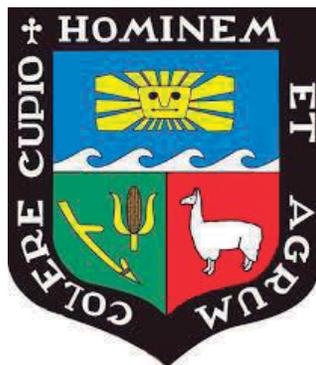


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“COMPARACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICO DEL  
TRASPLANTE TRADICIONAL VS EL TRASPLANTE EN  
HILERAS DEL ARROZ (*Oryza sativa L.*) EN BELLAVISTA –  
SAN MARTIN”**

**Presentado por:**

**JOSÉ DECIDERIO ORTIZ ZELADA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

La Molina  
2016

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Nuestro Padre Celestial quién me ha dado el regalo más hermoso de este mundo que es la vida, supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a vencer las adversidades.

A mis queridos padres Esperanza y Juan, a mi hermano Javier Ortiz Zelada quien con su esfuerzo diario, supieron motivarme y ayudarme cada día para culminar este trabajo de investigación, ya que usted es mi apoyo, mi orgullo y mi ejemplo para superarme en todo momento.

A mi madre, haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores y por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor.

A mis hermanos Noe, Elcides y Wilder que me han enseñado a salir adelante. Gracias por su paciencia, pero sobre todo porque son un ejemplo de vida.

## AGRADECIMIENTO

A mi Patrocinador de tesis, Ing. M. Sc. Fredy Cáceres Guerrero, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar la presente tesis con éxito.

Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI por compartir la información meteorológica e hidrología de la estación Meteorológica (CO “BELLAVISTA”), durante el periodo Septiembre del 2015 – Enero del 2016.

A la biblioteca que contribuyo facilitándome el acceso a la información requerida para alcanzar los objetivos trazados en esta tesis y de manera especial a los bibliotecarios Jesús Huarcaya y Mario Jaulis.

A mi hermano Javier Ortiz Zelada y mi amiga Rossana Porras Jorge, quienes que me apoyaron en diversas etapas de la presente investigación.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que les encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles durante el desarrollo de la presente investigación. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado. Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

## I. INDICE

I. INDICE.....	6
II. RESUMEN.....	15
III. INTRODUCCIÓN.....	17
3.1 Objetivo general.....	18
3.2 Objetivos específicos.....	18
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	19
4.1. El sistema de siembra por trasplante.....	19
4.1.1. El sistema de trasplante tradicional.....	19
4.1.2. El sistema de trasplante en hileras.....	20
4.2. Determinación de la capacidad del equipo agrícola en la preparación del suelo..	21
4.3. Eficiencia de aplicación del agua de riego.....	22
4.3.1 Necesidades hídricas de los cultivos.....	24
4.4. Pérdidas de agua por percolación profunda.....	25
4.5. Marco conceptual y planteamiento del problema.....	28
4.5.1 Antecedentes en maquinaria específica para el trasplante de arroz.....	30
4.5.2 El proceso de selección de maquinaria.....	31
4.6. El cultivo del arroz.....	32
4.6.1 Importancia del cultivo del arroz.....	32
4.6.2 Zonas agroecológicas de producción de arroz en el Perú.....	33
4.6.3 Clasificación botánica.....	34
4.6.4 Fenología.....	34
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
5.1. Materiales.....	37
5.1.1. Localización experimental.....	37
5.1.2. Características climáticas de la zona.....	37
5.1.3. Fuente de agua.....	37
5.1.4. Suelo.....	40
5.1.5. El tractor agrícola Massey Ferguson 4292 HD para trasplante tradicional ...	44
5.1.6. El tractor agrícola Kubota M7040 para la siembra técnica.....	47
5.1.7. Material genético.....	49

5.1.8. Equipos, herramientas y software.....	50
5.2. Metodología .....	51
5.2.1. Manejo de suelos del cultivo .....	51
5.2.2. Manejo fitosanitario del cultivo.....	57
5.2.3. Manejo de cosecha del cultivo.....	59
5.2.4. Diseño experimental .....	60
5.3. Evaluaciones experimentales:.....	61
5.3.1. Variables de crecimiento y desarrollo.....	61
5.3.2. Variables de componente de rendimiento .....	62
5.3.3. Análisis Financiero .....	63
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	64
VII. CONCLUSIONES.....	90
VIII.RECOMENDACIONES .....	91
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	92
X. ANEXOS .....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Trasplante manual de forma tradicional.....	29
Figura 2 Trasplante manual en hileras.....	30
Figura 3 Producción de arroz en las regiones del Perú.....	33
Figura 4 Fenología del arroz La Esperanza .....	34
Figura 5 Requerimientos climáticos .....	36
Figura 6 Ubicación de la zona de estudio .....	38
Figura 7 Condiciones meteorológicas diarias a lo largo de los meses de Septiembre del 2015 a Enero del 2016. Elaborado con información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Dirección Regional San Martín – Tarapoto. ....	39
Figura 8 Curva de compactación de Relación Densidad-Humedad .....	43
Figura 9 Tractor agrícola Massey Ferguson 4292 HD para siembra tradicional.....	44
Figura 10 Tractor agrícola Kubota M7040 para siembra técnica.....	47
Figura 11 Parcela de arroz con lámina de agua de 5cm. ....	57
Figura 12 Capacidad Teórica de Trabajo .....	64
Figura 13 Capacidad Efectiva de Trabajo .....	65
Figura 14 Eficiencia de Trabajo .....	66
Figura 15 Volumen total de agua gastado ( $m^3$ ) durante el ciclo vegetativo del cultivo de arroz, variedad INIA 509- La Esperanza, en los sistemas de siembra: Tradicional y Técnica, bajo condiciones de Bellavista en el periodo Septiembre 2015 - Enero 2016.....	68
Figura 16 Habilidad de macollamiento de los cuatro tratamientos .....	69
Figura 17 Altura de planta de los cuatro tratamientos.....	72

Figura 18 Acame o volcamiento de planta de los cuatro tratamientos .....	75
Figura 19 Fertilidad de panículas de los cuatro tratamientos .....	77
Figura 20 Periodo de maduración del grano.....	78
Figura 21 Longitud de panícula de los cuatro tratamientos.....	80
Figura 22 Número de granos por panícula de los cuatro tratamientos .....	81
Figura 23 Número de granos vacíos por panícula de los cuatro tratamientos.....	83
Figura 24 Peso de mil granos de los cuatro tratamientos .....	84
Figura 25 Rendimiento de grano de los cuatro tratamientos .....	85
Figura 26 Calidad industrial de los cuatro tratamientos .....	87
Figura 27 Volumen total de agua gastado ( $m^3$ ) durante el ciclo vegetativo del cultivo de arroz, variedad INIA 509- La Esperanza, en los sistemas de siembra: Tradicional y Técnica, bajo condiciones de Bellavista en el periodo Septiembre 2015 - Enero 2016.....	88
Figura 28 Análisis de Beneficio/Costo de los sistemas tradicional y técnica .....	89
Figura 29 Representación gráfica de la rentabilidad .....	89

## ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro 1 Relación de la textura del suelo con la pérdida de agua por percolación .....	23
Cuadro 2 Características hidrodinámicas de los suelos .....	27
Cuadro 3 Taxonomía y descripción botánica del arroz .....	34
Cuadro 4 Análisis de caracterización del suelo .....	41
Cuadro 5 Densidad de suelo de los campos de pruebas método de la Arena.....	42
Cuadro 6 Relación Densidad-Humedad (Proctor Modificado) ASTM D-1557 Método “A” .....	43
Cuadro 7 Especificaciones técnicas del tractor Massey Ferguson 4292 HD.....	45
Cuadro 8 Especificaciones técnicas de Rastra de Tiro MF-RT1824.....	46
Cuadro 9 Especificaciones técnicas del tractor Kubota M7040 .....	48
Cuadro 10 Datos generales de la variedad INIA 509-La Esperanza.....	49
Cuadro 11 Herramientas, equipos y software .....	50
Cuadro 12 Aplicaciones de fertilización para método de trasplante en hileras.....	55
Cuadro 13 Control químico de malezas .....	57
Cuadro 14 Control químico de insectos .....	58
Cuadro 15 Control químico de pesticidas y fungicidas.....	59
Cuadro 16 Aplicación de la escala del CIAT para macollamiento de planta.....	61
Cuadro 17 Aplicación de la escala del CIAT para altura de planta.....	61
Cuadro 18 Aplicación de la escala del CIAT para acame o volcamiento de planta.....	61

Cuadro 19 Aplicación de la escala del CIAT para fertilidad de espiguillas.....	62
Cuadro 20 Volumen de agua mensual en el sistema tradicional .....	67
Cuadro 21 Volumen de agua mensual en el sistema técnico.....	67
Cuadro 22 Relación de eficiencia de uso de agua (EUA) en (kg/ m <sup>3</sup> ) .....	68
Cuadro 23 Promedio del número de macollos por planta de habilidad de macollamiento .	69
Cuadro 24 Análisis de Varianza para la habilidad de macollamiento .....	70
Cuadro 25 Prueba de Tukey para la habilidad de macollamiento .....	70
Cuadro 26 Promedio de la altura de la planta .....	71
Cuadro 27 Análisis de Varianza para la altura de planta.....	73
Cuadro 28 Prueba de Tukey para la altura de planta .....	73
Cuadro 29 Porcentaje de tallos fuertes de acame o volcamiento de planta .....	74
Cuadro 30 Prueba Chi-cuadrada de bondad de ajuste para acame o volcamiento de planta .....	75
Cuadro 31 Porcentaje de fertilidad de panículas .....	76
Cuadro 32 Prueba Chi-cuadrada de bondad de ajuste para la fertilidad de panículas.....	77
Cuadro 33 Prueba Chi-cuadrada de bondad de ajuste para la maduración .....	79
Cuadro 34 Análisis de Varianza para la longitud de panícula.....	80
Cuadro 35 Prueba de Tukey para la longitud de panícula.....	81
Cuadro 36 Análisis de Varianza para el número de granos por panícula.....	82
Cuadro 37 Prueba de Tukey para el número de granos por panícula.....	82
Cuadro 38 Análisis de Varianza para el número de granos vacíos por panícula .....	83
Cuadro 39 Prueba de Tukey para el número de granos vacíos por panícula .....	84
Cuadro 40 Prueba Chi-cuadrada de bondad de ajuste para el rendimiento de grano por parcela .....	86

Cuadro 41 Prueba Chi-cuadrada de bondad de ajuste para el rendimiento de grano por hectárea.....	86
Cuadro 42 Prueba Chi-cuadrada de bondad de ajuste para la calidad industrial.....	87
Cuadro 43 Tabla de promedios para el procesamiento de Análisis de Varianza .....	100
Cuadro 44 Prueba Chi-cuadrada de bondad de ajuste para el costo total.....	101
Cuadro 45 Prueba Chi-cuadrada de bondad de ajuste para el Valor Bruto de Producción	101
Cuadro 46 Prueba Chi-cuadrada de bondad de ajuste para la Utilidad Neta.....	101
Cuadro 47 Prueba Chi-cuadrada de bondad de ajuste para Beneficio/Costo .....	101
Cuadro 48 Prueba Chi-cuadrada de bondad de ajuste para Precio de Producción.....	102
Cuadro 49 Prueba Chi-cuadrada de bondad de ajuste para la Rentabilidad.....	102
Cuadro 50 Datos para el costo de producción de arroz .....	102
Cuadro 51 Costo de producción de arroz para sistema tradicional .....	103
Cuadro 52 Costo de producción de arroz para sistema 25x25 .....	104
Cuadro 53 Costo de producción de arroz para sistema 30x30 .....	105
Cuadro 54 Costo de producción de arroz para sistema 35x35 .....	106
Cuadro 55 Costo por actividad de producción de arroz .....	107
Cuadro 56 Costos directos e indirectos de producción de arroz.....	107
Cuadro 57 Análisis económico de producción de arroz .....	107

## ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Datos meteorológicos del mes de Septiembre del 2015 .....	95
<b>Anexo 2.</b> Datos meteorológicos del mes de Octubre del 2015 .....	96
<b>Anexo 3.</b> Datos meteorológicos del mes de Noviembre del 2015 .....	97
<b>Anexo 4.</b> Datos meteorológicos del mes de Diciembre del 2015 .....	98
<b>Anexo 5.</b> Datos meteorológicos del mes de Enero del 2016.....	99
<b>Anexo 6.</b> Tabla para el procesamiento de Análisis de Varianza .....	100
<b>Anexo 7.</b> Prueba de Chi Cuadrado de Análisis financiero .....	101
<b>Anexo 8.</b> Prueba de Chi Cuadrado de Beneficio/Costo .....	101
<b>Anexo 9.</b> Prueba de Chi Cuadrado de Rentabilidad.....	102
<b>Anexo 10.</b> Costo de producción para una hectárea de arroz .....	102
<b>Anexo 11.</b> Resumen de las principales diferencias entre los tratamientos (Tradicional, 25x25, 30x30,35x35).....	108
<b>Anexo 12.</b> Cronograma de actividades realizadas en la conducción del experimento bajo el método de siembra tradicional, en el cultivo de arroz de la variedad INIA 509–La Esperanza....	109
<b>Anexo 13.</b> Cronograma de actividades realizadas en la conducción del experimento bajo el método de siembra tradicional, en el cultivo de arroz de la variedad INIA 509–La Esperan. ....	110
<b>Anexo 14.</b> Certificado de semillas certificadas .....	111

<b>Anexo 15.</b> Análisis de semillas certificadas .....	111
<b>Anexo 16.</b> Análisis de caracterización del suelo .....	112
<b>Anexo 17.</b> Densidad en Sitio Método de la Arena .....	113
<b>Anexo 18.</b> Relación Densidad-Humedad (Proctor Modificado) .....	114
<b>Anexo 19.</b> Trasplantadora de 6 líneas del IRRI ( International Rice Research Institute) .....	115
<b>Anexo 20.</b> Trasplantadora de arroz Weifang de 6 líneas .....	115
<b>Anexo 21.</b> Trasplantadora de arroz Daedong DUO60 de 6 hileras .....	116
<b>Anexo 22.</b> Trasplantadora de arroz Kubota de 6 hileras en campo .....	116
<b>Anexo 23.</b> Trasplantadora de seis hileras de marca Iseki PZ60 y Yanmar VP6E .....	117
<b>Anexo 24.</b> Trasplantadora de arroz Kubota WP60D .....	117
<b>Anexo 25.</b> Panel fotográfico durante la conducción del cultivo. ....	118

## II. RESUMEN

La presente investigación se fundamenta en la comparación de los métodos de trasplante tradicional y trasplante en hileras sobre el crecimiento y producción del cultivo del arroz (*Oryza sativa L.*). Fue llevada a cabo durante el periodo de Septiembre del 2016 a Enero del 2017, en las parcelas experimentales en el sector de Vainillas, Distrito de Bajo Biavo, Provincia de Bellavista, Departamento de San Martín. Comparando dos métodos de trasplante: trasplante tradicional y trasplante en hileras en parcelas divididas con cuatro parcelas ( $P_1, P_2, P_3, P_4$ ). Las variables en estudio fueron: capacidad teórica de trabajo (CTT), capacidad efectiva de trabajo (CET), eficiencia de campo (Ef) en la preparación de suelos de ambos métodos, demanda de agua del cultivo, eficiencia del uso del agua, habilidad de macollamiento (CnM), altura de planta (HT), acame o volcamiento de planta (Lg), fertilidad de panículas (St), maduración (Mat), longitud de panícula (PNL), número de panículas por planta (Npp), número de granos por panícula (Ngp), número de granos vanos por panícula (Nvp), peso de mil gramos (PMG), rendimiento de grano (Kg/ha) y calidad industrial requeridas para alcanzar cada fase de desarrollo y el análisis financiero Beneficio/Costo (B/C).

Una vez concluido el estudio, las variables en estudio alcanzaron los siguientes resultados: la capacidad teórica de trabajo de la máquina de preparación de suelos del sistema de trasplante en hileras fue 0.47 ha/h y de tradicional con 0.44 ha/h y la capacidad efectiva de trabajo de los métodos de trasplante en hileras y tradicional fueron 0.33 y 0.22 ha/h, respectivamente. La eficiencia de campo obtenida fue de 71.68% para trasplante en hileras y 50.51% para tradicional. El volumen total de agua aplicada bajo el sistema de trasplante en hileras fue 6601.1 m<sup>3</sup>/ha y en la tradicional 14180.7 m<sup>3</sup>/ha. La eficiencia del uso de agua obtenida fue de 0.51 kg/m<sup>3</sup> para tradicional y 1.33 kg/m<sup>3</sup> para trasplante en hileras. La habilidad de macollamiento (CnM) a 81 DDS fue superior (31.4) en 30x30 en comparación con tradicional (24.9). La altura de planta (HT) a 106 DDS fue superior (117.1 cm) por 30x30 en comparación con el tradicional (111 cm). El índice de fertilidad óptima obtuvo (90.27) bajo 30x30 y (86.15) bajo trasplante tradicional, la longitud de panoja por 30x30 fue altamente significativo con un valor de (26.62) a diferencia del tradicional con (25.15). El sistema de trasplante en hileras (30x30) tuvo el mayor rendimiento con 8799 Kg/ha seguido por tradicional con 7255 Kg. /ha. La mayor calidad industrial fue bajo trasplante en hileras (30x30) con 78% y la menor en tradicional con 66.7%. El análisis financiero B/C y rentabilidad determinan que el mejor tratamiento es 30x30 con 1.81 B/C y 68.58% de rentabilidad y lo secunda trasplante tradicional con 1.09 B/C y 48.00% de rentabilidad. La demanda de agua, la eficiencia del uso de agua, el desarrollo del cultivo y el análisis financiero Beneficio/Costo respondieron positivamente en la producción del cultivo de arroz bajo el sistema de trasplante en hileras a diferencia del tradicional.

## ABSTRACT

This research is based on the comparison of methods of traditional transplanting and transplanting in rows on the growth and yield of rice cultivation (*Oryza sativa* L.). It was conducted during the period September 2016 to January 2016, in the experimental plots in the sector Vainillas, District Biavo Under, Bellavista Province, Department of San Martin. Comparing two transplanting methods: traditional transplanting and transplanting in rows divided with four plots ( $P_1, P_2, P_3, P_4$ ). The variables studied were: theoretical work capacity (CTT), effective working capacity (CET), field efficiency (Ef) in the soil preparation in both methods, water demand growing, efficiency of water use, tillering ability (CnM), height plant (HT), flattens or toppling plant (Lg), panicles fertility (St), maturation (Mat), panicle length (PNL), number of panicle per plant (Npp), number of grains per panicle (Ngp), number of voids per panicle grains (Nvp), weight of thousand grams (PMG), grain yield (kg / ha) and industrial quality required to achieve each stage of development and financial analysis Benefit/Cost (B/C).

Once the study is completed, the variables in study achieved the following results: the theoretical capacity of the machine soil preparation transplant system in rows with 0.47 ha/h and traditional was 0.44 ha/h effective capacity working methods of transplanting in rows and traditional was 0.33 and 0.22 ha/h, respectively. Field efficiency obtained was 71.68% to 50.51% for transplanted in rows and traditional. The total volume of water applied under the transplanting in rows was 6601.1 m<sup>3</sup>/ha and in the traditional 14180.7 m<sup>3</sup>/ha. The water use efficiency obtained was 0.51 kg/m<sup>3</sup> for traditional and 1.33 kg/m<sup>3</sup> for transplanting in rows. The ability of tillering (CnM) to 81 DDS was higher (31.4) in 30x30 compared to traditional (24.9). Plant height (HT) 106 DDS was higher (117.1 cm) 30x30 compared to traditional (111 cm). The obtained optimum fertility rate (90.27) under 30x30 and (86.15) under traditional transplanting, 30x30 panicle length was highly significant with a value of (26.62) unlike traditional with (25.15). The transplanting in rows system (30x30) had the highest yield with 8799 Kg/ha it followed by traditional with 7255 Kg/ha. Most industrial quality was low transplanted in rows (30x30) with 78% and the lowest in traditional with 66.7%. The financial analysis B/C profitability and determine the best transplanting in rows system is 30x30 with 1.81 B/C and 68.58% return and secondary traditional transplanting with 1.09 B/C and 48.00% return. The demand for water, water use efficiency, crop development and financial analysis Benefit/Cost responded positively in the production of rice cultivation transplanting in rows system unlike traditional transplanting.

### **III. INTRODUCCIÓN**

El trasplante tradicional, es el método popular de establecimiento del cultivo del arroz, exige más cantidad de mano de obra y por lo tanto aumenta el costo de producción y también a menudo resulta en retraso en la siembra, debido a la escasez de mano de obra. Sería ventajoso, si el trasplante pudiera ser sustituido por un método de bajo coste de establecimiento del cultivo por trasplante en hileras. Esta labor tiene las siguientes ventajas en comparación con el trasplante tradicional como la ventaja de la planta de arroz sobre la maleza lo cual no se puede lograr a través del trasplante tradicional y el trasplante en hileras se puede lograr la separación adecuada entre plantas para que crezcan robustas a diferencia del trasplante tradicional cuyas plantas quedan tan juntas que crecen débiles por la competencia que se da entre ellas. Todo lo anterior resulta en un rendimiento mayor que el trasplante tradicional.

El trasplante en hileras presenta una serie de ventajas, tales como la reducción de costos y la reducción de la cantidad de semilla. Además genera una mayor sanidad de las plantas de arroz, debido a la baja densidad de siembra, mejor desarrollo radicular, que permite una mejor absorción de nutrientes y desarrollar una mayor resistencia al volcamiento. La tecnología de trasplante en hileras permite el control de malezas y el manejo de la lámina de agua, la cual permite obtener un cultivo con robustez de los tallos de las plantas, al existir menor competencia por los nutrientes, agua y luz.

La producción de arroz en Perú se lleva a cabo básicamente bajo tres métodos de siembra que son: trasplante manual al azar, siembra directa al voleo y siembra directa con sembradora; esta última tiene una variante que consiste en implementar el uso de la máquina sembradora, la cual deposita la semilla pre germinada a chorro continuo a distancias determinadas y utiliza un promedio de 60 kilogramos de semilla por hectárea.

En cuanto a la productividad, se han presentado datos variables, pero los promedios del área tradicional pueden estar alrededor de los 6T/ha, con picos superiores de 11T/ha en una misma área técnica y mecanizada.

La región San Martín produjo 559,829 toneladas métricas (TM) de arroz en el 2013, lo cual representó el 18.37% de la producción a nivel nacional, en base a datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAG, 2013).

