (R)	0.05	1	0.05	0.14	0.73	NS
Dosis (D)	0.21	2	0.1	0.3	0.75	NS
RD	0.02	2	0.01	0.03	0.97	NS
Error de(D)	1.37	4	0.34			
Total	3.83	11				
CV (%) (R)	0.47	CV (%) (D)	1.23			
Promedio	47.6					

Método de Riego	Media IDC (%)	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Media IDC (%)	Significación
Inundación continua	48.04	a	240	47.72	a
Alternar humedecimiento - secado	47.2	a	360	47.71	a
			0	47.44	a

**Anexo 12: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para número de panículas (m2) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

PANICULAS (m2)						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	14.74	1	14.74	0.01	0.9149	NS
Riego (R)	1793.41	1	1793.41	0.54	0.597	NS
Error (R)	3330	1	3330	2.92	0.1626	NS
Dosis (D)	104585.71	2	52292.85	45.87	0.0017	**
RD	384.81	2	192.41	0.17	0.8504	NS
Error de(D)	4560.15	4	1140.04			
Total	114668.82	11				
CV (%) (R)	16.59	CV (%) (D)	9.71			
Promedio	347.78					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Inundación continua	360	a	360	426.68	a
Alternar humedecimiento - secado	335.55	a	240	400	a
			0	216.65	b

**Anexo 13: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para longitud de panículas (cm) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

LONGITUD DE PANICULA (cm)						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	0.08	1	0.08	0.01	0.9148	NS
Riego (R)	10.08	1	10.08	0.54	0.5972	NS
Error (R)	18.75	1	18.75	2.92	0.1626	NS
Dosis (D)	588.17	2	294.08	45.83	0.0017	**
RD	2.17	2	1.08	0.17	0.8504	NS
Error de(D)	25.67	4	6.42			
Total	644.92	11				
CV (%) (R)	16.59	CV (%) (D)	9.71			
Promedio	26.1					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Inundación continua	27	a	360	32	a
Alternar humedecimiento - secado	25.17	a	240	30	a
			0	16.25	b

**Anexo 14: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para número de grano lleno por panícula obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

N° GRANO LLENO /PANICULA						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	31.04	1	31	0.9	0.391	NS
Riego (R)	151.94	1	151.9	12.1	0.179	NS
Error (R)	12.61	1	12.6	0.4	0.573	NS
Dosis (D)	3061.21	2	1530.6	45.6	0.002	**
RD	322.75	2	161.4	4.8	0.086	NS
Error de(D)	134.21	4	33.6			
Total	3713.75	11				
CV (%) (R)	2.71	CV (%) (D)	4.42			
Promedio	131.10					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Inundación continua	134.62	a	360	144.88	a
Alternar humedecimiento - secado	127.5	a	240	139.63	a
			0	108.67	b

**Anexo 15: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para peso de 1000 granos de arroz paddy (gr) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

PESO 1000 GRANOS						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	0.61	1	0.61	3.07	0.15468	NS
Riego (R)	0.15	1	0.15	0.12	0.7874	NS
Error (R)	1.28	1	1.28	6.47	0.06375	NS
Dosis (D)	7.21	2	3.6	18.21	0.0098	**
RD	0.29	2	0.14	0.73	0.53718	NS
Error de(D)	0.79	4	0.2			
Total	10.33	11				
CV (%) (R)	4.25	CV (%) (D)	1.68			
Promedio	26.60					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Inundación continua	26.71	a	240	27.32	a
Alternar humedecimiento - secado	26.48	a	360	26.95	a
			0	25.52	b

**Anexo 16: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para densidad de plántulas (m2) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	645.33	1	645.33	2.95	0.16	NS
Riego (R)	133.33	1	133.33	2.78	0.34	NS
Error (R)	48	1	48	0.22	0.66	NS
Dosis (D)	2634.67	2	1317.33	6.02	0.06	NS
RD	74.67	2	37.33	0.17	0.85	NS
Error de(D)	874.67	4	218.67			
Total	4410.67	11				
CV (%) (R)	2.40	CV (%) (D)	5.12			
Promedio	288.7					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Inundación continua	292	a	360	308	a
Alternar humedecimiento - secado	285.33	a	240	286	ab
			0	272	b