En la densidad de siembra; el sistema convencional tradicional utiliza hasta 100 Kg/ha, mientras el sistema de trasplante en hileras utiliza en promedio 35 kilos, es decir, un 65% menos de semilla.

En el sistema de trasplante en hileras se utilizan entre 8500 y 9000  $m^3$ /ha/cosecha, mientras que en el sistema tradicional se utilizan 14000  $m^3$ /ha/cosecha. (Álvarez Rodríguez, J. A. 2011)

De acuerdo a lo citado anteriormente se elaboró el presente trabajo de investigación con los siguientes objetivos.

### **3.1 Objetivo general**

Evaluar el sistema de siembra por trasplante en hileras y rendimientos del cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*), versus el sistema tradicional en el sector Bellavista-San Martín.

### **3.2 Objetivos específicos**

- Comparar los rendimientos y costos de producción del cultivo de arroz con el método tradicional y el trasplante en hileras.
- Determinar el volumen de agua utilizado en cada sistema de riego para el cultivo de arroz, en las áreas de prueba y controlando las láminas del agua.
- Desarrollar una nueva técnica del trasplante para aumentar los rendimientos del cultivo y maximizar el ahorro económico en la producción del cultivo de arroz.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. El sistema de siembra por trasplante

Es un método de siembra indirecto, en el cual se trasplantan plántulas que han crecido inicialmente en semilleros o almácigos para luego trasplantarlas al campo definitivo. (Secretaría de Agricultura y Ganadería, Honduras. 2006)

Las plántulas deben arrancarse cuidadosamente del almácigo o del semillero, tratando de no ocasionar daño ni al follaje ni a las raíces. Generalmente el trasplante se realiza cuando las plántulas tienen de 20 a 30 días de crecimiento. Sin embargo, la principal desventaja es el uso de mucha mano de obra en la siembra tradicional, por lo que los costos son relativamente altos en este método de siembra indirecto. (Secretaría de Agricultura y Ganadería, Honduras. 2006)

Los semilleros o almácigos, pueden establecerse en “garvas” (tradicional) o en bandejas (mecanizada), donde la semilla se esparce al voleo, usando semilla pre-germinada. (Secretaría de Agricultura y Ganadería, Honduras. 2006)

#### 4.1.1. El sistema de trasplante tradicional

Es un sistema de siembra indirecta en el cual las plantas crecen inicialmente en semilleros o almácigos y posteriormente se plantan en el campo definitivo.

Es la forma más utilizada en la producción de arroz, puesto que permite un mayor rendimiento utilizando mano de obra. Así las plantas se entierran en el lodo a 2 ó 3 cm de profundidad a una distancia que varía entre 15 y 25 cm, sin seguir ningún patrón en particular. (Secretaría de Agricultura y Ganadería, Honduras. 2006)

#### **Ventajas**

- No utiliza ningún tipo de energía convencional (eléctrica o combustible) pues utiliza la fuerza de la gravedad para dar la presión necesaria al agua que recorre el campo a través del riego.
- Aplicar el agua de riego en forma localizada, continua, oportuna y eficiente.
- Adaptarse a cualquier suelo y condiciones topográficas diversas.
- Aplicar el agua y los fertilizantes cuando las plantas lo requieran.
- Alcanzar elevada eficiencia de aplicación, mayor a 90 %.

## **Desventajas**

- El trasplante es tedioso y requiere mucho tiempo (hasta 30 hombres por hectárea).
- Los trabajadores de plantación pueden sufrir de problemas de espalda (riesgo para la salud).
- Es difícil conseguir suficiente mano de obra en las horas punta.
- Es difícil mantener un espacio óptimo y la densidad de plantas uniforme, sobre todo con el trasplante al azar y mano de obra contratada.
- Los espacios cerrados dan como resultado plantas más alta y tallos más débiles fácil para acamarse (acame)
- El costo de producción es alto.
- Baja densidad de plantas con trasplante manual en base al área disminuye los rendimientos. (Madusanka, 2011)

### **4.1.2. El sistema de trasplante en hileras**

El trasplante se puede hacer a mano, colocando las plántulas en hileras, o se puede hacer con una máquina. Para trasplantar a mano el procedimiento es el siguiente: se toman los haces de tal manera que se facilite la separación de plántulas. (CIAT, 1980)

Con los dedos pulgar e índice, se separa del haz el número de plántulas que se vaya a sembrar en cada sitio y protegiendo las raíces con los otros tres dedos como el trasplante tradicional, se colocan las plántulas en el fango; se plantan a 3 centímetros de profundidad pero a no más de 5 centímetros. (CIAT, 1980)

Un solo trabajador puede trasplantar en hileras de la siguiente forma: se tiende una rafia de extremo a extremo a doble distancia de la última hilera, se siembra ésta y al llegar al extremo se cambia la rafia, se regresa sembrando por el medio de las dos hileras y al terminar se acomoda la rafia en línea recta para repetir nuevamente el procedimiento. (CIAT, 1980)

Para efectuar el trasplante se debe preparar el suelo mediante el sistema de inundación. Esta preparación debe iniciarse con la debida anticipación para que las plántulas no estén muy viejas ni muy jóvenes al momento de trasplantarlas. (CIAT, 1980)

A continuación se describe las ventajas y desventajas del sistema:

## **Ventajas**

- Este tipo de siembra garantiza un uso más eficaz de la semilla.
- Reduce los riesgos de estrés, monotonía y la salud.
- Reducción de la cantidad de semilla (aproximadamente 32 Kg/ha).
- Estabilidad y uniformidad en el rendimiento.
- Las plántulas se recuperan rápidamente, y maduran de manera uniforme.
- Producción de menor impacto ambiental. (Álvarez Rodríguez, J. A. 2011)

## **Desventajas**

- Las plántulas deben ser trasplantadas cuando tenga la edad de 20 a 25 días, y el trasplante mecánico es el más adecuado para sólo en las zonas de regadío.
- Plantar a la edad correcta, espacio, número de plántulas por posturas y a la profundidad apropiada.
- Se requiere buena preparación de la tierra, nivelación y la gestión del agua.
- Mantener el campo a saturación de agua hasta que las plántulas estén establecidas. (USAID, 1997)

## **4.2. Determinación de la capacidad del equipo agrícola en la preparación del suelo**

### **4.2.1 Capacidad de trabajo de las máquinas**

Es la cantidad de trabajo que puede efectuar una maquinaria agrícola en un tiempo determinado. Escogiéndose la unidad de producción más apropiada (ha/hr)

- **Capacidad teórica de trabajo (C)**

La Capacidad Teórica de Trabajo de un conjunto tractor-implemento, toma en cuenta el tiempo trabajado y depende del ancho operativo teórico del implemento y de la velocidad teórica de trabajo. (Botta, G. 2003)

$$C = \frac{At \times Vt}{10} (ha/h)$$

Donde:

At: Ancho teórico (m)

Vt: Velocidad de trabajo (m/s)

- **Capacidad efectiva de trabajo (Ce)**

La capacidad efectiva de trabajo nos indica el trabajo de un área determinada por una unidad de tiempo; en el presente trabajo, este parámetro se calculó teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$Ce = \frac{\text{Área total}}{\text{Tiempo total}} (ha/h)$$

También se puede calcular la capacidad efectiva de trabajo, teniendo en cuenta la eficiencia de campo:

$$C = \frac{Ae \times Ve}{10} \times Ef (ha/h)$$

Donde:

Ae: Ancho efectivo de trabajo (m)

Ve: Velocidad efectiva del tractor (m/s)

#### 4.2.2 Eficiencia de campo o de trabajo (Ef)

Es la relación entre el tiempo efectivo de trabajo y el tiempo total, pero se puede usar también la siguiente ecuación:

$$Ef = \frac{Ce}{C} * 100$$

Donde:

Ef: Eficiencia de trabajo (%)

Ce: Capacidad efectiva de trabajo (ha/h)

C: Capacidad teórica de trabajo (ha/h)

#### 4.3. Eficiencia de aplicación del agua de riego

La eficiencia de aplicación (EfA) se define como la relación entre el volumen de agua almacenado a profundidad radicular (utilizable por el cultivo) y volumen total que llega a la parcela.

El riego por gravedad o a pie es la energía que distribuye el agua por la parcela es la derivada de su propio peso, al circular libremente por el terreno a favor de pendiente. Con este método de riego se suele mojar la totalidad del terreno y requiere el reparto del agua mediante modificaciones físicas del terreno como canteros con alimentación por canal que fluye sobre la superficie del suelo para controlar su distribución.

De acuerdo con el concepto de eficiencia, las pérdidas por percolación dan lugar a una eficiencia que denominaremos eficiencia de percolación (EfP) , Las producidas por falta de uniformidad de reparto de caudal en la parcela de riego, lo que se denomina Eficiencia de Uniformidad (EfU).

• **Eficiencia de Uniformidad. (EfU)**

La eficiencia y uniformidad del riego suele ser alta si se maneja de forma adecuada, pudiendo superar el 90 %. La eficiencia por uniformidad del riego por superficie a nivel con cubrimiento total en canteros planos (CU), al que se le asigna valor mínimo de 0.9 en el diseño del sistema de riego, de donde:

$$EfU = CU$$

• **Eficiencia de Percolación (EfP)**

La estimación de las pérdidas de agua por percolación no controlables fuera del alcance radicular, se realiza incrementando las necesidades consuntivas del cultivo (ETc.) mediante factores distintos según tipo de suelo, siendo las cantidades de agua totales a aportar:

$$EfP = 1/f$$

Siendo:

EfP: Eficiencia de Percolación

f : Factor de incremento según tipo de suelo  
(Hoare, 1974)

La siguiente tabla, presenta valores de f y de EfP para distintos tipos de suelo, para riegos localizados.

**Cuadro 1:** Relación de la textura del suelo con la pérdida de agua por percolación

TEXTURA DEL SUELO	EfU	f	EfP
Arenoso	0.9	1.15	0.9
Franco – Arenoso	0.9	1.12	0.92
Franco	0.9	1.10	0.95
Franco Arcilloso	0.9	1.05	0.97
Arcilloso	0.9	1.00	1.00

Fuente: FAO(2006)

• **Eficiencia por salinidad de agua de riego (EfS)**

Cuando se utilizan aguas salinas, se deben aportar cantidades adicionales de agua para lixiviar (desplazar fuera de la zona radicular) las sales que pudieran acumularse en el bulbo humedo por efecto de la evapotranspiración de las plantas. La lixiviación de sales es práctica obligada en el control de la salinidad del medio de cultivo a nivel radicular.

$$EfS = 1 - RL$$

Donde:

EfS : Eficiencia por salinidad de agua de riego

RL : Mínimo requerimiento de lavado para controlar las sales en la zona radicular

Para la aplicación de EfS se tiene que tener en cuenta EfP, dado que los procesos de percolación de agua en el suelo que generan ambas eficiencias no se producen conjuntamente en el proceso del riego, actuando solo la eficiencia que provoca mayor pérdida de agua. En este sentido hay que distinguir:

Cuando  $EfP < EfS$ , es la cantidad de agua perdida por percolación es mayor que la necesaria para lixiviar sales por lo que en este caso solo interviene EfP, Siendo:

$$EfA = EfU * EfP$$

**4.3.1 Necesidades hídricas de los cultivos**

Cumpliendo su ciclo fenológico, los cultivos dependen fuertemente del agua, cuyo consumo está controlado por la energía radiante proveniente del sol y la energía del viento que favorece los cambios de estado de líquido a vapor. Por otra parte, la fuente de agua se encuentra en el suelo, a partir del cual las plantas extraen el agua según sus requerimientos. Se establece así un flujo suelo-planta-atmósfera, el cual requiere de un balance de agua y energía para entender el estado hídrico y las necesidades de agua del vegetal.

El sistema de riego comprende un conjunto de canales, los que se originan en las represas (canal maestro o primario), se distribuyen a los sectores del campo y permiten la llegada del agua a las parcelas a regar (canal secundario). En el dimensionamiento, marcado y construcción de los mismos se debe tener en cuenta que a menor pendiente mayor deberá ser la sección del canal.

### 4.3.2 Eficiencia del uso del agua (EUA)

Para evaluar la eficiencia en el uso del agua para riego, es necesario conocer el volumen de agua que consumen las plantas en el proceso evapotranspirativo y la cantidad de precipitación que puede ser aprovechada en dicho proceso. Estimar estos componentes es muy difícil, debido a la cantidad de factores del clima, del suelo y de las plantas que influyen.

Una función que permite evaluar dicha eficiencia, bajo el supuesto de que no hay aportación de agua del manto freático es:

$$EUA = \frac{Et + R - Pe}{Lr}$$

Donde:

Et : Lámina de evapotranspiración real, mm;

RL : Lámina de requerimiento de lavado, mm;

Pe : Precipitación efectiva, mm;

Lr : Lámina de riego aplicada, mm.

Desafortunadamente no hay medios satisfactorios para estimar los requerimientos de lavado agregados, cuando se consideran muchas parcelas con diferentes condiciones de afectación; tampoco es fácil estimar la evapotranspiración real de los cultivos, ni la precipitación efectiva.

No obstante, la eficiencia del uso del agua o llamado también productividad media, viene a ser el cociente de relacionar el rendimiento del producto (kg/ha) por unidad de agua usada en la evapotranspiración (m<sup>3</sup>/ha). La productividad media esta expresada en kg/m<sup>3</sup>.

### 4.4. Pérdidas de agua por percolación profunda

El presente trabajo ha demostrado que una considerada estimación, cantidad de agua se pierde por infiltración, de las pérdidas por percolación profunda durante los riegos por gravedad a través del bombeo con un modelo de simulación basado en la ecuación diferencial del movimiento de agua en el suelo no saturado de Richards.

De acuerdo con la Ley de Darcy para una filtración no saturada, la velocidad del movimiento vertical del agua  $V$  es directamente proporcional a la conductividad hidráulica en condiciones no saturadas  $K_\theta$  y al gradiente del potencial capilar  $d\psi/dz$ :

$$V = K_\theta - K_\theta \frac{d\psi}{dz}$$

Donde:  $z$  es la profundidad desde la superficie del suelo,  $K_\theta$  y  $\psi$  son funciones sólo de la humedad  $\theta$ .  $K$  es diferente de cero, si la humedad  $\theta$  es mayor a una humedad mínima  $\theta_0$ . Si  $\theta \leq \theta_0$ , entonces  $K_\theta = 0$

Al tomar en consideración que la percolación profunda total  $q_0$  en el transcurso de la infiltración del agua en el suelo durante un tiempo es igual a:

$$q_0 = q_1 + q_2$$

Es decir, que la percolación profunda del agua durante cada aplicación del riego  $q_0$  se puede considerar compuesta de dos partes:  $q_1$ , percolación sin aumento de la humedad del suelo debajo de la zona radical y  $q_2$ , parte del agua infiltrada hacia abajo, que participa en el aumento de humedad almacenada en las capas inferiores.

El volumen de las pérdidas del agua de riego en el subsuelo en forma de  $q_2$ , se determina básicamente por las formas del perfil de humedad  $\theta(z)$ . De acuerdo con la teoría de infiltración, la forma del perfil de humedad depende de la humedad inicial  $\theta_1$ , de la intensidad de lluvia  $i$  durante el riego por bombeo, de la altura (tirante) de la lámina de agua sobre la superficie del suelo cuando se aplican los riegos por gravedad, de la profundidad del manto freático y de las propiedades hidro-físicas del suelo.

La ecuación de Richards ha sido aplicada por muchos investigadores para simular el flujo del agua en suelos insaturados y parcialmente saturados, ya que la misma permite calcular la distribución subsuperficial del agua y consecuentemente estima la cantidad de agua almacenada en la zona radical considerando las condiciones iniciales y de frontera (Tabuada *et al.*, 1995). Dicha ecuación es la siguiente:

$$C(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K(\psi) \left( \frac{\partial \psi}{\partial z} - 1 \right) \right]$$

Donde  $z$  es la profundidad,  $t$  es el tiempo,  $C(\psi)$  es la capacidad específica y  $K(\psi)$  es la conductividad hidráulica expresada como una función del potencial  $\psi$ .

Para resolver esta ecuación se requiere conocer previamente las relaciones entre el contenido de humedad y la presión efectiva del agua  $\psi(\theta)$  y la conductividad hidráulica  $K(\theta)$ . Estas dos relaciones se les llaman las características hidrodinámicas del suelo. En la bibliografía existen diferentes tipos de ecuaciones para representar las funciones  $\psi(\theta)$  y  $K(\theta)$ .

La práctica numerosa del uso de los modelos de simulación del movimiento del agua a lo largo del perfil del suelo durante la infiltración, simula el movimiento vertical del agua en el suelo durante el proceso de infiltración y está basado en la ecuación de Richards, donde la función de  $\theta(\psi)$  se utiliza en la forma de Van Genuchten (1980):

$$\theta(\psi) = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{\left[1 + \left(\frac{\psi}{\psi_d}\right)^n\right]^m}$$

y la función de  $K(\theta)$  en la forma de Averyanov (1949) y Brooks y Corey (1964):

$$K(\theta) = K_s \left[ \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \right]^\eta$$

Donde  $\theta$  es el contenido volumétrico de humedad del suelo,  $\theta_s$  es la humedad volumétrica a saturación,  $\theta_r$  es la humedad residual,  $\psi$  es la tensión para un contenido de humedad  $\theta$  y  $m$ ,  $n$ ,  $\eta$  y  $\psi_d$  son parámetros de ajuste.

**Cuadro 2:** Características hidrodinámicas de los suelos

Suelo	Parámetros							
	$\theta_s$ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	$\theta_{cc}$ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	$\theta_r$ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	$K_s$ cm h <sup>-1</sup>	$-\psi_d$ cm	$m$ adim.	$n$ adim.	$\eta$ adim.
Arenoso	0.174	0.312	0.0265	15.37	22.90	0.550	2.2220	3.4551
Arcilloso	0.460	0.400	0.0000	0.45	16.57	0.542	2.1838	3.6893
Limoso	0.400	0.343	0.0600	2.50	50.00	0.500	2.0000	4.0407
Castor Loam	0.425	0.190	0.0100	1.20	61.00	0.350	1.8630	4.8000

Nota:  $m = 1 - 1/n$ ;  $\theta_s = \theta(\psi = 0)$ ;  $\theta_{cc}$  = capacidad de campo;  $\theta_r$  = humedad residual;  $K_s$  = conductividad hidráulica a saturación;  $\psi_d$ ,  $m$ ,  $n$ ,  $\eta$  = parámetros.

Fuente: (Ortiz, JN; Gavrilov, IN; Palacios Vélez, O.; Acosta Hernández, R., 1999)

Las pérdidas por percolación total ( $q_0$ ), sin tomar en consideración los procesos de avance del agua sobre la superficie del suelo, son insignificantes (menor que 10 % de la lámina de riego) para cualquier contenido de humedad inicial y profundidad de la zona radical cuando el manto freático está profundo.

#### **4.5. Marco conceptual y planteamiento del problema**

La premisa clave en esta investigación se refiere a que la solución a los problemas planteados se resuelven a partir de los conocimientos generados por las ciencias clásicas como por aquellos generados en el saber empírico y popular, los cuales también son reconocidos por su importancia en la generación y adaptación de tecnologías. (Bellmann, I. y Giordano, G. 2010)

##### **– Sistema de trasplante tradicional**

En este sentido, uno de los problemas planteados fue la dificultad en la realización de las labores de trasplante manual por los altos costos y/o escasez de mano de obra y, por lo tanto, la necesidad de poder realizar estas labores mediante maquinaria adecuada así como la trasplantadora mecanizada de arroz. (Bellmann, I. y Giordano, G. 2010)

La utilización de la rastreada en el cultivo de arroz, solo se recomienda para la preparación de tierras en terrenos que se cultivan por primera vez o en terrenos demasiado compactados. No obstante, cuando se inunda el campo producto de la precipitación, no se recomienda la utilización de la rastra de tiro, ya que se corre el riesgo de dañar los discos y ocasionar rupturas de las piezas durante la rastreada.

El alto uso del número de plántulas por golpe en el trasplante tradicional ocasiona alta densidad de siembra, ya que las raíces ni las plantas deben competir con otras por espacio nutrientes ni luz, ya que trasplanta 8 a 10 plántulas por golpe a una distancia que varía entre 15 y 25 cm, sin seguir ningún patrón definitivo. (Ver Figura 1)

El trasplante desordenado impide un normal desarrollo del macollo por la poca capacidad para producir tallos (macollaje) o un escaso número de tallos debido al espaciamiento entre plantas muy reducido y lo cual afecta al rendimiento de grano. (Cáceres, F. 2004)



**Figura 1.** Trasplante manual de forma tradicional

– **Sistema de trasplante en hileras**

En la época de lluvia, el terreno inundado es posible labrar con arado rotatorio que se engancha a los tres puntos del tractor y es accionado por la toma de fuerza del mismo y trabaja en campos fangosos, donde no es posible trabajar con la rastra de tiro.

El estudio de la realización del trasplante manual en hileras con un reducido número de plántulas por golpe, muestra la influencia positiva de la adecuación de la densidad de plantación y la equidistancia entre plantas (ver Figura 2) sobre la evaluación de la productividad obtenida en el rendimiento agrícola (toneladas por hectárea) en la cosecha.

El trasplante en hileras permite un mejor control y uniformidad del marco de plantación; facilita el empleo de deshierbe; menor afectaciones por concepto de plagas y enfermedades; así como una mejor facilidad en general para las labores agro técnicas, todo lo cual conlleva, entre otras cosas a mejoras en los rendimientos agrícolas y el balance económico.

El trasplante mecanizado reduce el excesivo uso de mano de obra que requiere el trasplante tradicional; además, desarrolla tecnologías de producción que hacen más eficiente el uso de los insumos que requiere el cultivo, con el fin de mejorar la rentabilidad de los productores arroceros. (CIAT, 1980)



**Figura 2.** Trasplante manual en hileras

En el sector Vainillas, distrito de Bajo Biavo, provincia de Bellavista, departamento de San Martín en donde se comenzó a trabajar en el estudio del método del trasplante más adecuado persiguiendo los objetivos de mejorar las condiciones de trabajo y productividad, a través de una herramienta relativamente sencilla y económica para realizar esta labor.

Es importante aclarar que el nuevo sistema de siembra por trasplante sobre suelo preparado e inundado es una práctica que sirve para experimentar el estudio de la tesis experimental y el trasplante alineado con cordel para una distribución uniforme y equidistante de las plántulas entre surco y entre golpes que permitió obtener una perfecta densidad de golpes por hectárea pero manteniendo su espacio y sin mucha competencia entre ellos, lo cual asegura buenos rendimientos.