**Anexo 17: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para número de macollos al máximo macollamiento (m2) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	5.33	1	5.333	0.016	0.905	NS
Riego (R)	2821.33	1	2821.333	58.778	0.083	NS
Error (R)	48	1	48	0.145	0.723	NS
Dosis (D)	187776	2	93888	283.935	0.0001	**
RD	298.67	2	149.333	0.452	0.666	NS
Error de(D)	1322.67	4	330.667			
Total	192272	11				
CV (%) (R)	1.37	CV (%) (D)	3.59			
Promedio	506					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Inundación continua	521.33	a	360	638	a
Alternar humedecimiento - secado	490.67	a	240	542	b
			0	338	c



**Anexo 18: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para altura de planta a la cosecha (cm) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

ALTURA						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	47.2	2	23.6	2.32	0.1605	NS
Riego (R)	33.08	1	33.08	45.8	0.0211	*
Error (R)	1.44	2	0.72	0.07	0.9321	NS
Dosis (D)	2940.19	2	1470.1	144.47	<0.0001	**
RD	4.88	2	2.44	0.24	0.7921	NS
Error de(D)	81.4	8	10.18			
Total	3108.2	17				
CV (%) (R)	1.09	CV (%) (D)	4.11			
Promedio	77.7					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Inundación continua	79	a	360	88.7	a
Alternar humedecimiento - secado	76.29	b	240	84.5	a
			0	59.73	b

**Anexo 19: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para rendimiento de molinera (%) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

RENDIMIENTO MOLINERIA (%)						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	0.0075	1	0.01	0.05	0.83	NS
Riego (R)	0.0675	1	0.07	0.18	0.74	NS
Error (R)	0.3675	1	0.37	2.58	0.18	NS
Dosis (D)	2.7617	2	1.38	9.69	0.03	**
RD	0.155	2	0.08	0.54	0.62	NS
Error de(D)	0.57	4	0.14			
Total	3.9292	11				
CV (%) (R)	0.87	CV (%) (D)	0.54			
Promedio	69.79					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Alternar humedecimiento					
- secado	69.87	a	360	70.38	a
Inundación continua	69.72	a	240	69.8	ab
			0	69.2	b

**Anexo 20: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para grano pilado entero (%) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

GRANO ENTERO (%)						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	0.5633	1	0.56	2.77	0.17	NS
Riego (R)	0.48	1	0.48	144	0.05	NS
Error (R)	0.0033	1	0.003	0.02	0.9	NS
Dosis (D)	5.4517	2	2.73	13.41	0.02	*
RD	1.115	2	0.56	2.74	0.18	NS
Error de(D)	0.8133	4	0.2			
Total	8.4267	11				
CV (%) (R)	0.08	CV (%) (D)	0.68			
Promedio	65.83					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Alternar humedecimiento					
- secado	66.04	a	360	66.68	a
Inundación continua	65.64	a	240	65.77	ab
			0	65.08	b

**Anexo 21: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para grano pilado quebrado (%) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

GRANO QUEBRADO (%)						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	0.44	1	0.44	0.95	0.39	NS
Riego (R)	0.19	1	0.19	0.43	0.63	NS
Error (R)	0.44	1	0.44	0.95	0.39	NS
Dosis (D)	0.46	2	0.23	0.5	0.64	NS
RD	0.46	2	0.23	0.49	0.65	NS
Error de(D)	1.86	4	0.47			
Total	3.85	11				
CV (%) (R)	16.58	CV (%) (D)	17.14			
Promedio	4.00					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Inundación continua	4.08	a	240	4.03	a
Alternar humedecimiento - secado	3.83	a	0	4.12	a
			360	3.7	a