#### **4.5.1 Antecedentes en maquinaria específica para el trasplante de arroz**

Según Bellmann, I. y Giordano, G. (2010), el trasplante en hileras se realizó un relevamiento de los antecedentes en maquinaria para sustituir la mano de obra por transplantadoras de arroz.

El modelo en maquinaria destinado al trasplante del cultivo de arroz atraviesa una amplia gama de variantes. Se encontraron distintos modelos automáticos dirigidos por GPS, modelos de tracción mecánica en los cuales el operador puede ir sentado manejando la

maquinaria y modelos traccionados por el hombre (en los cuales la tarea se realiza por medio de mecanismos de transmisión con piñones y cadenas). (Bellmann, I. y Giordano, G. 2010)

Las máquinas destinadas a grandes explotaciones intensivas poseen una notable ventaja que es la precisión con la que dejan la plántula sobre el suelo, en cambio las máquinas más sencillas colocan de tres a cuatro plántulas por vez. También existe variación en los modelos en cuanto a la cantidad de hileras que se pueden trabajar en una pasada. (Bellmann, I. y Giordano, G. 2010)

En la foto se pueden observar un modelo que trabaja sobre seis hileras del International Rice Research Institute en Filipinas (IRRI). (Ver Anexo 19).

La compañía Weifang Baoshen Import & Export Trading Co., Ltd. (China) ofrece dos modelos, de 6 u 8 surcos, en los que el operario va sentado sobre la máquina que se desliza sobre tres ruedas que son traccionadas por un motor diesel de 4hp/5hp y se encuentra en el mercado por US\$1.800 (2013). (Ver Anexo 20).

La marca Daedong, proveniente de Corea del Sur, se caracteriza por disponer de numerosos sensores y sistemas electrónicos que controlan todos los parámetros del proceso de trasplante de arroz. (Ver Anexo 21)

La empresa Kubota (Japón) posee varios modelos en el mercado actual, uno en el que el operario dirige la máquina manejando sobre de la misma, que se desliza sobre cuatro ruedas, con motor diésel, con marcador de surcos, techo opcional para el operario y hasta GPS. Esta empresa ofrece además otros modelos con otras prestaciones. (Ver Anexo 22).

Si bien existe una amplia gama de empresas japonesas que ofrecen al mercado este tipo de máquinas como Iseki y Yanmar, los modelos son similares (Ver Anexo 23), es decir que se basan en los mismos principios.

#### **4.5.2 El proceso de selección de maquinaria**

(Bellmann, I. y Giordano, G. 2010) Manifestaron que este proceso implica la selección del prototipo para la verificación y/o reformulación del proyecto. En este trabajo se describe la selección de la trasplantadora durante el estudio experimental.

Para la selección se comenzó con un análisis y estudio sobre:

- a. Estado del arte: revisión de los antecedentes de máquinas trasplantadoras
- b. El cultivo de arroz por medio de trasplante y la comparación con la siembra tradicional
- c. Análisis del entorno (usuario, situación socio-económica, geografía)

Las alternativas fueron también revisadas en la elección del modelo definitivo de la trasplantadora, y Kubota tiene la amplia gama de modelos de cuatro a diez hileras en el mercado actualmente.

Finalmente en el seno del espacio de trabajo se consensuó el desarrollo de la elección de una trasplantadora acorde a las necesidades y gustos de los futuros usuarios es la trasplantadora de arroz de seis hileras, modelo Kubota WP60D (Ver Anexo 24) con motor diésel de tres cilindros con 17 caballos de fuerza. (Bellmann, I. y Giordano, G. 2010)

Mecanizar los trabajos intensivos de cultivo de arroz reduce costos de mano de obra para una mayor eficiencia.

#### **4.6. El cultivo del arroz**

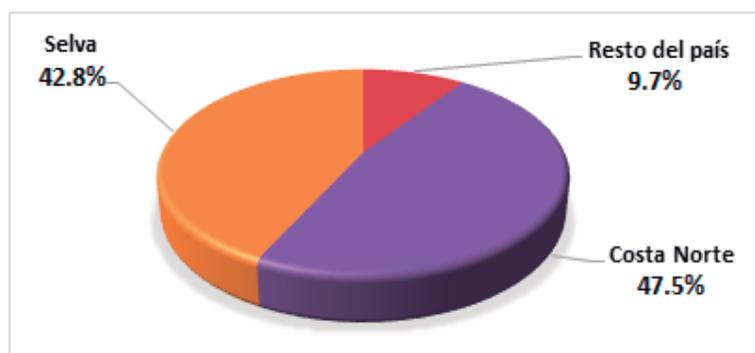
El arroz (*Oryza sativa L.*) es una gramínea domesticada y es a la vez un cultivo milenario, se tiene evidencia, que en algunos países del continente asiático se cultiva desde hace unos 8,000 años. En términos de la producción mundial de los cereales, el arroz ya supera al trigo. (SAG. Secretaria de Agricultura y Ganadería, Honduras. 2003).

El cultivo del arroz en el Perú es uno de los más importantes dentro de la estructura productiva agraria; importancia dada por ser un cereal que se destina casi exclusivamente a la alimentación humana. (Vasquez, V. 2010)

##### **4.6.1 Importancia del cultivo del arroz**

Tanto en el ámbito nacional como internacional, el arroz es uno de los cultivos de mayor importancia, por lo que éste cereal representa en la alimentación de la población mundial. La tendencia creciente en la superficie sembrada en este cultivo se debe principalmente por el aumento en el consumo interno, el cual está aproximadamente en 63.5 kg de consumo anual por persona. (MINAG, 2013)

En la costa norte se concentra el 47.5% de la producción nacional de arroz, en la selva aproximadamente el 42.8% y el resto del país el 9.7% (incluidos departamentos de la sierra del país). (MINAG, 2013)



**Figura 3.** Producción de arroz en las regiones del Perú.

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. 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. La siembra de arroz generalmente se realiza por medio de trasplante manual. (Trama, Rizo-Patrón y McCoy, 2008)

En el país, la siembra de arroz generalmente se realiza por medio de trasplante. Se establecen semilleros y cuando las plantas tienen aproximadamente unos 20 cm de altura se trasplantan a las parcelas definitivas. De esta forma, se evita la aplicación de plaguicidas en todas las parcelas, realizándose solamente en el semillero. (Trama, Rizo-Patrón y McCoy, 2008)

#### **4.6.2 Zonas agroecológicas de producción de arroz en el Perú**

Las principales regiones productoras de arroz cáscara en el país son: San Martín, Piura, Lambayeque, La Libertad y Arequipa, principalmente.

Costa Norte (49,65%): Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad y Ancash

Costa Sur (7,79%): Arequipa

Selva Alta (37,66%): San Martín, Amazonas, Huánuco y Cajamarca.

Selva Baja (4,43%): Loreto, Ucayali y Madre de Dios; Otros (0,47%)

(MINAG – DGCA – DIA, 2009)

### 4.6.3 Clasificación botánica

El arroz se define como una gramínea anual de tallos redondos y huecos compuestos de nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unida a los tallos por la vaina y su inflorescencia es una panícula.

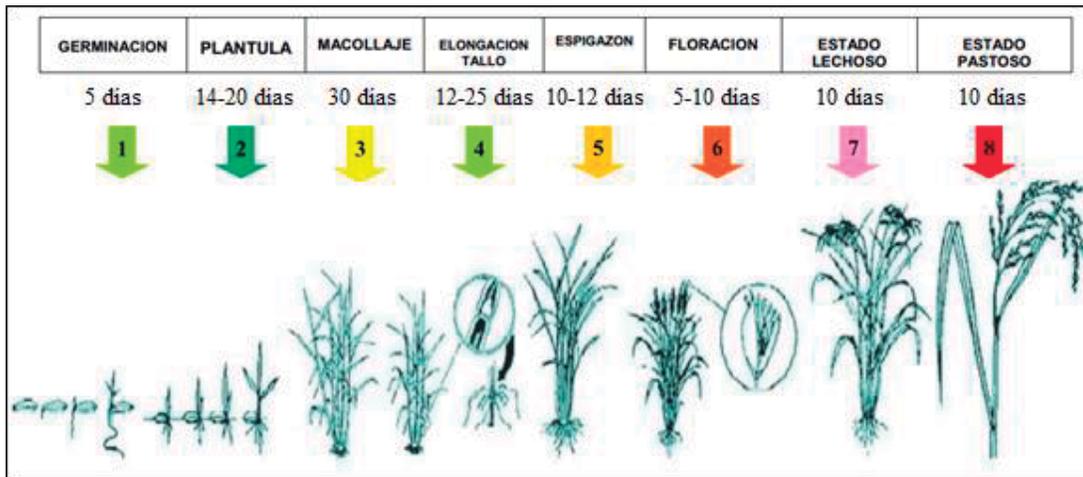
**Taxonomía:** El arroz es una fanerógama, tipo espermatofita, subtipo angiosperma.

**Cuadro 3:** Taxonomía y descripción botánica del arroz

Posición taxonómica del arroz	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Monocotiledónea
Orden:	Glumifora
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Panicoideas
Tribu:	Oryzae
Subtribu:	Oryzineas
Género:	Oryza
Especie:	sativa

### 4.6.4 Fenología

La fenología mide los diferentes estados o fases de desarrollo de la planta, mediante una apreciación visual en la que se determina los distintos eventos de cambio o transformación fenotípica de la planta, relacionados con la variación climática (MUJICA, *et al*, 2009).



**Figura 4.** Fenología del arroz La Esperanza

1. **Germinación:** La germinación de la semilla tiene lugar en diversas fases sucesivas, a saber: Hinchamiento de la cariósida, rotura de la envoltura externa, aparición de la punta del coleóptilo, emergencia del mesocótilo y desarrollo de la primera hoja cilíndrica y formación de la raíz primaria, de forma simultánea con el crecimiento del coleóptilo, y formación de las raíces secundarias. (5 Días)
2. **Plántula:** Etapa en la formación de la segunda o tercera hoja, la planta embrionaria vive de forma autónoma, mediante los elementos nutritivos que obtiene de las reservas acumuladas en la propia semilla. Después, la planta se desarrolla alimentándose de los nutrientes del terreno, mediante el aparato radicular secundario, y del aire, a través de la fotosíntesis. (De 14 a 20 días)
3. **Macollaje:** La capacidad para producir tallos (macollaje) es una característica varietal. (30 días)
4. **Elongación del tallo:** Formación interior de la inflorescencia (primeras plantas preñadas). (De 12 a 25 días)
5. **Espigazon:** Es la fase de la aparición de las primeras inflorescencias visibles (Panícula). (10 a 12 días)
6. **Floración:** Se observa las inflorescencias visibles (Panícula) en casi todo el campo. (De 5 a 10 días)
7. **Estado lechoso:** En esta etapa se inicia la formación y llenado de granos con un líquido lechoso y es fundamental para la determinación del rendimiento. (10 días)
8. **Estado pastoso:** Es la etapa de endurecimiento de los granos, la panícula dobla su punta en arco de 180°. (10 días)

#### 4.6.5 Requerimientos climáticos

Meses	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Estados Fenológicos (Fase/días)	Germinación				
	Ahijamiento				
	Plantúlas				
	Macollamiento				
	Elongación del tallo				
	Espigazón				
	Floración				
	Estado lechoso				
	Estado pastoso				
	Maduración				
Temperatura Óptima (°C)	20-35	25-30	25-30	25-30	25-30
Temperatura Crítica (°C)	< 15 a 35 >	< 15 a 35 >	< 15 a 35 >	< 15 a 35 >	< 15 a 35 >
Humedad óptima (%)	80 - 85	80 - 85	80 - 85	80 - 85	80 - 85
Déficit hídrico	Sensible	Sensible	Sensible	Sensible	Tolerante
Periodo vegetativo (dds)	30	60	90	120	150

Fuente: MINAG – DGCA – DIA, 2009.

**Figura 5.** Requerimientos climáticos

El arroz necesita para germinar un mínimo de 10 a 13 °C, considerándose su óptimo entre 30 y 35 °C. Por encima de 40 °C no se produce la germinación. El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo exigible de 7 °C, considerándose su óptimo en los 23 °C. Con temperaturas superiores a ésta, las plantas crecen más rápidamente, pero los tejidos se hacen demasiado blandos e inconsistentes, siendo más susceptibles a los ataques de enfermedades. El mínimo de temperatura para florecer se considera de 15 °C. El óptimo de 30 °C. Por encima de los 50 °C no se produce la floración. Las temperaturas altas de la noche intensifican la respiración de la planta, con lo que el consumo de las reservas acumuladas durante el día por la función clorofílica es mayor. Por esta razón, las temperaturas bajas durante la noche favorecen la maduración de los granos. (MINAG – DGCA – DIA, 2009)

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Materiales**

#### **5.1.1. Localización experimental**

El trabajo de investigación se realizó en el sector Vainillas, ubicada en el departamento de San Martín, provincia de Bellavista, distrito de Bajo Biavo a una altitud de 245 m.s.n.m. Geográficamente se encuentra ubicada a los 07° 04.987' latitud Sur y 076° 30.081' longitud Oeste. (ver Figura 5)

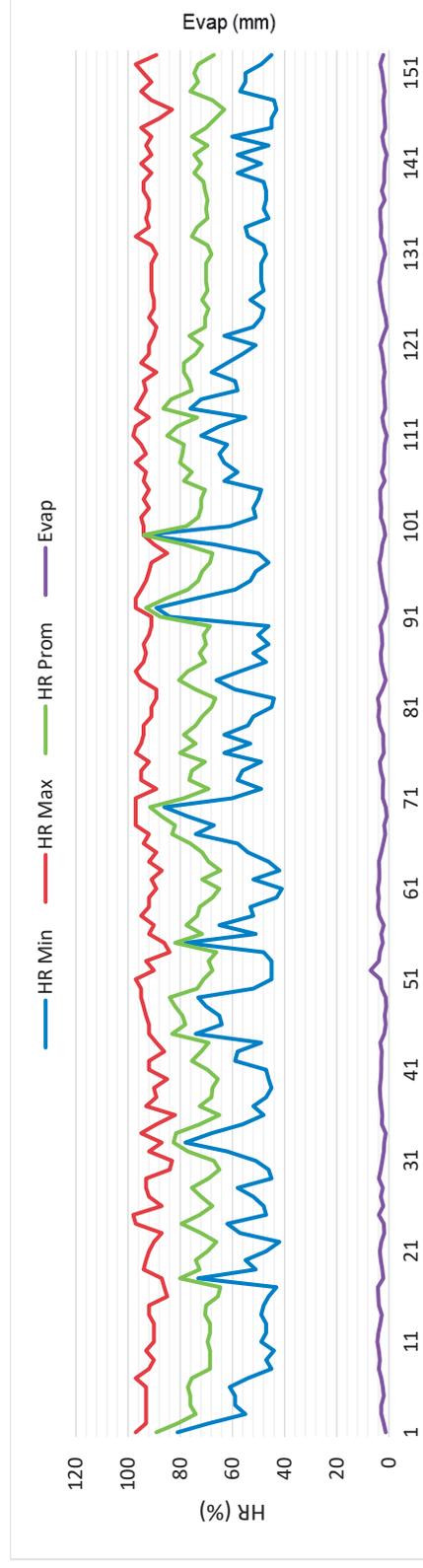
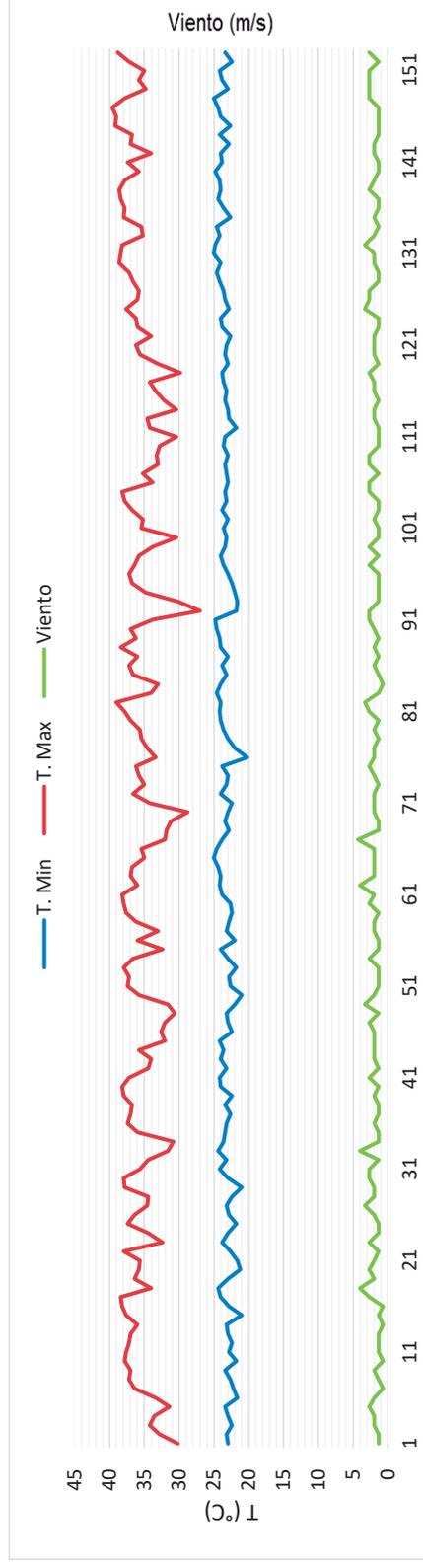
#### **5.1.2. Características climáticas de la zona**

En cuanto a las temperaturas registradas se tuvo una máxima de 37.10°C en el mes de enero del 2016 y una mínima de 22.65 °C en el mes de septiembre del 2015. La velocidad del viento se mantuvo con a un promedio de 1.90 m/s. La máxima humedad relativa fue 93.45% en el mes de diciembre del 2015 y una mínima de 49.87 %, en el mes de enero del 2016. Durante el mes de noviembre hubo mayor precipitación de 144 mm. La evapotranspiración de referencia máxima fue 2.99 mm/día en el mes de septiembre del 2015. (Senamhi, 2016)

#### **5.1.3. Fuente de agua**

En San Martín, las siembras se realizan en 93% bajo riego por gravedad, 5% con bombeo y 2% bajo secano, con un nivel de tecnología intermedio e intensivo uso de mano de obra pues aún son muy escasas las experiencias de uso de técnicas modernas de cultivo. Aunque la estacionalidad no es muy marcada, a razón de que se siembra todo el año, se aprecia un incremento habitual de producción entre los meses de abril a agosto. En el presente trabajo se realizó el riego con bombeo proveniente del río Huallaga que abastece el agua hacia las parcelas por medio de un canal común. (Arroz en San Martín, TarapotoNegocios)





**Figura 7.** Condiciones meteorológicas diarias a lo largo de los meses de Septiembre del 2015 a Enero del 2016. Elaborado con información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Dirección Regional San Martín – Tarapoto.

#### 5.1.4. Suelo

Para la caracterización físico-química del área en estudio, se realizó un muestreo del suelo de un kilo y se llevó al Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliarens de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín para el análisis de caracterización de suelos y 15 kilos de suelo al Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la facultad de Ingeniería Civil para la densidad en sitio método de la arena y relación densidad-humedad (Proctor modificado) para determinar el grado de compactación. De acuerdo al resultado del análisis del suelo presenta una textura arcilla. Presenta una reacción moderadamente alcalina. El porcentaje de materia orgánica (3.12%) es medio, por lo tanto el porcentaje de nitrógeno en el suelo es normal (0.156%). El resultado de la densidad del suelo en el grado de compactación es de 60%, esto quiere decir que aún no está compactado al 95% de dato mínimo requerido por norma para asegurar que la sub-rasante es aceptable y de buena uniformidad, y con una densidad máxima de  $1.767 \text{ grs/cm}^3$  y el suelo compactado tiene un contenido de humedad óptima igual a 12.10%. En conclusión es un suelo apropiado para instalar el sistema de siembra tradicional, siendo apto para el cultivo de arroz. (Fuente: Elaboración propia)

**Cuadro 4:** Análisis de caracterización del suelo

N° M	Análisis Físico			Elementos disponibles				Análisis Químico meq/100g																																										
	% Are	% Arc	% Lim	Clase Textural	pH	C.E. (μS)	% M.O.	N %	P (ppm)	K (ppm)	CIC	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al	Al + H																																	
1	35	45	20	Arcilla	8.35	690.01	3.12	0.156	15.36	213.02	25.67	21.03	3.12	0.9800	0.545	0.00	0.00																																	
<hr/>																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>pH</th> <th>C.E. (mS)</th> <th>% M.O.</th> <th>% N</th> <th>P (ppm)</th> <th>K (ppm)</th> <th>Ca<sup>++</sup></th> <th>Mg<sup>++</sup></th> <th>Na<sup>+</sup></th> <th>Al</th> <th>Al + H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8.35</td> <td>690.01</td> <td>3.12</td> <td>0.156</td> <td>15.36</td> <td>213.02</td> <td>21.03</td> <td>3.12</td> <td>0.9800</td> <td>0.00</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>Moderamente alcalino</td> <td>No hay problemas de sales</td> <td>Medio</td> <td>Normal</td> <td>Alto</td> <td>Medio</td> <td>Muy alto</td> <td>Alto</td> <td>Normal</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>																		pH	C.E. (mS)	% M.O.	% N	P (ppm)	K (ppm)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	Al	Al + H	8.35	690.01	3.12	0.156	15.36	213.02	21.03	3.12	0.9800	0.00	0.000	Moderamente alcalino	No hay problemas de sales	Medio	Normal	Alto	Medio	Muy alto	Alto	Normal		
pH	C.E. (mS)	% M.O.	% N	P (ppm)	K (ppm)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	Al	Al + H																																								
8.35	690.01	3.12	0.156	15.36	213.02	21.03	3.12	0.9800	0.00	0.000																																								
Moderamente alcalino	No hay problemas de sales	Medio	Normal	Alto	Medio	Muy alto	Alto	Normal																																										

Fuente: Laboratorio de Suelos, Aguas y Follares de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Martín.

**Cuadro 5:** Densidad de suelo de los campos de pruebas método de la Arena

<b>DENSIDAD DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR -</b>			
CERTIFICADO	L - 1534	MÉTODO	: AASHTO T-180 "D"
GRAVA 3/4"	0.00 %	MÁXIMA DENSIDAD SECA	: 1,767 gr/cc
P.e de GRAVA	0.000 gr/cc	HUMEDAD OPTIMA	: 12.10%

ENSAYO N°	1
Progresiva	-
Lado	I
Frasco N°	1
Peso del frasco más arena	6246
Peso frasco + arena sobrante	2566
Peso Arena en con y placa	1420
Peso Arena en hoyo	2260
Densidad Arena calibrada	1.430
Volúmen del hoyo	1580
Peso de la muestra húmeda	2130
Peso de la muestra seca	1686
Peso de la grava 3/4"	0
% de grava	0.0
Densidad húmeda	1.348
Densidad seca	1.067
Densidad corregida AASHTO T-224	1.767
Grado de compactación (%)	60

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO**

<b>Con Speedy (AASHTO T-217)</b>	
Recipiente N°	51
Peso rec. Más suelo húmedo	195.1
Peso rec. Más suelo seco	174.2
Peso del recipiente	94.7
Peso del agua	20.9
Peso de la muestra seca	79.5
% de humedad (AASHTO T-265)	26.3

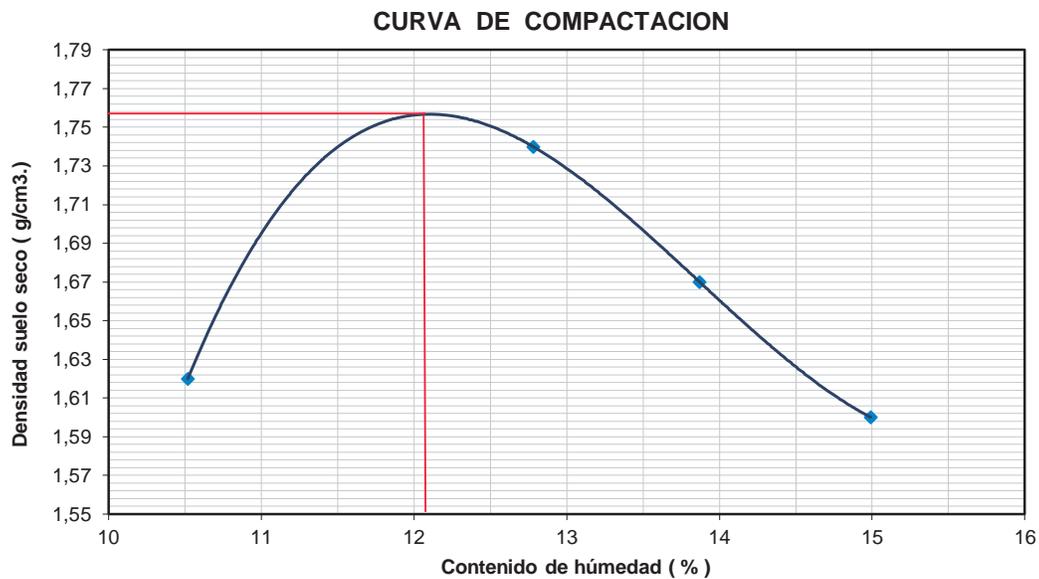
**Cuadro 6:** Relación Densidad-Humedad (Proctor Modificado) ASTM D-1557

Método “A” MTC E-115

Determinación del contenido de Humedad								
MUESTRA N°	1	2	3	4	5	6	7	8
PESO DEL TARRO (grs)	108.00	86.90	109.30	110.0	100.0	78.60	111.10	112.80
PESO DEL TARRO + MUESTRA HÚMEDA	210.60	187.00	213.30	212.90	204.10	180.50	214.60	215.60
PESO DEL TARRO + MUESTRA SECA	200.10	178.20	201.40	201.35	190.90	168.60	200.80	202.50
PESO DEL AGUA	10.50	8.80	11.90	11.55	13.20	11.90	13.80	13.10
PESO DEL MATERIAL SECO	92.1	91.3	92.1	91.4	90.9	90.0	89.7	89.7
CONTENIDO DE HUMEDAD	11.40	9.64	12.92	12.64	14.52	13.22	15.38	14.60
% PROMEDIO	10.52	12.78	13.87	14.99				

Determinación de la Densidad				
CONTENIDO DE HUMEDAD %	10.52	12.78	13.87	14.99
PESO DEL SUELO + MOLDE (grs)	3708.00	3875.00	3810.00	3750.00
PESO DEL MOLDE (grs)	2028.00	2028.00	2028.00	2028.00
PESO DEL SUELO (grs)	1681	1847	1782	1722
DENSIDAD HÚMEDA (grs/cm3)	1.79	1.97	1.90	1.83
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.62	1.74	1.67	1.60

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.767
Humedad Optima %	12.10



**Figura 8.** Curva de compactación de Relación Densidad-Humedad

### **5.1.5. El tractor agrícola Massey Ferguson 4292 HD para trasplante tradicional**

Este tractor responde a las exigencias agrícolas de la época moderna. Ha sido diseñado para las diversas actividades de labranza, caracterizándose por sus tres cualidades: fuerza, productividad y economía.

El tractor Massey Ferguson 4292 superan en ventajas y beneficios a la competencia, dando además al cliente final la confianza de que está adquiriendo un producto de alta calidad, con mayor valor de reventa, un eficaz servicio de soporte a través de nuestra red de distribuidores y la más amplia garantía en el mercado. El diseño del tractor Massey Ferguson 4292 es robusto, moderno y actual, acorde con los nuevos tiempos.

El tractor Massey Ferguson 4292 HD con motor AGCO Sisu Power 420 DS Turbodiésel de cilindrada 4.4 con 4 cilindros, 117 HP, 420 Nm a 2200 rpm), tiene transmisión sincronizada de 12 marchas adelante y 4 marchas en reversa, el embrague es autoajustable Split Torque, la dirección es hidrostática, frenos a disco en baño de aceite, la Toma de Potencia es independiente de accionamiento hidráulico (540/1.000 rpm), el sistema hidráulico es de alto caudal (69 litros/minuto), dos válvulas de control remoto, levante de 3 puntos Ferguson (210 bar, 3.800 kgfr), tanque de combustible de 200 litros y renovado diseño con capó rebatible, y plataforma de comando. El tipo del sistema hidráulico de levante es de Categoría II.



**Figura 9.** Massey Ferguson 4292 HD

**Cuadro 7:** Especificaciones técnicas del tractor Massey Ferguson 4292 HD

Especificaciones técnicas Massey Ferguson 4292 HD		
Performance	Potencia de motor en cv (kW)	110 (81,2)
	Potencia máxima de la toma de potencia (cv)	100
	Torque máximo (Nm)	430
	Rotación nominal del motor (rpm)	2200
Motor	Modelo / Marca	420DS / AGCO POWER
	Número de cilindros	4
	Cilindrada - $cm^3$	4400
	Aspiración	Turbo
	Combustible	Diésel
Embrague	Cabinado / Plataformado	Splittorque
	Material de disco	Cerametalico
	Diámetro (transmisión) - mm	330
Sistema de dirección	Tipo	Hidrostática
Sistema hidráulico	Levante de tres puntos	Control de posición
	Controles	Mecánico
	Capacidad para levantar la rótula - kgf	3800
	Caudal máximo - l/min	27
	Máxima presión - bar (kg/cm <sup>2</sup> )	210 (214)
	Categoría	II
Eje delantero	Accionamiento	Eléctrico - Hidráulico
	Bloqueo diferencial	4 x 4 Automático
Eje trasero	Reducción final	Epicíclica
	Bloqueo diferencial	Accionamiento por pedal
Frenos	Tipo	Discos en baño de aceite
	Servicio	Hidráulico
	Estacionamiento	Palanca y cable
Capacidades	Tanque de combustible - l	200
	Caja del cigüeñal - l	13
	Transmisión / Hidráulico - l	46
Peso y dimensiones	Peso con lastre - kg	6050
	Longitud total - mm	4270
	Altura máxima - mm	2600
	Distancia entre ejes - mm	2610
	Vano libre medio - mm	400
	Manómetros (mínimo / máximo) - mm	
	Delantera - mm	1390-1990 / 1645-2040
	Trasera - mm	1560 - 2165
	Radio de giro - mm	
	Con freno	3750
Sin freno	4220	

Fuente: Catalogo Massey Ferguson 4292 HD

○ **Rastra de Tiro Massey Ferguson MF-RT1824**

Diseñada para trabajar de manera sencilla y segura, de fácil ajuste y operación, se adapta a diferentes condiciones de terreno. Realiza labores de preparación de suelos, control de maleza e incorporación de residuos.

La armazón principal, secciones de discos, enganche y eje de transporte, están fabricados en acero estructural, el cual ofrece una gran resistencia a la torsión. Tiene cinco posiciones de ajuste para el ángulo de ataque en ambas secciones de discos, que permiten un rastreo impecable en cualquier tipo de terreno. Con husillo de ajuste fino que hace de la nivelación del equipo una tarea sencilla. Las placas de enganche pueden ajustarse para que el implemento trabaje directamente detrás del tractor o desplazado hacia la izquierda o derecha según se requiera.

**Cuadro 8:** Especificaciones técnicas de Rastra de Tiro MF-RT1824

Especificaciones técnicas de Rastra de Tiro MF-RT1824		
Modelo		MF-RT1824
Tipo de enganche		De tiro excéntrico autonivelable
Número de discos		18
Discos	pulg	24" X 1/4
Delanteros		Dentados
Traseros		Lisos
Separación entre discos	pulg	9"
Armazón o bastidor	pulg	Perfil tubular 4" x 4"
Ancho de trabajo	metros	2.00
Eje de discos	pulg	Barra cuadrada de 1 1/2"
Profundidad de trabajo		Controlada hidráulicamente
Ángulo de ataque sección delantera	grados	15°, 17°, 19°, 21° y 23°
Ángulo de ataque sección trasera	grados	17°, 19°, 21°, 23° y 25°
Número de baleros		6
Limpiadores de discos		Estándar (ajustables)
Llantas		7.00 x 16
Cilindro	pulg	3" x 8"
Peso aproximado	kg	1,250
Caballaje mínimo del tractor	hp	60

○ **Hoja niveladora o rufa**

Pala niveladora de 2.1 metros de ancho reforzada y tiene el propósito para hacer trabajo de nivelación de terrenos. Cuchilla reversible e intercambiable de acero, con capacidad de rotación 360° sobre los pernos, Tiene doble regulación, recomendada para tractores a partir de 22 HP. Únicamente para mover y nivelar materiales sueltos.

### **5.1.6. El tractor agrícola Kubota M7040 para la siembra técnica**

El tractor Kubota M7040 es una máquina de 70 HP con motor diésel cuatro cilindros e inyección directa con enfriador de aceite de aspiración natural. Cuenta con inversión de marcha, bloqueo del diferencial delantero automático y trasero mecánico. Cuenta con dirección hidrostática y doble transmisión totalmente sellada.

El M7040 está equipado con este motor de alto rendimiento con turbo compresor que proporciona gran potencia y una reserva de torque, dándole la capacidad trabajar aún con las aplicaciones de trabajo pesado.

Posee una transmisión sincronizada de cuatro velocidades principales con una gama alta y una baja, dándole en total 8 marchas hacia adelante y 8 marchas hacia atrás. El cambio principal le permite cambiar “sobre la marcha”, haciendo más eficiente el funcionamiento.

El enganche de 3 puntos categoría I y II tiene un eslabón ajustable, varilla de elevación tipo tensor y estabilizadores telescópicos para proporcionar un acoplamiento más rápido y fácil de los implementos de montaje superior. Lo que permite acoplar con el rotocultivador Breviglieri B60 de 205 cm de longitud con 1505 kilos de peso.



**Figura 10.** Kubota M7040

**Cuadro 9:** Especificaciones técnicas de tractor Kubota M7040

Especificaciones técnicas Kubota L4508		
Modelo	M7040 4WD	
Motor	Tipo	Kubota V3307-DI-T
	N° de cilindros	4
	desplazamiento total	3,331
	potencia bruta (HP)	71
	potencia neta (HP)	66,6
	Velocidad nominal (rpm)	2600
	Capacidad del depósito del combustible (l)	70
Dimensiones	Longitud total (mm)	3500
	Ancho total (mm)	1860
	Altura total (mm)	2470
	Distancia entre ejes (mm)	2050
	Mínima distancia al suelo (mm)	430
	Rodamiento frontal (mm)	1420, 1520
	Rodamiento trasero (mm)	1420 - 1720
Peso (kg)	2,180	
Embrague	Discos múltiples en baño de aceite	
Sistema de desplazamiento	Bloqueo de diferencial (delantera / trasera)	Diferencial Limitado / Mecánico
	Cambio de marcha (frente / reversa)	Inversor hidráulico
	Dirección	Hidráulica asistida
	Transmisión	8 adelante y 8 atrás
	Freno principal	Múltiples discos húmedos
	Radio mínimo de giro (m)	3,6
	Velocidad máxima (km/h)	29,7
Hidráulica	Eganche del 3er punto	Rígidos extremos inferiores fijos
	Capacidad de la bomba (l/min)	40,1
	Eganche de 3 puntos	Categoría I / Categoría II
	Capacidad en punto de elevación (kg)	1594
	Capacidad de elevación a 610 mm (kg)	1012.5
TDF	Velocidad del motor (rpm)	540

Fuente: Catalogo Kubota M7040

#### ○ **Rotocultivador Breviglieri B60**

El rotocultivador Breviglieri B60 de 1.85 metros y está desarrollado por una máquina operadora equipada con aperos de 42 cm, se hace girar con fuerza por la toma de potencia del tractor Kubota M7040 para aplastar finamente y pulverizar el suelo en seco, así como campos húmedos. La labranza rotativa desenterrar las malas hierbas y mezclar en el suelo haciendo abono natural y mejorando así la calidad del suelo.

### 5.1.7. Material genético

Se utilizó semilla certificada de arroz de la variedad INIA 509- La Esperanza. La semilla está caracterizada por presentar alto potencial de rendimiento en campo, tolerancia a plagas (*Pyricularia grisea*), principalmente; además de buen comportamiento agronómico y buena calidad molinera y culinaria.

**Cuadro 10:** Datos generales de la variedad INIA 509-La Esperanza

Nombre de la variedad	Adaptación
INIA 509 – La Esperanza	La zona agro-ecológica corresponde a selva alta húmeda, clima predominantemente cálido y húmedo, con una estación sin lluvias que corresponde al invierno austral; con precipitaciones que oscilan entre 600-1200 mm y temperaturas promedio de 26°C. Actualmente se cultiva en la región San Martín.
<b>Lugar y año de liberación</b>	
Región San Martín, 2009	
Obtendor y mantenedor	Principales usos
Instituto Nacional de Innovación (INIA)	El principal uso del arroz es en las comidas, para acompañar preparados como ensaladas, estofados, guisos, carnes, entre otros. También es utilizado en recetas dulces.
Método de mejoramiento	Agroindustria: Pilado de arroz.
Cruce triple (CT7948-AM-14-3-1/CT9038-5-5C-8C-3C-1C-M//Selva Alta)	
Características cuantitativas	
Periodo vegetativo	135 días
Altura de panta	100 cm
Rendimiento potencial	11,5 T/ha
Peso de 1000 granos	27 gr
Traslucencia del grano	95%
Rendimiento total de pilla	72%
Grano entero	62%
Grano quebrado	10%
T* gelatinización	Intermedia
Amilosa	24%
Período de domancia	40 días
Características agronómicas	
"INIA 509 – La Esperanza"; supera a la variedad Capiróna en resistencia a un mayor número de razas de <i>Pyricularia grisea</i> y por su buen arquetipo de planta presenta resistencia a la tumbada.	

Fuente: Estación Experimental Agraria “El Porvenir”. INIA (2010).

### 5.1.8. Equipos, herramientas y software

**Cuadro 11:** Herramientas, equipos y software

<b>Objetivo</b>		<b>Herramientas</b>
<b>i.</b>	Realizar la prueba de capacidad de trabajo de tractores	Cronómetro, bandeja de medición, lápiz.
<b>ii.</b>	Determinar la altura de planta	Wincha, sobre, etiquetas.
<b>iii.</b>	Determinar la distancia de panículas	Bandeja, regla, etiquetas.
<b>iv.</b>	Calculo de macollos y panojas por metro cuadrado	Tijera, rafias, cuaderno de campo, etiquetas.
<b>v.</b>	Realizar la preparación del suelo	Rastra, Lampa, Rotocultivador.
<b>vi.</b>	Realizar la muestra de suelos	Lampa, sobre de papel.
<b>vii.</b>	Determinación del rendimiento y sus componentes.	Hoz, costal, vernier
<b>viii.</b>	Medición de las áreas de cada parcela	GPS Oregon 650
<b>Equipos</b>		
<b>i.</b>	Determinar imágenes	Cámara fotográfica
<b>ii.</b>	Obtención del peso de grano	Balanza analítica, balanza precisión
<b>iii.</b>	Actividades fitosanitarias	Fumigadoras
<b>iv.</b>	Redacción de la tesis.	Laptop
<b>Software</b>		
<b>i.</b>	Para el análisis estadístico	SAS, Minitab 17
<b>ii.</b>	Cálculos y tablas	Microsoft Excel 2007

Fuente: Elaboración propia

## **5.2. Metodología**

### **5.2.1. Manejo de suelos del cultivo**

#### **A. Requerimientos para sistema de trasplante tradicional**

##### **i. Preparación de terreno**

La preparación de tierras para el trasplante tradicional se realizó con tractor Massey Ferguson realizando labores de rastreado para romper la primera capa de tierra de la parcela que se sembró; se continuó con la rastra de discos para desmenuzar los terrones de tierra en la parcela con dos pasadas.

La rastra pesada es el implemento más generalizado y utilizado para la preparación de tierras en el cultivo del arroz y se debe a la versatilidad de este implemento en la preparación de tierras. Generalmente son suficientes efectuar de dos a cuatro pases de rastra pesada para lograr un buen mullido del suelo para sembrar arroz. Sin embargo, debe de tenerse en cuenta que la humedad del suelo es determinante para obtener una buena preparación del suelo. Se aconseja que el último pase de rastra se efectúe antes del remojo del campo.

Luego se nivela la parcela para un mejor control de la lámina de agua y por último se pasa la hoja niveladora (rufa), para una distribución uniforme del lodo y del agua en el cultivo (arroz bajo riego).

La pala niveladora consiste en una hoja metálica montada en el enganche de tres puntos del tractor y cuya profundidad de corte se regula con el levante hidráulico del tractor. Se utiliza para mover el suelo de las partes altas a las partes bajas del terreno, ya que aún en parcela nivelada en seco, la parcela presenta partes altas que no se logran inundar completamente, para lo cual se utiliza la pala niveladora efectuando pequeños cortes y acarreado el suelo a las partes más bajas del terreno. Esto se debe de hacer inmediatamente después de la rastreada antes, de que el lodo o las arcillas se asienten (sedimenten) y se vuelvan pegajosas.

El excesivo laboreo con maquinaria puede producir problemas de compactación de los suelos, lo que afecta a la planta y, por ende, la capacidad de producción. Es necesario planear nuevas prácticas para mejorar la preparación, pero al agricultor teme hacer la inversión por el riesgo que esta implica. Por esta razón prefieren práctica y maquinaria obsoleta y no comprometer su patrimonio.

## ii. Densidad de siembra

Las costumbres agronómicas en la región San Martín concuerdan en una errónea idea de que mientras más semilla se siembre, más grano se cosecha esto basado simplemente en un proceso racional equivocado como si lo que se hiciera al sembrar fuera multiplicar la semilla y no plantar seres vivos a partir de un material de propagación que necesita de ciertas condiciones para desarrollarse de forma normal. Una de las características de las gramíneas es que al no contar con los nutrientes o las condiciones necesarias florecen en forma no óptima pero suficiente para lograr una producción aunque esta no tenga las mejores características fisiológicas que se ven reflejadas en un menor macollamiento, menor tamaño del grano, mayor susceptibilidad al volcamiento y bajos estándares de calidad exigidos para el proceso de molinería. Esto debido también a la mayor competencia entre las plantas de cultivo. En esta siembra tradicional se realizaron de forma manual con la misma fecha de siembra del método de siembra técnica. (Mazuera Fernández, CA y Neira Rodríguez, JD. 2009)

La cobertura del cultivo de arroz de la siembra tradicional, contiene 150 a 300 plantas de arroz y un promedio de 18 golpes por metro cuadrado. Pueden obtenerse rendimientos satisfactorios de grano con una menor cobertura o un número menor de plantas por  $m^2$ , si las malezas se mantienen bajo control y se fertiliza en forma suficiente y oportuna. (Secretaría de Agricultura y Ganadería, Honduras. 2006).

El manejo del almacigo se detalla a continuación:

- Época de siembra : Todo el año
- Cantidad de semilla a utilizar : 80 kg
- Área de almacigo : 300  $m^2/ha$
- Remojo de semilla : 48 horas
- Voleo de semilla germinada : Sobre lámina de agua de 10 cm
- Manejo de agua (riegos) : Mantener la lámina de agua durante 24 horas después del voleo y luego drenar toda la poza
- Mantener suelo húmedo 3 a 5 días después del voleo, luego dar riegos intermitentes.
- Fertilización : 12 a 15 días después de volear la semilla
- Cantidad de fertilizante : 2 kg de Nitrógeno para 300  $m^2$  (69 Kg/ha)
- Edad de almacigo para trasplante: 20 a 25 días

### **iii. Fertilización**

En el método tradicional de siembra de arroz, la fertilización es el ítem más costoso y con más incidencia en el volumen de cosecha. Durante la campaña se hacen cuatro incorporaciones de fertilizante al suelo. Se realiza en el terreno en húmedo haciendo que muchos de los nutrientes se lixivien y salgan del rango de accesibilidad para las raíces de la planta de cultivo. Las dos últimas aplicaciones se hacen en una etapa donde la demanda de nutrientes de la planta es mínima.

El método y la época de fertilización se detallan a continuación:

- Primera fertilización:  
10-15 días después del trasplante de 50 Kg/ha de Sulfato de Potasio y 65 Kg/ha de Fosfato Di Amónico. (11.7, 29.9 y 25 Kg/ha de N, P y K, respectivamente)
- Segunda fertilización:  
14.4 Kg/ha de N (macollamiento 15 días después de la primera fertilización) de 45 Kg/ha de Nitro S.
- Tercera fertilización:  
18.9 Kg/ha de N (punto de algodón) de 90 Kg/ha de Sulfato de Amonio

### **iv. Manejo del riego**

En los métodos tradicionales de siembra se realizan “mojes” <sup>(1)</sup> periódicos donde la masa de agua es cíclica nunca se presenta estancamiento en la parcela haciendo que este demande más agua y cree las condiciones óptimas para la germinación de malezas.

## **B. Requerimientos para el sistema de trasplante en hileras**

### **i. Preparación de terreno**

La preparación del terreno es determinante para el éxito del establecimiento del trasplante técnico. Se requiere la nivelación del terreno.