**Anexo 22: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para longitud de grano (mm) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

LONGITUD DE GRANO (mm)						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	0.01	1	0.01	0.3	0.61	NS
Riego (R)	0.03	1	0.03	4.15	0.29	NS
Error (R)	0.007	1	0.01	0.4	0.56	NS
Dosis (D)	0.25	2	0.13	7.19	0.047	*
RD	0.004	2	0.002	0.11	0.90	NS
Error de(D)	0.07	4	0.02			
Total	0.37	11				
CV (%) (R)	0.87	CV (%) (D)	1.36			
Promedio	9.70					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Inundación continua	9.76	a	360	9.83	a
Alternar humedecimiento - secado	9.67	a	240	9.8	a
			0	9.51	b

**Anexo 23: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para ancho de grano (mm) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

ANCHO DE GRANO (mm)						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	0.001	1	0.001	0.81	0.419	NS
Riego (R)	0.007	1	0.007	32.4	0.111	NS
Error (R)	0.0002	1	0.0002	0.13	0.737	NS
Dosis (D)	0.003	2	0.001	0.74	0.533	NS
RD	0.001	2	0.0004	0.22	0.815	NS
Error de(D)	0.007	4	0.002			
Total	0.019	11				
CV (%) (R)	0.54	CV (%) (D)	1.59			
Promedio	2.60					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Inundación continua	2.67	a	360	2.66	a
Alternar humedecimiento - secado	2.62	a	240	2.66	a
			0	2.63	a

**Anexo 24: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para espesor de grano (mm) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

ESPESOR DE GRANO (mm)						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	0.000001	1	0.000001	1.10 <sup>-14</sup>	0.99	NS
Riego (R)	0.004	1	0.004	7.56	0.22	NS
Error (R)	0.001	1	0.0005	1.36	0.31	NS
Dosis (D)	0.013	2	0.0066	16.87	0.011	*
RD	0.003	2	0.0016	4.11	0.11	NS
Error de(D)	0.002	4	0.0004			
Total	0.023	11				
CV (%) (R)	1.12	CV (%) (D)	1.00			
Promedio	2.00					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Inundación continua	2.01	a	360	2.03	a
Alternar humedecimiento - secado	1.97	a	240	2	a
			0	1.95	b

**Anexo 25: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para índice de traslucencia obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

INDICE DE TRANSLUCENCIA						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	0.0001	1	0.0001	0.308	0.61	NS
Riego (R)	0.0001	1	0.0001	4	0.3	NS
Error (R)	0.00003	1	0.00003	0.077	0.8	NS
Dosis (D)	0.0013	2	0.0006	1.462	0.33	NS
RD	0.0001	2	0.0000	0.077	0.93	NS
Error de(D)	0.0017	4	0.0004			
Total	0.00337	11				
CV (%) (R)	8.02	CV (%) (D)	30.35			
Promedio	0.07					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Inundación continua	0.07	a	360	0.08	a
Alternar humedecimiento - secado	0.07	a	240	0.07	a
			0	0.06	a



**Anexo 26: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para grado de dispersión alcalina obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

GRADO DE DISPERCION ALCALINA						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	0.08	1	0.08	0.25	0.64	NS
Riego (R)	0.08	1	0.08	1	0.50	NS
Error (R)	0.08	1	0.08	0.25	0.64	NS
Dosis (D)	0.5	2	0.25	0.75	0.53	NS
RD	0.17	2	0.08	0.25	0.79	NS
Error de(D)	1.33	4	0.33			
Total	2.25	11				
CV (%) (R)	5.39	CV (%) (D)	10.94			
Promedio	5.25					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Inundación continua	5.33	a	360	5.5	a
Alternar humedecimiento - secado	5.17	a	240	5.25	a
			0	5	a

**Anexo 27: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para grado de expansión de grano pilado (%) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