Si las condiciones de humedad del terreno lo permiten se realiza un moje con el fin de realizar el laboreo del tractor Kubota con el rotocultivador (arado rotatorio) e incorporar los rastrojos de la cosecha anterior para permitir la germinación y realizar un agotamiento del agua.

(1) El riego por “mojes” es muy frecuente en Perú y se aplica en dos situaciones: cuando no hay suficiente agua para el riego de inundación permanente; y cuando la lámina de agua sólo puede establecerse tardíamente a causa de la nivelación imperfecta.

Al terminar de preparar el suelo con dos pasadas, se homogeniza el terreno. Esta preparación se debe realizar con el fin de no profundizar el terreno.

## **ii. Densidad de siembra**

Para la densidad de siembra se delimito las áreas de prueba utilizando con un GPS Oregon 650 con la finalidad de tener áreas de 500  $m^2$ .

En una de las áreas de 500  $m^2$  se realizó el trasplante en hileras con espaciamiento entre hileras de 25 cm y dentro de la hilera entre plántulas separadas a 25 cm (25x25), con 4 plántulas por golpe dándonos 16 plántulas por metro cuadrado. Se requirió 32 kilogramos de semilla por hectárea, comparado con 80 kg/ha de semilla que se necesita en el sistema tradicional; es decir, un ahorro de 60 % en cantidad de semilla.

En la otra parcela de 500  $m^2$  con un espaciamiento de 30 cm (30x30) y también se trasplantaron 4 plántulas por golpe, lo que calcula a 11 golpes por metro cuadrado. Con 30 kilogramos por hectárea que precisa el trasplante en hileras o un 62% menos en cantidad de semilla comparando con el sistema tradicional (80 kg/ha).

En la última parcela de la misma área que las anteriores parcelas con espaciamiento de 35 cm (35x35) y el número de plántulas por golpe es de 4 plántulas, lo que equivale 8 golpes por metro cuadrado. Una reducción de 65% en cantidad de semilla, es decir, 28 kilogramos por hectárea.

El método del trasplante en hileras se detalla a continuación:

- Se estableció la distancia entre hileras con rafias marcadas y la distancia entre plántulas o golpes dentro de cada hilera a una distancia de 25, 30, 35 centímetros.
- Se fijó el número de plántulas por golpes (4 plántulas por golpe)
- Se utilizó la cantidad de semilla de 28, 30 y 32 kilogramos por hectárea para los espaciamientos 25x25, 30x30 y 35x35, respectivamente.
- La cantidad de fertilizante a utilizar fue de 2 kg de Nitrógeno para 300  $m^2$  de almacigo después de 14 días del voleo de semilla remojada por 48 horas.

La altura adecuada requerida del semillero fue alrededor de 18 centímetros de la variedad La Esperanza. Se debe considerar trasplantar una plántula sana con tallos y hojas gruesas, ya que de lo contrario plántulas altas pueden tener las hojas dobladas ocasionando una mala postura durante el trasplante. Por otro lado si las plántulas son de menor tamaño al adecuado podrían quedar sumergidas siendo necesario reforzar la resiembra manual complementaria.

### iii. Fertilización

La fertilización en el método de trasplante en hileras juega un papel fundamental pues de ella depende el vigor de las plantas y su normal crecimiento. Se fertiliza en seco así se aprovecha al máximo la aplicación y de inmediato se introduce agua a la parcela creando una lámina que se mantendrá permanentemente hasta los días previos a la cosecha donde se le da el terminado al grano.

El proceso de fertilización se da en el mismo método tradicional y la misma época de fertilización aunque un 20 por ciento menos de fertilizantes (200 Kg/ha) debido al aprovechamiento del espacio para la mejor absorción entre las plantas.

En síntesis se hace una buena aplicación de fertilizantes al principio de la etapa vegetativa en donde la planta aprovecha al máximo los nutrientes para incentivar la producción de macollos.

Se aplicó fertilizante completo (NPK) de la fórmula 18-46-50 después de 10-15 días del trasplante para la primera fertilización, y para la segunda y tercera fertilización se aplicaron las mismas fórmulas que el método tradicional reduciendo en 20% del peso de fertilizantes tal como se muestra en la tabla 12.

**Cuadro 12:** Aplicaciones de fertilización para el método de trasplante en hileras

Aplicaciones	Fórmula	Dosis (Kg/ha)
Primera fertilización	12-30-25 (N-P-K)	40 Kg/ha de Sulfato de Potasio + 52 Kg/ha de Fosfato Di Amónico
Segunda fertilización	15% N	36 Kg/ha de Nitro S
Tercera fertilización	19% N	72 Kg/ha de Sulfato de amonio

#### **iv. Manejo de riego**

En el método de siembra técnica es importante el buen uso del agua, un acertado manejo del riego es esencial para lograr una alta eficiencia en la fertilización; principalmente la nitrogenada, eficaz en el control de malezas y en la reducción de la incidencia de enfermedades para lograr estos resultados es necesario establecer la lámina de agua constante, pues el arroz al ser una planta tienen la capacidad de respirar por sus hojas haciéndola tolerante a la inundación.

Al inicio el periodo vegetativo se introduce el agua, manejando una lámina permanente hasta los momentos previos a la cosecha y está basado en la aplicación del desarrollo de una acción de manejo en el momento adecuado, alcanzando una alta eficiencia. Los altos rendimientos y una mayor eficiencia en la producción son el resultado del manejo de riego con precisión. Cada parcela tiene un área de 500 metros cuadrados y se riega con un promedio de 5 cm de lámina de agua periódicamente tal como se indica en la Tabla 19.

#### **A. El uso del agua en el sistema de siembra por trasplante tradicional**

El manejo tradicional, que se da actualmente, es la inundación del suelo por medio del bombeo de agua desde el río Huallaga hasta la parcela por medio de un canal común desde la siembra hasta que este próxima la cosecha del grano. Sin embargo, la altura de la lámina de agua no es constante durante el ciclo de la planta. Inicialmente después de la siembra, se introdujo el agua de riego de tal forma que levantara una lámina de 5-10 cm de agua en la parcela, luego la lámina de agua superficial aumenta gradualmente conforme se desarrolló la planta de arroz, pero no pasa de 15 cm. En la práctica tradicional, y según la variedad La Esperanza, el arrocero retira el agua del cultivo 10 días después de que el 80% de las plantas de arroz han llegado a la etapa de floración.

#### **B. El uso del agua en el sistema de siembra por trasplante en hileras**

Un exceso de agua llega a alterar el desarrollo de la planta y reducir la fertilidad del suelo. Las necesidades de agua del cultivo de arroz varían durante las diferentes fases del desarrollo vegetativo. Los momentos críticos donde requieren un buen abastecimiento de agua son: la germinación y el periodo comprendido entre la floración y el llenado de grano (lámina no mayor de 5cm.). (JUCHL, 2010)

Un exceso de agua en los primeros días de desarrollo del cultivo puede llegar a disminuir el macollamiento.

Los riegos deben ser ligeros con una lámina de agua no mayor de 5 cm de altura, un manejo de agua adecuado ayuda a controlar las malas hierbas, a partir de la tercera fertilización, floración y llenado de grano no debe faltar agua en las pozas de arroz.



**Figura 11.** Parcela de arroz con lámina de agua de 5 centímetros.

## 5.2.2. Manejo fitosanitario del cultivo

### A. Control de malezas

Esta actividad se realizó con herbicidas por medio de control químico y también de forma manual, en forma simultánea con el desahijé, aprovechando la humedad del suelo los días después de riego para la fumigación. Las principales malezas en el cultivo de arroz son:

- Coquito (*Cyperus spp.*)
- Moco de pavo (*Echinochloa spp.*)
- Pata de gallina (*Eleusine indica*)
- Arrocillo (*Rottbellia exaltata*)

**Cuadro 13:** Control químico de malezas

Nombre químico	PC*	Dosis L/ha	LMR**	Maleza
Quinclorac	40	1.0-1.2	5.0	Moco de pavo
Bentazone	35	1.5	-	Coquito, Arrocillo
Bispiribac sodium	14-21	0,1	-	Pata de gallina

PC\*: Periodo de carencia

LMR\*\*: Límite Máximo de Residuos

## B. Control de plagas y enfermedades

El cultivo en la región San Martín es susceptible a los siguientes problemas sanitarios:

### ➤ Principales plagas en el cultivo del arroz:

- Mosquilla (*Hydrellia spp.*), la larva es una típica minadora que se introduce en la hoja y efectúa minas rectas paralelas a la nervadura central de color habano que inicialmente miden 0.1 a 0.2 mm de ancho.
- Novia del arroz (*Rupella albinella*), la fase dañina de esta plaga es la larva, la cual taladra el tallo ocasionando debilidad, amarillamiento y marchitez de la planta.
- Gorgojito de agua (*Lissorhoptus spp.*), los adultos se alimentan de las hojas preferentemente de aquellas que están sobre el agua, donde dejan cicatrices blancas paralelas a la nervadura central especialmente por el haz.
- Sogata (*Tagosodes orizicolus*), tanto las ninfas como los adultos para alimentarse hacen incisiones y succionan la savia, cuando la población es alta, hay secamiento de la planta y la gran cantidad de secreciones azucaradas facilitan la presencia de hongos de la fumagina.
- Chinche de la espiga (*Oebalus spp.*), estos chinches se alimentan de los granos lechosos y pastosos introduciendo el estilete succionando el contenido, lo que produce puntos oscuros en las cascarras rodeadas de manchas circulares, disminuye el peso de los mismos y producen lesiones como tiza y manchado lo que afecta significativamente la calidad del grano.

**Cuadro 14:** Control químico de insectos

Nombre químico	PC*	Dosis	LMR**	Plaga
Emametic benzoato	7	0.1 Kg/ha	0.01	Novia del arroz
Imidacloprid	7	0.4 L/ha	0.01	Mosquilla, Sogata
Thiametoxan y Lambda-cyhalothrin	17	0.25 L/ha	0.03	Gorgojito de agua, Chinche de espiga

PC\*: Periodo de carencia

LMR\*\*: Límite Máximo de Residuos

➤ **Manejo de enfermedades en el cultivo de arroz:**

- Añublo de la vaina (*Rhizoctonia spp.*), la enfermedad se presenta manchas irregulares de forma ovoide las cuales tienen un centro blanco y márgenes de color rojizo que pueden afectar toda la planta produciendo cambios en ella observando como focos en los arrozales (fogonazos).
- Quemado del arroz (*Pyricularia grisea*), son las manchas de forma romboidal en las hojas, las cuales luego se propagan hacia la panícula, la cual inicia como una mancha de color pardo grisáceo que rodea luego la base de la panícula. En la variedad INIA 509 – La Esperanza es resistente a esta dicha enfermedad pero no para otras variedades.
- Mancha Carmelita (*Bipolaris spp.*), se presenta en cualquier etapa del cultivo observándose los primeros síntomas en las hojas como pequeñas manchas típicas ovaladas, con un tamaño entre 0.5 y 1 mm de longitud, de color pardo, con el centro de gris a blanquecino.

**Cuadro 15:** Control químico de pesticidas y fungicidas

Nombre químico	PC*	Dosis	LMR**	Enfermedad
Trisiloxano Etoxilado	-	100 mL/200 L de agua	-	Mancha carmelita
Polyalkyleneoxide Modified				
Heptamethyltrisiloxane	-	49 mL/200 L de agua	-	Quemado del arroz
Difenoconazole /				
Propiconazole	35	250 mL/ha	0.05	Añublo de la vaina

PC\*: Periodo de carencia

LMR\*\*: Límite Máximo de Residuos

**5.2.3. Manejo de cosecha del cultivo**

La cosecha se realizó una vez que las plantas llegaron a la madurez fisiológica, el mismo que se dio a los 116 días. Esta labor fue realizada el día 14 de enero del 2016.

El mejor indicador para realizar la cosecha de arroz, es la humedad del mismo grano. Cuando se cosecha el grano a una humedad apropiada, se mantiene la calidad molinera de la variedad, reduciendo además, la pérdida de granos ya sea por desgrane de la panícula o por acame (vuelco), etc. La humedad del grano considerada como apropiada para cosechar la granza de

arroz es de 14-18 %, lo cual se determina medios de medición especiales para determinar la humedad de los granos.

La cosecha se realizó con la cosechadora combinada Masey Ferguson 5650 de 185 caballos de fuerza y fue la más adecuada para no disminuir calidad de grano, ni aumentar porcentaje de grano quebrado, actualmente es la más económica para cosechar, pero debe tenerse en cuenta que el suelo tenga una humedad adecuada para el ingreso de la máquina cosechadora, la misma que debe estar bien calibrada antes de entrar al campo, se recomendó para evitar pérdidas y el “cascado” (grano quebrado) de grano.

Para el pesado de la producción del arroz post-cosecha es recomendable almacenar cuando el grano alcanza 14.0 % de humedad. Finalmente se determinó la humedad de grano con el medidor de humedad GM640, verificando así el porcentaje de humedad adecuada para la determinación del rendimiento.

Un cronograma de las actividades desarrolladas y detalles del manejo del cultivo, bajo los dos métodos de trasplante tradicional y en hileras, y se observa a continuación en los Anexos 11 y 12 respectivamente.

#### **5.2.4. Diseño experimental**

Se evaluó el efecto de dos sistemas de trasplante en el desarrollo agronómico del cultivo de arroz variedad INIA 509- La Esperanza. Siendo el sistema de trasplante tradicional y sistema de trasplante en hileras. Para ello se utilizaron un bloque con cuatro parcelas en cada tratamiento, es decir, un tratamiento para el trasplante tradicional y tres para el trasplante en hileras de diferentes distanciamientos.

Para comparar las diferencias entre los valores medios de los tratamientos se realizó también la Prueba de Duncan y la Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SAS. Y para comparar los tratamientos con una sola variable en los dos sistemas de siembra se usó Prueba de Chi Cuadrado, el mismo que se calculó con el software Minitab 17.

### 5.3. Evaluaciones experimentales:

#### 5.3.1. Variables de crecimiento y desarrollo

- **Habilidad de macollamiento (CnM)**

Se realizó recuento de tallos por planta en el área de la parcela útil a los 67 días después de trasplante. Luego se procederá a contar el número total de los tallos para así obtener el promedio por cada unidad experimental (estado lechoso del grano).

**Cuadro 16:** Aplicación de la escala del CIAT <sup>(2)</sup> para macollamiento de planta.

Clasificación	Categorías
1	Más de 25 macollos : Muy bueno
2	20 -25 macollos : Bueno
3	10 -19 macollos : Mediana
4	5 -9 macollos : Débil
5	Menos de 5 : Escasa

- **Altura de la planta (HT)**

Se registró altura de planta en centímetros, desde la superficie del suelo hasta la panícula más alta, excluyendo la arista en 10 plantas tomadas al azar en el área de la parcela útil. El tiempo de evaluación: 115 días después de la siembra (grano maduro).

**Cuadro 17:** Aplicación de la escala del CIAT para altura de planta.

Clasificación	Categorías
1	Menos de 100 cm. Planta semienana
5	101-130 cm. Intermedias
9	Más de 130 cm. Altas

- **Acame o volcamiento de planta (Lg)**

Se realizó mediante una estimación visual del porcentaje de plantas acamadas, para ver la habilidad que tenían los tallos de permanecer erectos en el campo. La medición de esta variable se determinará de forma visual (grano maduro).

**Cuadro 18:** Aplicación de la escala del CIAT para altura de planta.

Clasificación	Categorías
1	Tallos fuertes 100% de plantas sin volcamiento
3	Tallos moderadamente fuertes. A mayoría de las plantas sin volcamiento (85% al 99%)
5	Tallos moderadamente débiles o intermedios Entre el 50 y 84% de volcamiento de plantas.
7	Tallos débiles. La mayoría de las plantas casi caídas (< del 50%)
9	Tallos muy débiles. Todas las plantas volcadas.

(2): Centro Internacional de Agricultura Tropical

- **Fertilidad de las panículas (St)**

De las diez panículas tomadas al azar por cada método de siembra se contaron los granos (panículas), totales y los enteros, obteniéndose así el porcentaje de fertilidad de cada tratamiento (maduración fisiológica).

**Cuadro 19:** Aplicación de la escala del CIAT para la fertilidad de panículas.

Clasificación	Categorías
1	Altamente fértiles (más del 90%)
3	Fértiles (75-89%)
5	Parcialmente fértiles (50-74%)
7	Estériles (10-49%)
9	Altamente estériles (menos del 10%)

- **Maduración (Mt)**

Se registró el número de días desde la siembra hasta cuando las plantas llegaron a su madurez fisiológica. Tiempo de evaluación: 85 y 107 días estado de crecimiento (maduración fisiológica).

### 5.3.2. Variables de componente de rendimiento

- **Longitud de panícula (PnL)**

Para determinar este carácter se tomaron al azar diez panículas en el área de la parcela útil por cada tratamiento, la medición se realizó desde el nudo ciliar hasta el último grano, expresado en centímetros (maduración fisiológica).

- **Número de granos por panícula (Ngp)**

De las repeticiones de cada método de siembra se tomaron del área de la parcela útil 10 panojas al azar por cada método. Posteriormente, se procedió a contar el número total de granos por panículas para poder obtener dichos promedios (maduración fisiológica).

- **Número de granos vanos por panículas (Nvp)**

Igual que el anterior, después de contar el número de granos por panícula, contaron los granos vanos, en 10 muestras al azar por cada método de siembra, después del promedio.

- **Peso de mil granos (PMG)**

Se contaron 1000 granos con cuatro muestras de 1000 granos por cada tratamiento al azar y por repetición, con un contenido del 14% de humedad y se pesarán en una balanza analítica. El dato se expresó en gramos (maduración fisiológica).

- **Rendimiento de grano (Kg/ha)**

Se cosechó la parcela neta de  $500m^2$  por cada repetición secada al 14% se registró los pesos para determinar el rendimiento potencial en granza (arroz en cáscara), teniendo en cuenta dosis, fuente y suelo. Cuyos resultados se elevan en kilogramos por hectárea.

- **Calidad industrial**

Se pesaron 300 gramos de arroz en cascara seco, homogenizado y limpio con un porcentaje de humedad al 14 %. Para obtener el porcentaje de purezas e impurezas de los granos de arroz en cascara seleccionando granos que presentan homogeneidad de tamaño, forma, color y translucidez.

### **5.3.3. Análisis Financiero**

Una vez concluida la investigación, se procedió a determinar el Beneficio/Costo de cada sistema de trasplante evaluado; tomando en cuenta costos de producción como: sistema de riego, fertilizantes y control fitosanitario, establecimiento del cultivo (siembra y cosecha). El análisis financiero se realizó por el método de presupuesto parcial.

Los datos fueron conformados en hojas electrónicas (Excel), utilizando el programa de sistema de análisis estadístico Minitab 17. Se realizó el análisis de Prueba Chi-cuadrado al Análisis financiero (Costo Total, Valor Bruto de Producción y Utilidad Neta), Análisis de B/C y Rentabilidad. Para el agrupamiento de medias, se utilizó la prueba de bondad de ajuste ( $\mu = 0.05$ ).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Evaluación de la eficiencia de maquinaria agrícola

#### 6.1.1 Capacidad de campo

Para BOWERS (1992), corresponde a un índice de rendimiento, el cual es dependiente del tipo de maquinaria, éste valor es medido en términos de cantidad por unidad de tiempo, siendo la Capacidad de campo ( $ha \cdot h^{-1}$ ) la más utilizada, expresando de ésta manera el rendimiento del equipo, otras medidas de menor recurrencia son el Rendimiento total ( $t \cdot h^{-1}$ ) y la Capacidad de material ( $qm \cdot h^{-1}$ ). (Alarcón Villegas, HF. 2006)

#### A. Capacidad teórica de trabajo

IBÁÑEZ y ABARZUA (1998), la definen como la producción máxima que se podría obtener, si la máquina trabaja en forma continuada, a una velocidad de avance constante y ocupando en todo momento su ancho total de trabajo. Teóricamente, al aumentar el ancho o velocidad de trabajo, se aumenta en la misma medida de la CTT. Sin embargo, no ocurre en todos los casos, ya que un aumento excesivo del tamaño de la máquina, demandará una mayor disponibilidad de potencia, lo que se traduce en una disminución en la velocidad de avance. (Alarcón Villegas, HF. 2006)

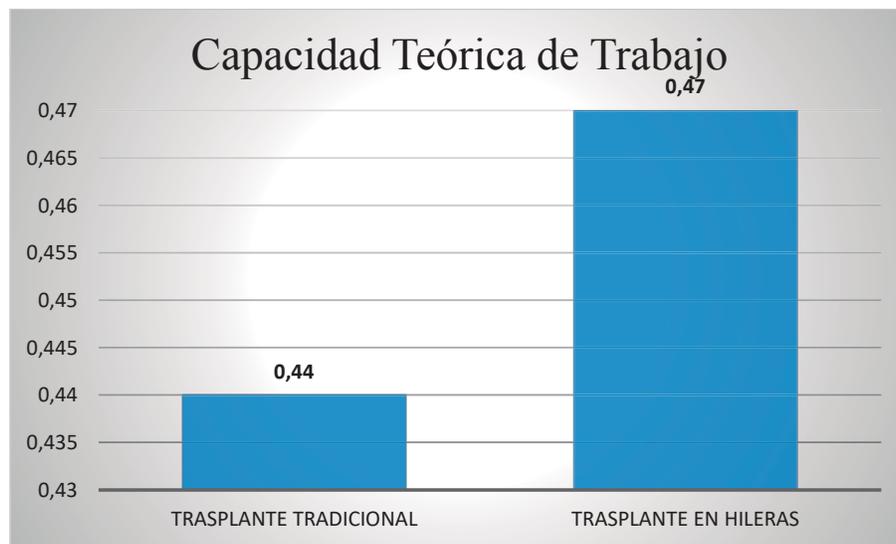


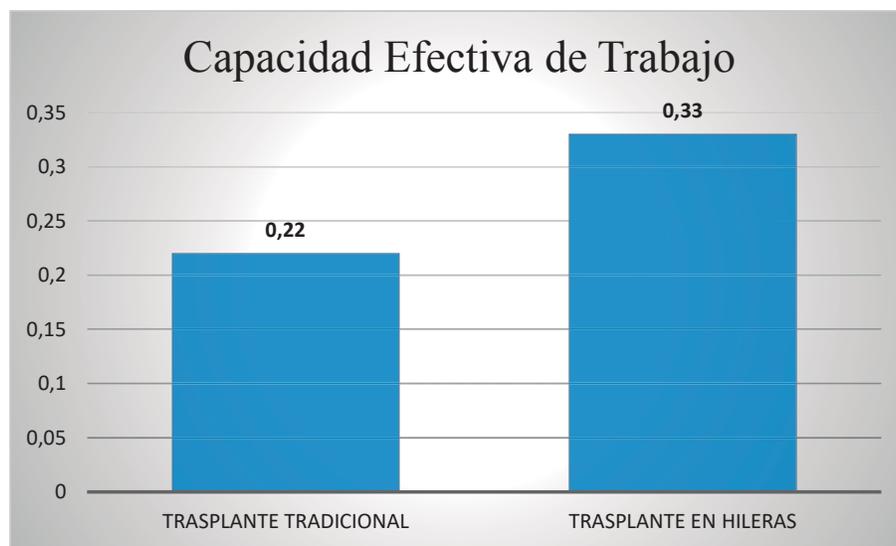
Figura 12. Capacidad Teórica de Trabajo

En la Figura 12 se observa que la capacidad teórica de trabajo del sistema de trasplante en hileras ha obtenido un  $0.47 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$  en comparación con el de trasplante tradicional con  $0.44 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$ . En ambos casos tienen una mínima diferencia de capacidad con datos al 100%.

## B. Capacidad efectiva de trabajo

Éste concepto puede expresarse como la cantidad real de hectáreas trabajadas por unidad de tiempo, tomando en cuenta todos aquellos periodos improductivos por concepto de operación y servicios auxiliares de la maquinaria (Ibáñez y Abarzua, 1988). En el mismo sentido (Alarcón Villegas, HF. 2006), también lo manifiestan.

La capacidad efectiva en el campo incluye además el concepto de eficiencia, el cual representaría el trabajo real o verdadero en un tiempo determinado (Ibáñez y Abarzua, 1988). (Alarcón Villegas, HF. 2006)



**Figura 13.** Capacidad Efectiva de Trabajo

En el sistema del trasplante en hileras tiene capacidad efectiva de trabajo con  $0.33 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$  por encima de la capacidad del sistema de trasplante tradicional con  $0.22 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$  lo que hace notable la comparación para la eficiencia de trabajo.

## C. Eficiencia de trabajo

La eficiencia de campo puede expresarse como el cociente entre la capacidad efectiva de trabajo y la capacidad teórica de trabajo (Ibáñez y Abarzua, 1988). Siendo ratificado por (Alarcón Villegas, HF. 2006)



**Figura 14.** Eficiencia de Trabajo

La eficiencia de trabajo del trasplante en hileras obtuvo un 71.68% frente al sistema tradicional con 50.51% de eficiencia de trabajo, lo que da resultado al primer sistema mencionado la mayor eficiencia con respecto al sistema tradicional con una diferencia de 21.17% de eficiencia.

### **6.2 Demanda de agua de cultivo**

De acuerdo a estudios realizados en el país, el consumo promedio de agua en el arroz, puede estimarse en 15.000  $m^3$ /ha en el departamento de San Martín. Esta cifra varía con las condiciones climáticas de la temporada (demanda y precipitaciones), con el tipo de suelo y con el manejo del agua que se realice. El cultivo del arroz bajo condiciones de riego de inundación consume entre 16,000 y 18,000  $m^3$  en la Selva, el recurso hídrico en la zona de Selva es abundante y conjuntamente con las mejores condiciones de temperaturas. Estas diferencias en volumen de agua utilizada en el riego, no se vieron reflejadas en el rendimiento de grano. Se presume que pueden existir variaciones en la eficiencia de los sistemas de riego. (MINAG, 2013)

El principal sistema de producción es el irrigado, bajo el cual se produce aproximadamente el 93% del cereal del país, sin embargo este sistema demanda un alto consumo de agua (15,000 a 18,000  $m^3$  de agua por hectárea) y genera la degradación de los suelos, lo cual ocasiona salinización de las tierras en las zonas de la selva. (MINAG, 2013)

### 6.2.1 Volúmenes aplicados

Se considera que para la zona, teniendo en cuenta el tipo de suelo, ciclo de la variedad y condiciones climáticas, el consumo promedio de agua es de  $15.000 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ciclo}$ . El cálculo del consumo de agua se realizó midiendo el área de la parcela ( $500 \text{ m}^2$ ) con la lámina del agua aplicando la frecuencia (días) y la eficiencia de aplicación de riego.

#### A. Sistema de riego tradicional

Para el sistema tradicional: los riegos se dieron un tiempo de riego de 3 horas cuando el suelo está bien seco y 1.5 horas suelo semi húmedo en las variaciones de cada etapa y diferentes frecuencias (días), aplicándose finalmente  $14,180.7 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

**Cuadro 20:** Volumen de agua mensual en el sistema tradicional

Mes	Percolación cm	Ef.	Lamina Riego cm	Frecuencia de Riego (días)	Tiempo de Riego (horas)	Volumen parcela ( $\text{m}^3$ )	Volumen total hectárea ( $\text{m}^3$ )
Agosto	0.76	0.95	7.6	4.00	3.00	158.84	3176.8
Septiembre	0.97	0.95	9.7	1.00	1.50	50.68	1013.7
Octubre	1.23	0.95	12.3	2.00	1.50	128.54	2570.7
Noviembre	1.41	0.95	14.1	2.00	3.00	147.35	2946.9
Diciembre	1.43	0.95	14.3	2.00	3.00	149.44	2988.7
Enero	1.42	0.95	14.2	1.00	1.50	74.20	1483.9
Total	7.22	5.7	72.2	12	13.5	709.0	14180.7

Fuente: Elaboración propia

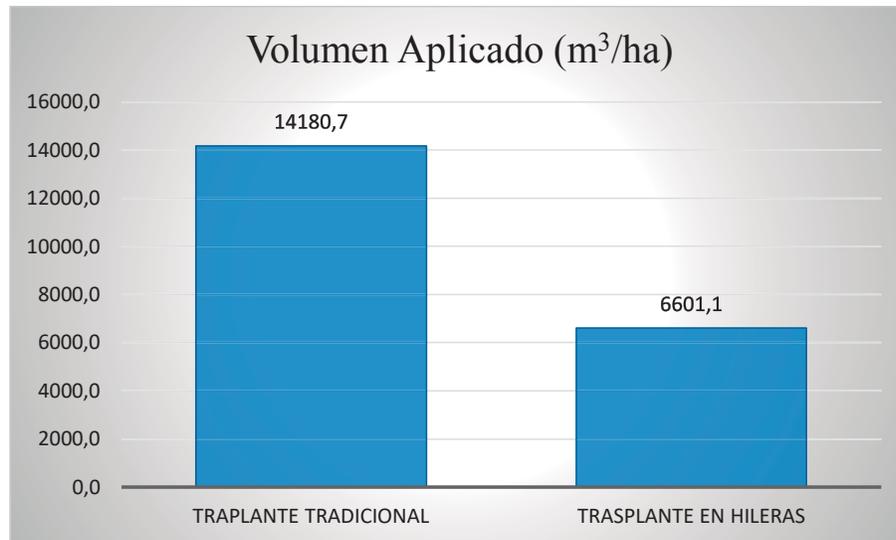
#### B. Sistema de riego de trasplante en hileras

Para el sistema de trasplante en hileras: reemplazar la forma de riego tradicional de riego con un promedio de lámina de agua de 5 cm y los riegos se dieron un tiempo de riego de 3 horas cuando el suelo está bien seco y 1.5 horas suelo semi húmedo en las variaciones de cada etapa y diferentes frecuencias (días), aplicándose finalmente  $6,601.1 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

**Cuadro 21:** Volumen de agua mensual en el sistema de trasplante en hileras

Mes	Percolación cm	Ef.	Lamina Riego cm	Frecuencia de Riego (días)	Tiempo de Riego (horas)	Volumen parcela ( $\text{m}^3$ )	Volumen total hectárea ( $\text{m}^3$ )
Agosto	0.76	0.85	7.6	4.00	3.00	116.3	2842.4
Septiembre	0.39	0.85	3.9	1.00	1.50	14.9	364.7
Octubre	0.51	0.85	5.1	2.00	1.50	39.0	953.7
Noviembre	0.53	0.85	5.3	2.00	3.00	40.5	991.1
Diciembre	0.52	0.85	5.2	2.00	3.00	39.8	972.4
Enero	0.51	0.85	5.1	1.00	1.50	19.5	476.9
Total	3.22	5.1	32.2	12	13.5	270.0	6601.1

Fuente: Elaboración propia



**Figura 15.** Volumen total de agua gastado ( $m^3$ ) durante el ciclo vegetativo del cultivo de arroz, variedad INIA 509- La Esperanza, en los sistemas de trasplante: Tradicional y En Hileras, bajo condiciones de Bellavista en el periodo Agosto 2015 - Enero 2016

### 6.2.2 Eficiencia del uso del agua (EUA)

El tratamiento más conveniente fue riego de trasplante en hileras pues tiene el más alto rendimiento (8799 kg/ha) y la más alta productividad media (1.3 kg/m<sup>3</sup>), mientras que el tratamiento de riego tradicional obtuvo un rendimiento de (7255 kg/ha) y una productividad media de (0.5 kg/m<sup>3</sup>). Sin embargo, no solo se puede atribuir la gran diferencia de rendimiento al sistema de riego ya que también se vieron influenciados por otras variables como la enfermedad que afectaron al cultivo (*Burkholderia glumae*).

**Cuadro 22:** Relación de eficiencia de uso de agua (EUA) en (kg/ m<sup>3</sup>)

Tratamiento	Rendimiento (Kg/ha)	Volumen de agua (m³/ha)	EUA (Kg/ m³)
En Hileras	8799	6601.1	1.33
Tradicional	7255	14180.7	0.51

Fuente: Elaboración propia

La ineficiencia en el uso del agua repercute en una serie de consecuencias negativas como mayor costo de producción, pérdida de agua que limita el incremento de áreas del cultivo. Al aumentar la cantidad de agua aplicada a las chacras, favorece el lavado de nutrientes del suelo y la contaminación de los drenajes naturales con los efluentes de las chacras, posiblemente afectando los ecosistemas existentes.

## 6.3 Evaluaciones experimentales

### 6.3.1 Variables de crecimiento y desarrollo

#### a) Habilidad de macollamiento (CnM) :

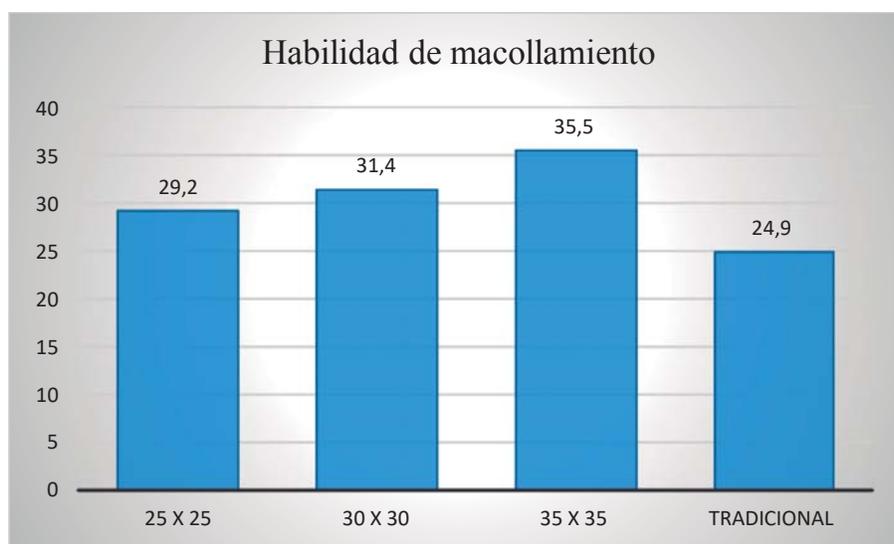
“Según Bird y Soto (1991); establece que el macollamiento es la etapa más larga del ciclo del cultivo y dura entre 45-55 días en las variedades precoces y tardías. La formación y desarrollo de una planta depende del potencial genético de la variedades cultivadas y de las condiciones climáticas durante las diversas fases de crecimiento y desarrollo, así como las prácticas agronómicas aplicadas al cultivo (Tinarelli, 1989). Por otro lado, Jennings (1985), describe al macollamiento como uno de los componentes del rendimiento y su máxima expresión estará en dependencia de los nutrientes, agua y espacio, una vez que las macollas reciban mayor radiación solar.” (Centeno Velásquez, NG. y Ruiz Espinoza, S. 2006)

**Cuadro 23.** Promedio del número de macollos por planta de habilidad de macollamiento

Tratamientos	Promedio	Clasificación	Categoría
25 x 25	29,2	1	Más de 25 macollos : Muy bueno
30 x 30	31,4	1	Más de 25 macollos : Muy bueno
35 x 35	35,5	1	Más de 25 macollos : Muy bueno
Tradicional	24,9	2	20 -25 macollos : Bueno

Fuente: Elaboración propia

**Figura 16.** Habilidad de macollamiento de los cuatro tratamientos



En la Figura 16 se puede observar que en el tratamiento 25x25 se obtuvieron en promedio de 29.2 plantas por macollo; mientras que los tratamientos 30x30, 35x35 y tradicional

obtuvieron 31.4, 35.5 y 24.9 plantas por macollo, respectivamente. Se observó que el tratamiento 35x35 logró el mayor número de plantas por macollo debido a su mayor espaciamiento siendo la siembra tradicional obtuvo el menor número entre todos los tratamientos a los 81 DDT.

En el Cuadro 23, se observa que el resultado de macollamiento del trasplante a diferentes espaciamientos entre planta y planta; así como entre hileras, obteniéndose mejor resultado con el trasplante de 25x25, que en promedio nos dio 29.2 macollos con la escala de clasificación perteneciente al 1 y la categoría de más de 25 macollos y se aplica lo mismo para los otros tratamientos de diferentes espaciamientos.

Mediante el Análisis de varianza (ANOVA) realizado se determinó que hay diferencias altamente significativas ( $Pr=0.0001$ ) entre los tratamientos evaluados y para el análisis del bloque ( $P=0.7359$ ) no existen diferencias estadísticas significativas así como se describe en el Cuadro 24.

**Cuadro 24:** Análisis de varianza para la habilidad de macollamiento

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Pr >F	Nivel de sig.
Tratamiento	3	586,1000000	195,3666670	39,39	< 0.0001	**
Bloque	9	29,5000000	3,2777778	0,66	0.7359	n.s.
Error	27	133,9000000	4,9592593			
Total	39	749,5000000				

CV (%): 7,361783                      Promedio: 30,2500                      Sx: 0,821348  
n.s.: No significativo    \*: significativo    \*\*: Altamente significativo

Sin embargo, la prueba de rango HSD (Honestly-Significant-Difference) de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) en el Cuadro 25 se aprecian que no hubo diferencias significativas estadísticamente para ambas pruebas.

**Cuadro 25:** Prueba de Tukey para la habilidad de macollamiento

Tukey (0,05)	Promedio	Total	Tratamiento
A	35,5000	10	35x35
B	31,4000	10	30x30
B	29,2000	10	25x25
C	24,9000	10	Tradicional

Nota: Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

**b) Altura de planta (HT) :**

“El arroz es una planta anual, cuya altura varía de 50 a 150 centímetros, según la variedad, el tipo de suelo y el clima. Sin embargo, existen mutantes más pequeños y variedades flotantes mucho más altas (Villalobos, 1994).” (Centeno, NG. y Ruiz, S. 2006)

“Los tallos están compuesto por una serie de nudos y entrenudos en forma alterna (Villalobos, 1994). La escogencia de una determinada altura al momento de hacer selección varietal adquiere importancia desde el punto de vista agronómico por la relación existente entre la altura de planta y la resistencia al acame; así mismo la cosecha mecánica es otro factor de importancia a considerar la altura en el proceso de la selección (Zeledón, 1993).” (Centeno, NG. y Ruiz, S. 2006)

“La altura de la planta es a menudo la característica más notable con respecto al crecimiento. Es usado como un criterio de crecimiento especialmente donde la temperatura es baja o cuando el agua es profunda. Después de lento crecimiento durante el estado de plántula la altura de la planta aumenta rápido hasta el período de floración (De Datta, 1986).” (Centeno, NG. y Ruiz, S. 2006)

“Fernández *et al.* (1985), afirma que el porte bajo y la dureza del tallo son cualidades esenciales en variedades de alto rendimiento, ya que minimizan el volcamiento y poseen una mayor relación grano/paja. El mismo autor plantea que las variedades altas tienden a ser competitivas con las malezas y se adaptan más al área de secano.”

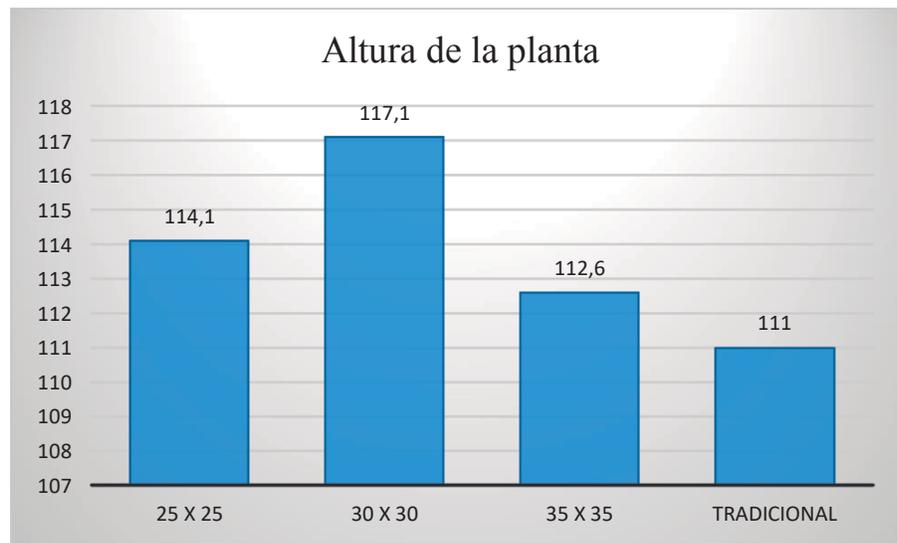
**Cuadro 26:** Promedio de la altura de la planta

Tratamiento	Promedio	Clasificación	Categoría
25 x 25	114.1	5	101-130 cm. Intermedias
30 x 30	117.1	5	101-130 cm. Intermedias
35 x 35	112.6	5	101-130 cm. Intermedias
Tradicional	111	5	101-130 cm. Intermedias

Fuente: Elaboración propia

En todos los tratamientos obtuvieron una clasificación 5 como plantas intermedias para la categoría de acuerdo a la altura de la planta y son aceptables para la variedad INIA 509 “La Esperanza” ya que tiene un promedio de la altura de planta con 100 centímetros. Si es de más de 130 centímetros y se clasifica en 9 como plantas altas en su categoría (Cuadro 26).

**Figura 17.** Altura de la planta de los cuatro tratamientos



Los rangos de altura oscilan entre 111 y 117.1 cm tal como se observa en la Figura 17, siendo los tratamientos 30x30 y 25x25 son los de mayor altura con promedio de 117.1 y 114.1 centímetros. El 100 por ciento de los materiales evaluados fueron clasificados como plantas intermedias.

El crecimiento de plantas de la variedad La Esperanza y con una gran habilidad de macollamiento es relativamente sencillo si el resultado presenta la reducción del tamaño de la planta (menor altura), su capacidad de macollamiento no disminuye, generalmente y, en algunos casos puede aumentar.

La altura de la planta se debió a que al haber mayor espaciamiento la competencia de nutrientes entre ellos es menor, por lo que el macollo desarrolla con mayor soltura (libertad), pero más lento; mientras que en el trasplante tradicional la competencia por nutrientes es mayor entre plantas, son más delgados, por lo que se observó que alcanzaron menor altura.

Los tratamientos del trasplante en hileras tienen la mejor captación de la radiación solar y un crecimiento uniforme del cultivo si se logra con una distancia entre plantas y filas igual en todo el campo.

En el presente estudio la Análisis de varianza (ANOVA) mostró altas diferencias significativas entre los tratamientos evaluados excepto el análisis del bloque que no hay

significativas estadísticas, y es importante destacar que a los 106 DDT el cultivo está en la fase fenológica de maduración. (Cuadro 27)

**Cuadro 27:** Análisis de varianza para la altura de planta

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Pr >F	Nivel de sig.
Tratamiento	3	202,2000000	67,4000000	5,73	0,0036	**
Bloque	9	200,4000000	22,2666667	1,89	0,0968	n.s.
Error	27	317,8000000	11,7703704			
Total	39	720,4000000				

CV (%): 3,017412      Promedio: 113,7000      Sx: 0,558856  
n.s.: No significativo    \*: significativo    \*\*: Altamente significativo

Comparando los tratamientos mediante la prueba de comparación múltiple de medias de la prueba de Tukey con error de 5 por ciento ( $\alpha=0.05$ ), se muestran que no hay diferencias significativas estadísticamente. (ver Cuadro 28)

**Cuadro 28:** Prueba de Tukey para la altura de planta

Tukey (0,05)	Promedio	Total	Tratamiento
A	117,100	10	30x30
A			
B A	114,100	10	25x25
B			
B	112,600	10	35x35
B			
B	111,000	10	Tradicional

Nota: Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

**c) Acame o volcamiento de planta (Lg) :**

“El acame del arroz determina bajos rendimiento debido a que el grano no llena normalmente a causa de enfermedades y por pérdidas durante la recolección provocadas por el volcamiento de la planta especialmente durante la floración y maduración del grano. El acame también determina mayores costo de recolección y una reducción en la calidad molinera como resultado de la fragilidad del grano.” (Centeno, NG. y Ruiz, S. 2006)

“Monge (1994), indica que la resistencia al acame está asociada con la naturaleza y extensión radicular abundante y bastante superficial, vainas resistente, entrenudo y con una altura de planta deseada. El vuelco o acame en especial, cuando tiene lugar precisamente antes o después de la floración disminuye los rendimientos (Angladette, 1969).” (Centeno, NG. y Ruiz, S. 2006)

“El arroz prospera en suelo fértiles; pero cuando se aplica demasiado nitrógeno favorece un excesivo crecimiento vegetativo, y provoca un mayor acame. Otros factores mencionado por Vergara (1990), son distancia entre planta, los entre nudos, viento, lluvia y cantidad de fertilizantes aplicados, favoreciendo la caída de las plantas.” (Centeno, NG. y Ruiz, S. 2006)

**Cuadro 29:** Porcentaje de tallos fuertes de acame o volcamiento de planta

Tratamiento	Porcentaje	Clasificación	Categoría
25 x 25	100	1	Tallos fuertes 100% de plantas sin volcamiento
30 x 30	100	1	Tallos fuertes 100% de plantas sin volcamiento
35 x 35	100	1	Tallos fuertes 100% de plantas sin volcamiento
Tradicional	89	3	Tallos moderadamente fuertes (85% al 99%)

Fuente: Elaboración propia

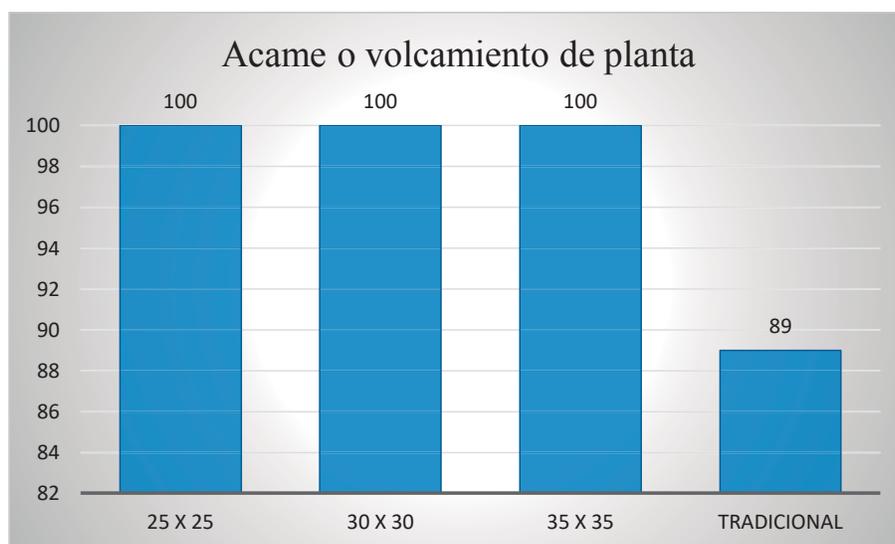
El vigor vegetativo se asocia a la altura de la planta como la emergencia y el desarrollo rápido de las plántulas, el desarrollo precoz y un número considerable de macollas, y el aumento temprano y rápido; conduce a un crecimiento excesivo de la planta y, por ende, a la sombra que se hacen mutuamente las hojas después de que empiezan a formarse las panículas. Es decir, si la densidad es alta como el tratamiento tradicional, las plántulas crecen débiles por la competencia entre ellas, los rendimientos bajan.