GRADO DE EXPACION DE GRANO PILADO (%)						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	2.7	1	2.7	1.21	0.33	NS
Riego (R)	3.62	1	3.62	21.84	0.13	NS
Error (R)	0.17	1	0.17	0.07	0.80	NS
Dosis (D)	61.12	2	30.56	13.71	0.02	*
RD	19.09	2	9.55	4.28	0.10	NS
Error de(D)	8.91	4	2.23			
Total	95.61	11				
CV (%) (R)	1.44	CV (%) (D)	5.22			
Promedio	28.60					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Alternar humedecimiento - secado	29.18	a	360	31.63	a
Inundación continua	28.08	a	0	28.1	b
			240	26.18	b

**Anexo 28: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para volumen de agua para Cocción (ml) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

VOLUMEN DE AGUA PARA COCCION (ml)						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	4.08	1	4.1	1	0.37	NS
Riego (R)	6.75	1	6.8	81	0.07	NS
Error (R)	0.08	1	0.1	0	0.89	NS
Dosis (D)	2.17	2	1.1	0.3	0.78	NS
RD	3.5	2	1.8	0.4	0.68	NS
Error de(D)	16.33	4	4.1			
Total	32.92	11				
CV (%) (R)	0.22	CV (%) (D)	1.42			
Promedio	142.90					

Método de Riego	Medias (ml)	Significación n	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias (ml)	Significación n
Inundación continua	143.67	a	240	143.5	a
Alternar humedecimiento - secado	142.17	a	0	142.75	a
			360	142.5	a

**Anexo 29: Análisis de variancia y prueba de Duncan (0.05) para tiempo de cocción (min) obtenido en fuentes y niveles de nitrógeno.**

TIEMPO DE COCCION (min)						
F.V.	SC	GL	CM	Fcal	Pr > F	Significación
Bloque	0.33	1	0.33	1	0.37	NS
Riego (R)	0.33	1	0.33	1	0.5	NS
Error (R)	0.33	1	0.33	1	0.37	NS
Dosis (D)	0.5	2	0.25	0.75	0.53	NS
RD	2.17	2	1.08	3.25	0.15	NS
Error de(D)	1.33	4	0.33			
Total	5	11				
CV (%) (R)	2.67	CV (%) (D)	2.67			
Promedio	21.50					

Método de Riego	Medias	Significación	Niveles (Kg N ha <sup>-1</sup> )	Medias	Significación
Alternar humedecimiento					
- secado	21.67	a	0	21.75	a
Inundación continua	21.33	a	240	21.5	a
			360	21.25	a



**Anexo 30: Preparación de largueros**



**Anexo 31: Armado de sub parcelas.**



**Anexo 32: Plantulas a los 20 días de siembra.**



**Anexo 33: Instalación de vertedero.**



**Anexo 34: Medidor de caudal del vertedero.**



**Anexo 35: Control sanitario.**



**Anexo 36: Riego de sub parcelas.**



**Anexo 37: Fertilización de sub parcelas.**



**Anexo 38: Desfogue de agua.**



**Anexo 39: Campo en maduración.**



**Anexo 40: Cosecha de sub parcelas.**



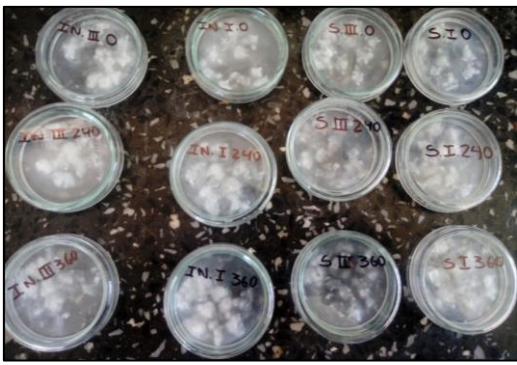
**Anexo 41: Peso de 1000 granos.**



**Anexo 42: Molino de prueba.**



**Anexo 43: Arroz pilado entero.**



Anexo 44: Prueba de dispersión alcalina.



Anexo 45: Calidad culinaria.