La resistencia de la planta de arroz al volcamiento está entonces relacionada directamente con la poca altura de la planta, aunque también depende también de otros caracteres como el diámetro del tallo, el espesor de las paredes y el grado en que las vainas de las hojas adhieren a sus entrenudos.

El acame o volcamiento de plantas del trasplante tradicional se debe a la presencia de tallos delgados que son tumbados (arroz acostado o extendido en el suelo) por factores externos como el fuerte viento y el suelo lodoso con tanta humedad. En el Cuadro 28, el tratamiento de trasplante tradicional tiene una escala de clasificación 3 con tallos moderadamente fuertes (85% al 99%) en su categoría.

El acame o volcamiento de los tallos delgados de un cultivo de arroz es un fenómeno que altera la distribución de las hojas en las plantas, aumenta así la sombra que unas hojas hacen a otras, interrumpe el transporte de nutrientes y de fotosintatos (producto químico de la fotosíntesis), causa esterilidad en la planta, y reduce finalmente el rendimiento.

**Figura 18.** Acame o volcamiento de planta de los cuatro tratamientos



En la Figura 18 se observó la diferencia de plantas acamadas entre el trasplante tradicional y en hileras. Los tratamientos del trasplante en hileras presentaron el total de tallos fuertes de plantas sin volcamiento al cien por ciento debido a sus gruesos tallos. El trasplante tradicional mostró un 11 por ciento de plantas acamadas ya que presentaron tallos delgados por mayor competencia de nutrientes ligados a la poca altura de la planta. Para medir el área acamada del trasplante tradicional se realizó con GPS Oregon 650 dentro de la parcela (500  $m^2$ ) y ha resultado una medición de 55 metros cuadrados de área acamada.

Mediante el análisis de Prueba de Chi Cuadrado ( $\alpha=0.05$ ) realizado se determinó que no se puede afirmar que los cuatro tratamientos no resisten en igual proporción ( $X^2 = 0,933160$ ). Se observó una diferencia de plantas acamadas entre dos sistemas es 11 por ciento. Las plantas que presentaron el mayor número de las plantas acamadas fueron el sistema tradicional. (ver Cuadro 30).

**Cuadro 30:** Prueba Chi-cuadrado de bondad de ajuste para acame o volcamiento de planta

Categoría	Observado	Proporción de prueba	Esperado	Contribución a Chi-cuadrado
25x25	100	0,25	97,25	0,077763
30x30	100	0,25	97,25	0,077763
35x35	100	0,25	97,25	0,077763
Tradicional	89	0,25	97,25	0,699871

GL: 3 Chi-cuadrado: 0,933160  
 G.L.: Grado de Libertad

**d) Fertilidad de panículas (St) :**

“La fertilidad de panículas es un requisito obvio para obtener altos rendimiento y este porcentaje de granos llenos o fertilidad determina la cantidad de panículas. Aparentemente cuando el número de panículas por planta tiende a aumentar, el porcentaje de fertilidad de panículas tiende a disminuir como una reacción de compensación a la planta. Con un buen manejo y crecimiento apropiado se obtienen altos rendimientos para una esterilidad del 10 a 15 por ciento (Ulloa, 1996); citado por Lira (2004).” (Centeno, NG. y Ruiz, S. 2006)

“El número de panículas es el segundo en importancia entre los componente de rendimiento, y es controlado durante la fase reproductiva. El número de panícula disminuye si las ramas secundaria no se forman, o si se forman y luego se degeneran (CIAT, 1986).” (Centeno, NG. y Ruiz, S. 2006)

Para la medición de fertilidad de panículas, se seleccionaron diez muestras de panículas al azar por cada tratamiento y se contaron los granos llenos y vanos mediante la separación de los granos en cascara tales como los granos vacíos, rojos, manchados y/o defectuosos, así poder calcular su fertilidad a partir de cada panícula y promediar el total de la fertilidad de panículas por cada tratamiento.

**Cuadro 31:** Porcentaje de fertilidad de panículas

Tratamiento	Porcentaje	Clasificación	Categoría
25 x 25	87,43	3	Fértiles (75-89%)
30 x 30	90,63	1	Altamente fértiles (más del 90%)
35 x 35	87,21	3	Fértiles (75-89%)
Tradicional	85,27	3	Fértiles (75-89%)

Fuente: Elaboración propia

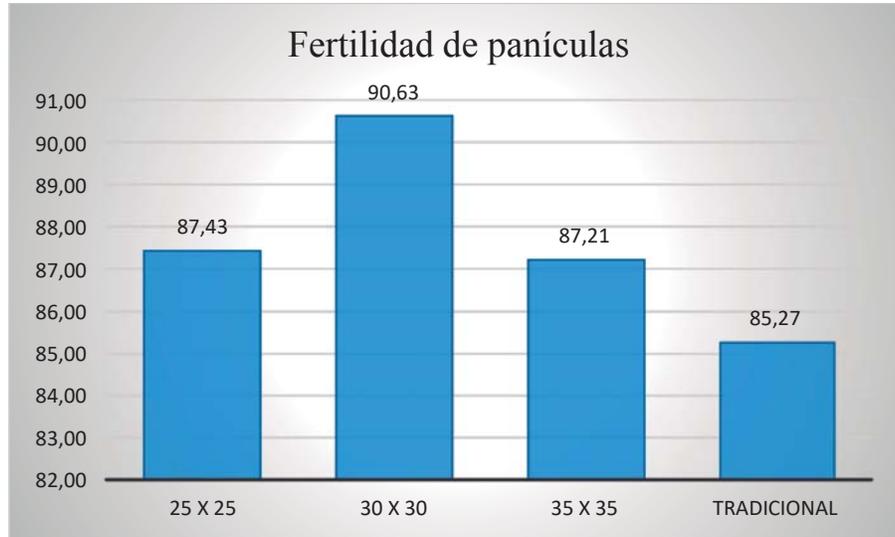
Según la clasificación estándar del CIAT (1983) tres de los tratamientos estudiados se clasifican en la categoría fértiles (75-89%) y 30x30 como altamente fértiles (más del 90%) tal como se muestra en el Cuadro 31.

La fertilidad de panícula es importante, para obtener buenos rendimientos al momento de la cosecha durante el proyecto de investigación del cultivo de arroz.

El porcentaje de granos llenos y fértiles está determinado por dos caracteres: el número de granos fertilizados y la capacidad de la planta para llenarlos. El aumento de luz y en una

parte de la etapa de llenado del grano, y las temperaturas extremas durante la fase reproductiva favorecieron la fertilidad de panículas.

**Figura 19.** Fertilidad de panículas de los cuatro tratamientos



Los tratamientos evaluados no mostraron diferencias significativas. La fertilidad de panículas varió entre 90.63 y 85.27 por ciento correspondiente a todos los tratamientos. El tratamiento tradicional presentó un porcentaje de 85.27 por ciento, ubicándose en el último lugar, siendo superado por los tratamientos de trasplante en hileras (25x25, 30x30 y 35x35) con 87.43, 90.63 y 87.21 por ciento de fertilidad. El tratamiento 30x30 obtuvo el porcentaje de alta fertilidad. ( ver Figura 19)

Los tratamientos evaluados de la fertilidad de panículas con la Prueba de Chi Cuadrado a un nivel de significación del 5 por ciento no se puede afirmar que los cuatro tratamientos no fertilizan en igual proporción ( $X^2 = 0,165335$ ). (ver Cuadro 32).

**Cuadro 32:** Prueba Chi-cuadrado de bondad de ajuste para la fertilidad de espiguillas

Categoría	Observado	Proporción de prueba	Esperado	Contribución a Chi-cuadrado
25x25	87,4	0,25	87,625	0,000578
30x30	90,6	0,25	87,625	0,101006
35x35	87,2	0,25	87,625	0,002061
Tradicional	85,3	0,25	87,625	0,061690

GL: 3 Chi-cuadrado: 0,165335  
G.L.: Grado de Libertad

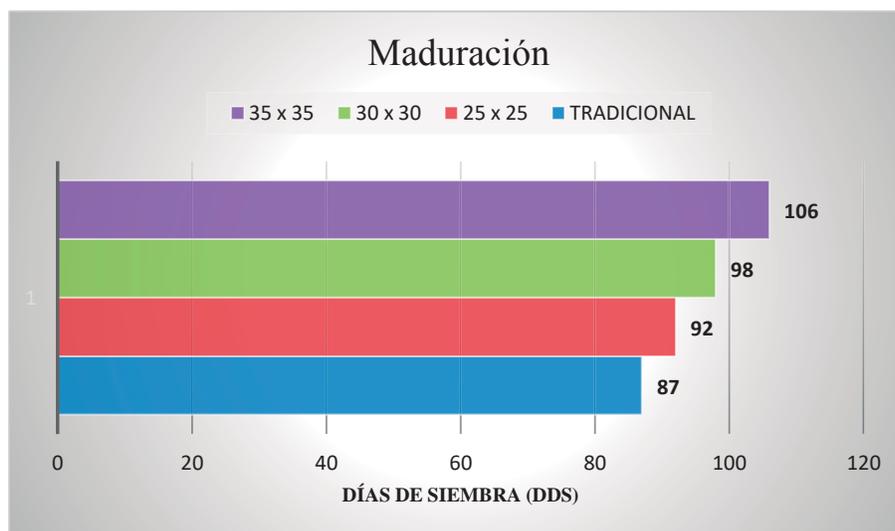
**e) Maduración (Mt) :**

“El período de maduración está controlado generalmente por muchos genes, hace que la segregación transgresiva sea común para ambos tipos de maduración, tardía o precoz. El desarrollo del grano es un proceso continuo y los granos sufren cambio específico antes de madurar completamente (De Datta, 1986).” (Centeno, NG. y Ruiz, S. 2006)

“Las variedades que maduran entre 110 a 135 días usualmente alcanzan mejores rendimiento que aquellas que la hacen temprano o tarde bajo la mayoría de las condiciones agronómicas favorables (Jennings, 1985). Los granos de arroz alcanzan la maduración a los 30 días después de la floración, la planta esta fisiológicamente madura cuando el 80 % de los granos han madurado y muestran un color amarillo pálido, la panícula se inclina a 180° y se apoya hacia delante en el nudo del cuello (Somarriba, 1998).” (Centeno, NG. y Ruiz, S. 2006)

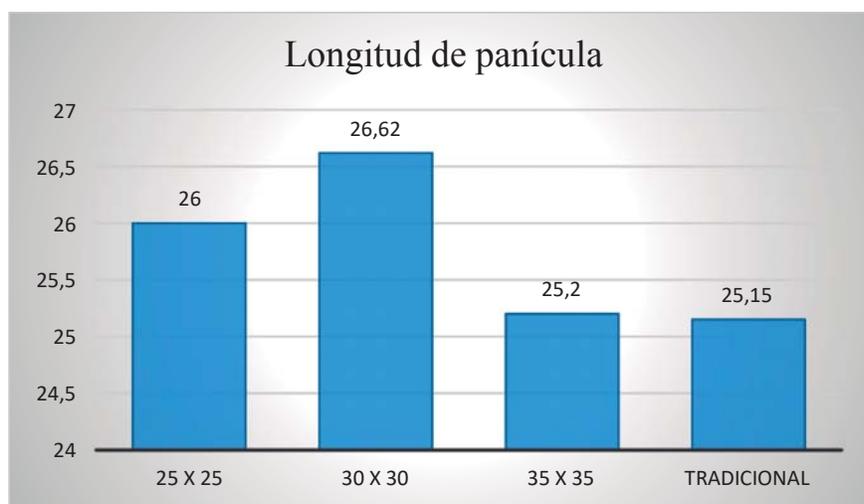
“En los trópicos, el período de maduración de las líneas insensibles al fotoperíodo fluctúa cerca de 60 a 160 días. Las variedades tardías son apropiadas para áreas donde las fuertes lluvias o las aguas profundas durante la estación del cultivo impiden la cosecha de variedades tempranas. La precocidad y buen rendimiento de un material son cualidades muy apreciadas en la producción comercial; lo que permite hacer un mejor aprovechamiento del área de siembra y obtener hasta tres cosechas al año, y de esta manera reducir la exposición del cultivo a plagas y enfermedades en el campo (Somarriba, 1998).” (Centeno, NG. y Ruiz, S. 2006)

**Figura 20.** Periodo de maduración del grano





**Figura 21.** Longitud de panoja de los cuatro tratamientos



Para determinar la longitud de la panícula se realizó la medición de diez panículas tomadas al azar, los resultados de este estudio indicaron que existen diferencias de longitud entre los tratamientos. Las panículas mostraron longitudes entre 25.15 y 26.62 centímetros. El tratamiento 30x30 obtuvo la mayor longitud de panícula con 26.62 cm. El tratamiento tradicional y el tratamiento 35x35 presentaron menor longitud de panícula con 25.15 y 25.2 centímetros respectivamente. (ver Figura 21)

**Cuadro 34:** Análisis de varianza para la longitud de panícula

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Pr >F	Nivel de sig.
Tratamiento	3	14,81675000	4,93891667	1,84	0,1639	n.s.
Bloque	9	23,28025000	2,58669444	0,96	0,4906	n.s.
Error	27	72,5207500	2,6859537			
Total	39	110,6177500				

CV (%): 3,017412      Promedio: 113,7000      Sx: 0,558856  
n.s.: No significativo    \*: significativo    \*\*: Altamente significativo

Los tratamientos evaluados del Análisis de varianza (ANOVA) no presentaron efectos significativos estadísticos (Pr=0.1639) de igual manera para el bloque con Pr=4906 sin significación estadísticamente (Cuadro 34).

El promedio con la misma letra de la Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) no es significativamente diferente para hallar la diferencia estadísticamente ya que el tratamiento 30x30 presenta una mínima diferencia del promedio de longitud de panícula. (ver Cuadro 35)

**Cuadro 35:** Prueba de Tukey para la longitud de panícula

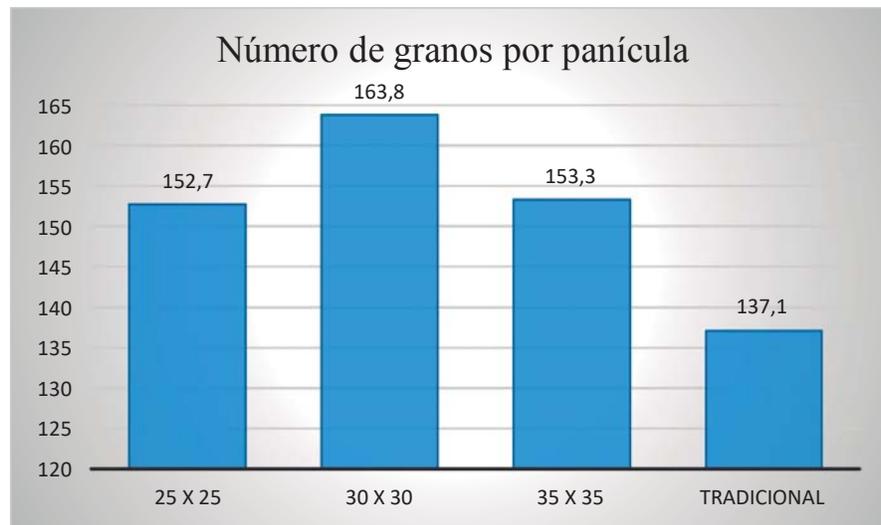
Tukey (0,05)	Promedio	Total	Tratamiento
A	26,6200	10	30x30
A			
A	26,0000	10	25x25
A			
A	25,2000	10	35x35
A			
A	25,1500	10	Tradicional

Nota: Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

**b) Número de granos por panícula (Ngp) :**

“De Data (1986), afirma que en la fase vegetativa se determina el número de vástagos que equivale al número potencial de panícula. El número de grano por panículas es un componente considerado de importancia para obtener buenos rendimientos y todo está ligado con fertilidad o estabilidad de la panícula. El número de granos por panícula está en función de su longitud y las condiciones ambientales. La mayoría de la variedades comerciales oscilan entre 100 y 150 granos por panícula (Soto, 1991).” (Centeno, NG. y Ruiz, S. 2006)

**Figura 22.** Número de granos por panícula de los cuatro tratamientos



Los tratamientos en estudio mostraron diferencias significativas. Los tratamientos que sobresalieron con el mayor número de granos por panículas, fue en el sistema de trasplante en hileras (25x25, 30x30 y 35x35), obteniendo promedios de 152,7, 163,8 y 153,3, respectivamente, superando al trasplante tradicional (137,1 granos por panícula) tal como se observa en la Figura 22.

Los tratamientos en estudio del Análisis de varianza no mostraron significativa estadística (Pr=0.1105) y el análisis del bloque no tiene significación estadística con Pr=0.5761. (ver Cuadro 36). El tratamiento que sobresalió con el mayor número de granos por panículas, fue 30x30, obteniendo un promedio de 163.8 que sirve de manifiesto como la mejor distancia de trasplante para obtener el mejor rendimiento en producción de arroz con respecto al número de granos por panoja en comparación con otros tratamientos.

En la prueba de Duncan (0,05) los tratamientos no mostraron significados estadísticos lo mismo ocurre con la prueba de Tukey (0,05) en la Cuadro 37.

**Cuadro 36:** Análisis de varianza para el número de granos por panícula

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Pr >F	Nivel de sig.
Tratamiento	3	4940,000000	1646,666667	2,20	0,1105	n.s.
Bloque	9	5734,100000	637,122222	0,85	0,5761	n.s.
Error	27	20165,500000	746,87037			
Total	39	20839,600000				

CV (%): 20,53263                      Promedio: 133,1000                      Sx: 0,346117  
n.s.: No significativo    \*: significativo    \*\*: Altamente significativo

**Cuadro 37:** Prueba de Tukey para el número de granos por panícula

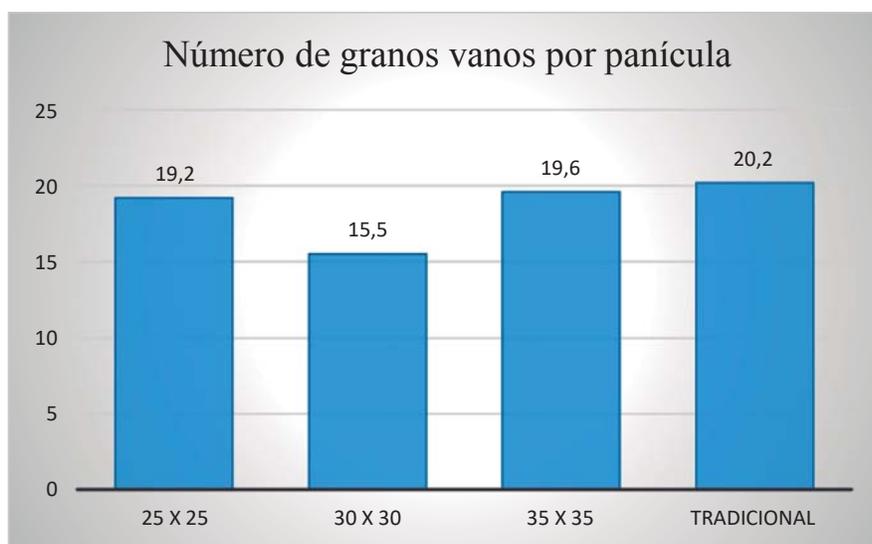
Tukey (0,05)	Promedio	Total	Tratamiento
A	163,80	10	30x30
A			
A	153,30	10	35x35
A			
A	152,70	10	25x25
A			
A	137,10	10	Tradicional

Nota: Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

**c) Número de granos vanos por panícula (Nvp) :**

“Los componentes de rendimiento anteriores se mencionan el del tamaño de panícula, medido como número de granos por panícula y se caracterizan por un número de panículas más acotadas, alto número de espiguillas por panícula y reducido porcentaje de granos vacíos (Peng *et al.*, 2008).” (Maiale, S; Gasquez, A; Vilas, J. 2015)

**Figura 23.** Número de granos vanos por panícula en los cuatro tratamientos



En la Figura 23, los tratamientos de este componente mostraron diferencias significativas. El tratamiento que sobresalió con el más bajo número de granos vanos por panícula fue el tratamiento 30x30 con un promedio de 15.5 granos vanos por panícula, lo que favorece al rendimiento de producción.

Por otro lado, los tratamientos en estudio del Análisis de varianza no mostraron significativa estadística ( $Pr=0.5527$ ) y el análisis del bloque tampoco tiene significación estadística con  $Pr=0.6148$ . (ver Cuadro 38). El tratamiento 30x30 se destacó positivamente con el menor porcentaje de granos vanos lo que valora al anterior componente del número de granos por panícula del mismo tratamiento como la mayor cantidad de granos enteros con respecto a otros tratamientos.

En el Cuadro 39 mencionan que la prueba de Tukey no es significativamente diferente mediante la prueba de comparación múltiple de medias.

**Cuadro 38:** Análisis de varianza para el número de granos vanos por panícula

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	Pr >F	Nivel de sig.
Tratamiento	3	135,2750000	45,0916667	0,71	0,5527	n.s.
Bloque	9	458,6250000	50,9583333	0,81	0,6148	n.s.
Error	27	1707,475000	63,23982			
Total	39	2301,375000				

CV (%): 42,69716      Promedio: 133,1000      Sx: 0,258063  
n.s.: No significativo    \*: significativo    \*\*: Altamente significativo

**Cuadro 39:** Prueba de Tukey para el número de granos vanos por panícula

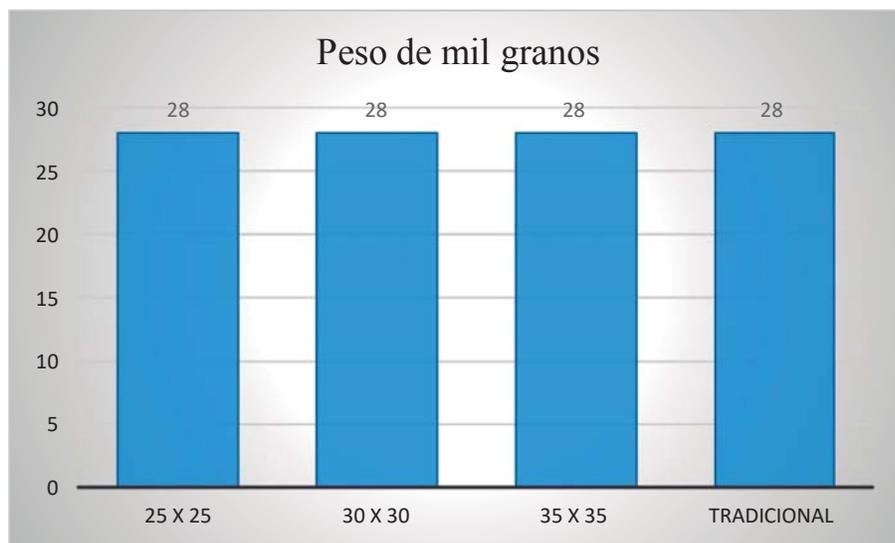
Tukey (0,05)	Promedio	Total	Tratamiento
A	20,200	10	Tradicional
A			
A	19,600	10	35x35
A			
A	19,200	10	25x25
A			
A	15,500	10	30x30

Nota: Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

**d) Peso de mil granos (PMG) :**

“El peso de los granos es una característica genética, y generalmente un incremento en el rendimiento se puede lograr seleccionando materiales con mayor tamaño de grano. Los granos largos a extra largo son los que obtienen el mayor peso, y estos valores promedios fluctúan entre 25 y 35 gramos (López, 1991). Por lado, Pérez *et al.* (1985), asevera que el peso del grano es el componente más determinante en el rendimiento de grano y varía de 10 a 50 gramos, representado la cáscara el 20-21 % del total del grano. Asimismo, el peso entre 20 y 25 gramos por 1 000 granos son límites para definir como moderadamente pesado y muy pesado cualquier tipo de arroz.” (Centeno, NG. y Ruiz, S. 2006)

**Figura 24.** Peso de mil granos de los cuatro tratamientos



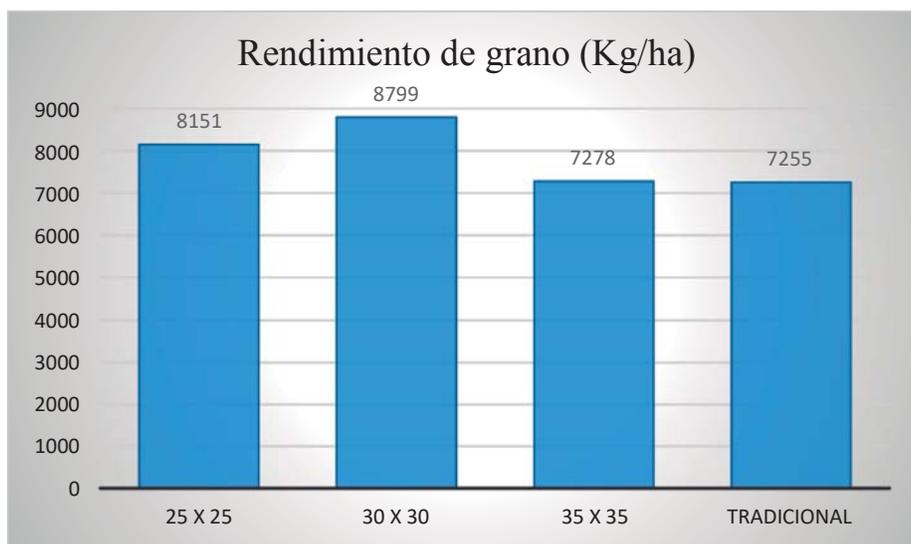
En el presente estudio no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. Los pesos por 1 000 granos lo obtuvieron iguales con 28 gramos.

**e) Rendimiento de grano (Kg/ha) :**

“El rendimiento de arroz es un carácter determinado por el genotipo, la ecología y manejo agronómico. El rendimiento de una planta está en función de varias características anatómicas y morfológicas que tienen que ver con el número de tallo con panículas y el porcentaje de esterilidad, número de granos por panícula y peso de mil granos, resistencia a enfermedades, vuelco y alto poder de asimilación de fuerte abonadas (Angladette, 1969).” (Centeno, NG. y Ruiz, S. 2006)

“Según de Datta (1986), existen tres características principales que se consideran importantes para obtener altos rendimientos, estas son: tallos rígidos, hojas erectas y elevada capacidad de producción de hijos. Por otro lado, (Martínez, 1985), concluye que el rendimiento de cualquier cultivo es el objetivo final, y afirma que en los experimentos de materiales promisorios, las líneas introducidas o evaluadas deben rendir por encima o en su defecto igual al rendimiento de la variedad testigo.” (Centeno, NG. y Ruiz, S. 2006)

**Figura 25.** Rendimiento de grano de los cuatro tratamientos



En la Figura 25 se puede observar que existen suficientes evidencias que indican las diferencias entre los tratamientos evaluados. El rendimiento de los tratamientos varió entre 8799 kg/ha y 7255 kg/ha, correspondientes a la variedad La Esperanza. Asimismo, se puede apreciar que todos los tratamientos del trasplante en hileras superaron a la tradicional.

En los Cuadros 40 y 41, se puede observar que existen bastantes demostraciones que indican las diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados de la Prueba Chi Cuadrado a un

nivel de proporción del 5 por ciento se puede afirmar que los cuatro tratamientos de producción de rendimiento de arroz no rinden en igual proporción por parcela ( $X^2 = 10.6198$ ) y por hectárea ( $X^2 = 212.266$ ).

**Cuadro 40.** Prueba Chi-cuadrado de bondad de ajuste para el rendimiento de grano (kg/ha) por parcela

Categoría	Observado	Proporción de prueba	Esperado	Contribución a Chi-cuadrado
20x25	407,6	0,25	393,575	0,49978
30x30	440,0	0,25	393,575	5,47616
35x35	363,9	0,25	393,575	2,23745
Tradicional	362,8	0,25	393,575	2,40640

GL: 3 Chi-cuadrado: 10,6198  
G.L.: Grado de Libertad

**Cuadro 41.** Prueba Chi-cuadrado de bondad de ajuste para el rendimiento de grano (kg/ha) por hectárea

Categoría	Observado	Proporción de prueba	Esperado	Contribución a Chi-cuadrado
20x25	8151	0,25	7870,75	9,979
30x30	8799	0,25	7870,75	109,475
35x35	7278	0,25	7870,75	44,640
Tradicional	7255	0,25	7870,75	48,172

GL: 3 Chi-cuadrado: 212,266  
G.L.: Grado de Libertad

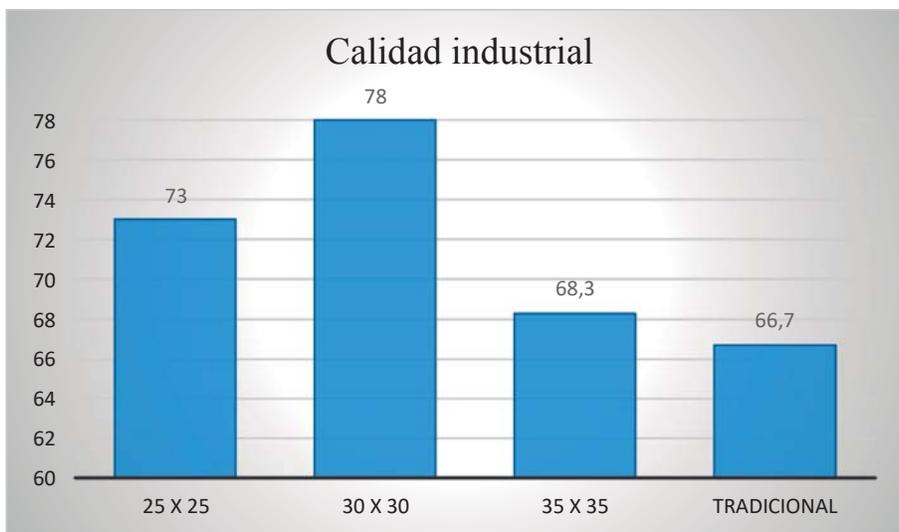
**f) Calidad industrial :**

“Después del rendimiento la calidad del grano es el factor más importante considerado por los fitomejoradores (De Datta, 1986). No obstante, la calidad en su esencia, debe ser definida principalmente por quien va consumir el producto (Tinarelli, 1989). El criterio de calidad es de vital importancia en el porcentaje de granos rotos y de su clasificación, el cual deben ser granos largos, medianos, menudos, todo esto influye directamente en el precio por lo que determina su calidad y por consiguiente su comercialización y la aceptación en el mercado (Angladette, 1969).” (Centeno, NG. y Ruiz, S. 2006)

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

los procedimientos de recolección, secado e industrialización (Somarriba, 1998).” (Centeno, NG. y Ruiz, S. 2006)

**Figura 26.** Calidad industrial de los cuatro tratamientos



Cuando se evaluó la calidad industrial, se tomó una muestra de 300 gramos de arroz en cascara donde se analizó la prueba de calidad molinera de todos los tratamientos hasta obtener el porcentaje de purzas e impurezas de los granos de arroz integral seleccionando la presentación de homogeneidad de tamaño, forma, color y translucidez.

En el Cuadro 42, los sistemas de calidad industrial de arroz no se puede afirmar que los cuatro tratamientos no producen en igual proporción a un nivel de significación del 5% de la Prueba de Chi Cuadrado ( $X^2 = 1,08783$ ).

**Cuadro 42:** Prueba Chi-cuadrado de bondad de ajuste para la calidad industrial

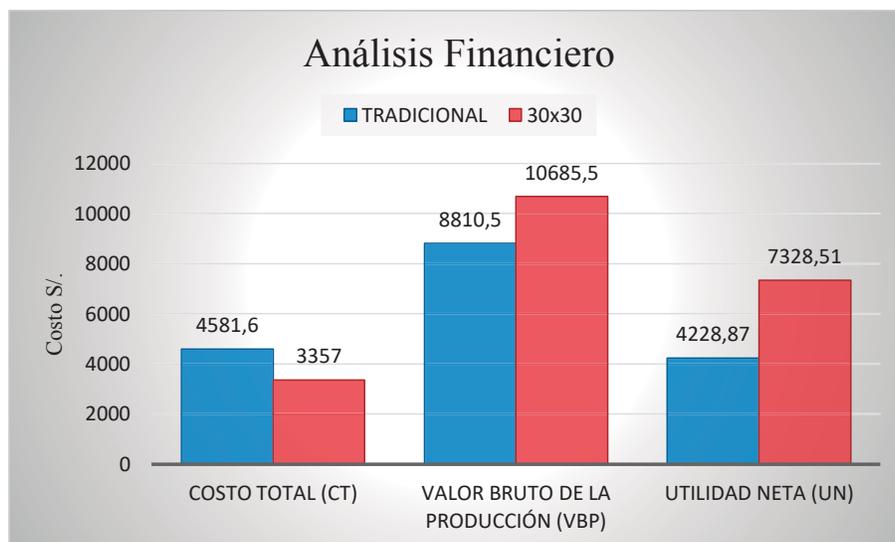
Categoría	Observado	Proporción de prueba	Esperado	Contribución a Chi-cuadrado
20x25	73,0	0,25	71,5	0,031469
30x30	78,0	0,25	71,5	0,590909
35x35	68,3	0,25	71,5	0,1432170
Tradicional	66,7	0,25	71,5	0,322238

GL: 3  
G.L.: Grado de Libertad

Chi-cuadrado: 1,08783

### 6.3 Análisis financiero

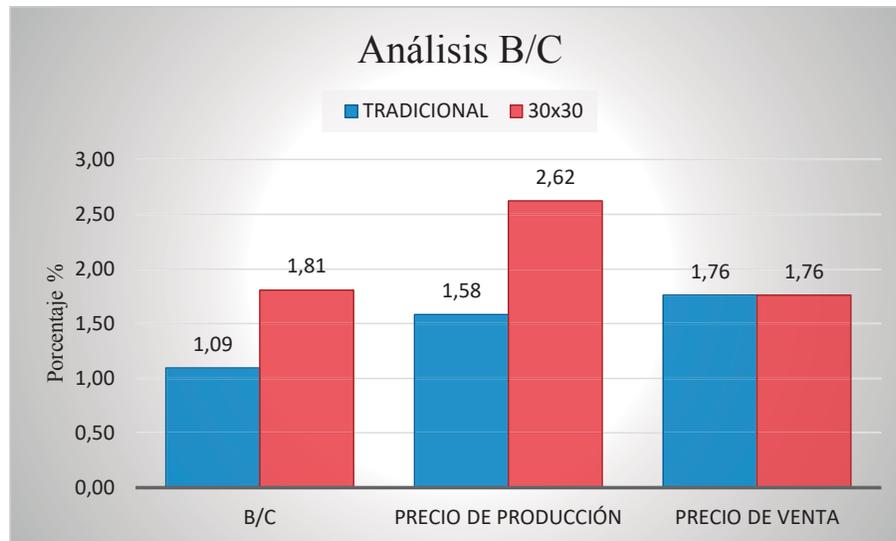
La evaluación del análisis financiero en los dos sistemas de trasplante para el cultivo de arroz se realizó con los costos de producción relacionada al rendimiento obtenido y los gastos efectuados en cada sistema donde se hace una comparación de beneficios y costos con los sistemas propuestos los cuales son elaborados con la Prueba de Chi Cuadrado para observar la comparación de Costos Totales, Valor Bruto de Producción, Utilidad Neta, Beneficio/Costo, Precio de Producción y Rentabilidad.



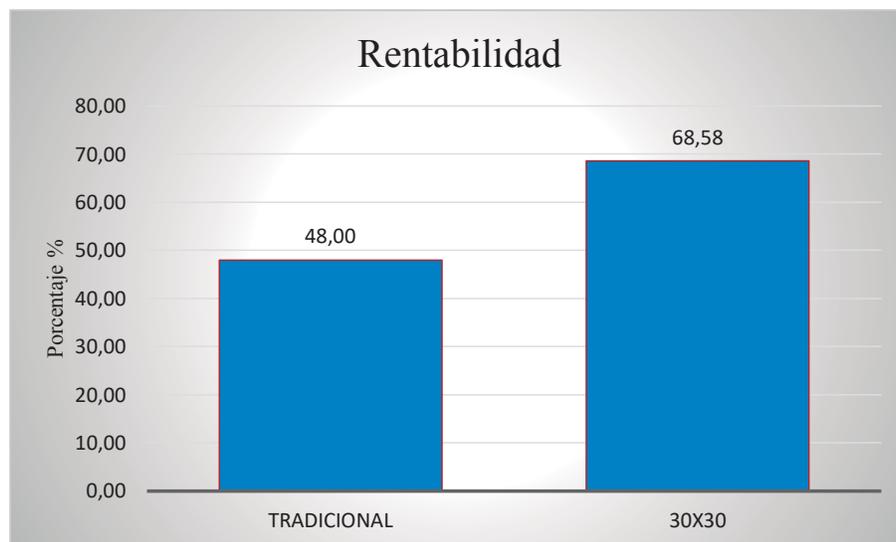
**Figura 27.** Representación gráfica del Costo Total, Valor Bruto de la Producción y Utilidad Neta para la producción de arroz, bajo siembra por Tradicional y Técnica

El promedio del costo de producción del cultivo de arroz de la variedad INIA 509 - La Esperanza bajo el sistema de trasplante en hileras del tratamiento 30x30 es de S/. 2,994.12 por hectárea y con trasplante tradicional es de S/. 4,581.6 por hectárea. El valor bruto de la producción del tratamiento 30x30 con S/. 10,685.5 y Tradicional con S/. 8,810.5. La utilidad neta 30x30 con S/. 7,691.39, Tradicional con S/. 4,228.87.

En el Cuadro 44, los dos sistemas de trasplante de Costo Total ( $X^2 = 188,905$ ) de la Prueba Chi Cuadrado de bondad de ajuste se puede afirmar que no establecen en igual proporción y lo mismo pasa para el Valor Bruto de Producción ( $X^2 = 180,325$ ) en el Cuadro 45. Además, la Utilidad Neta ( $X^2 = 831,310$ ) también que los sistemas no generan en igual proporción a un nivel de significación de 5% de la Prueba Chi Cuadrado (Cuadro 46).



**Figura 28.** Análisis de Beneficio/Costo de los sistemas tradicional y técnica



**Figura 29.** Representación gráfica de la rentabilidad

La rentabilidad promedio resultante con el sistema de trasplante en hileras del tratamiento 30x30 es de 68.58% indicando la factibilidad de realizar la inversión para el agricultor, para obtener mayores ingresos, por tener mayores posibilidades de obtener una buena producción de arroz, los resultados son muy buenos, esto quiere decir que el agricultor puede invertir en este cultivo. La rentabilidad bajo trasplante tradicional es de 48.00%, valor por debajo del nivel de rentabilidad.

## VII. CONCLUSIONES

1. En el sistema de trasplante tradicional se obtuvo un rendimiento de 7,255 kg/ha y en el trasplante en hileras se alcanzó 8,799 kg/ha con el tratamiento de 30x30.
2. El riego en el trasplante tradicional consumió más agua que el trasplante en hileras, el riego de trasplante en hileras utilizó 6,601.1  $m^3$ /ha menos que el riego tradicional lo que significó un 53.4% de reducción del consumo.
3. Del análisis de costos y rendimientos del método de trasplante tradicional empleado, se establece que el método de trasplante en hileras, fue el más conveniente ya que se obtuvo mayor rentabilidad, con una relación Beneficio/Costo (B/C) de 1,81 a diferencia del tradicional que tuvo un valor de 1,09.
4. La eficiencia del uso de agua en el trasplante tradicional fue de 0.51  $kg/m^3$  y en el trasplante en hileras 1.33  $kg/m^3$  con una diferencia a favor del riego de trasplante en hileras de 61.6%.
5. Con el tratamiento de trasplante en hileras 30x30 se tuvo un ahorro en semillas del 66.5% con relación al método tradicional.
6. Se obtuvo una calidad industrial de grano integral con el trasplante 30x30, más alto que en los otros tratamientos.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

1. Basado en los resultados obtenidos y validados estadísticamente en la presente investigación se recomienda que la distancia del trasplante en hileras con distanciamiento de 30 centímetros por 30 centímetros y sea considerada para la validación en otras localidades y épocas de siembra para la variedad INIA – 509 La Esperanza.
2. Analizar otros factores como por ejemplo niveles de fertilidad que pueden estar influenciados en el rendimiento bajo ambos métodos de trasplante: tradicional y en hileras.
3. Para el desarrollo de la tecnología es necesario la adquisición de equipo para los agricultores arroceros; ya que actualmente en Perú solamente existen máquinas de trasplante mecanizado que se encuentran en la costa norte del país. Además no existen máquinas llenadoras de bandejas; necesaria para realizar los semilleros de manera automatizada.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alarcón Villegas, HF. 2006. Selección de maquinaria agrícola para un predio de la Décima Región mediante Programación Lineal. Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. p. 12-15

Álvarez Rodríguez, JA. 2011. Manual técnico del sistema de siembra de trasplante mecanizado del cultivo de arroz. Programa de Maestría en Gestión de Recursos Naturales y tecnologías de producción, Área Académica Agroforestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Campus Cartago, Costa Rica. 88p.

Bellmann, I. & Giordano, G. 2010. Diseño participativo de una tecnología: la trasplantadora de arroz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 12p.

Botta, G. 2003. Maquinaria Agrícola. Licenciatura en negocios agropecuarios, Facultad de Agronomía, Universidad de La Pampa. La Pampa, Argentina. P. 23 p.

Cáceres Guerrero, FO. 2004. Evaluación de máquinas trasplantadoras de arroz. Facultad de agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1983. Sistema de Evaluación Estándar para Arroz. Programa de Pruebas Internacionales de Arroz. Manual Arroceros, Traductor y Adaptador. Cali, Colombia. 230 p.

DGCA (Dirección General de Competitividad Agraria, PE). 2009. DIA (Dirección de Información Agraria). Cartilla N°4: Condiciones agroclimáticas cultivo del arroz (en línea). Disponible en [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/condiciones\\_agroclimaticas\\_arroz\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/condiciones_agroclimaticas_arroz_0.pdf)

Instituto Nacional de Innovación Agraria, PE. 2010. Arroz INIA 509 “La Esperanza” (en línea). Tarapoto, Perú. Consultado 13 oct. 2015. Disponible en <http://www.inia.gob.pe/prod-servicios/publicaciones/publicacion/tripticos/item/211-03-2010-arroz-inia-509-la-esperanza>

- Kubota Tractor Corporation, JP. 1999. Kubota M7040 (en línea). Kucenter S.A. de C.V. Consultado 1 ago. 2015. Disponible en <http://www.kucenter.mx/pdf/M7040DT.pdf>
- JUChL (Junta de Usuarios Chancay – Lambayeque, PE). 2010. Manual de manejo técnico del cultivo de arroz (en línea). Chancay, Lambayeque, Perú. Disponible en [http://www.juchl.org.pe/wp-content/uploads/2015/04/MANUAL..ARROZ\\_.compressed.pdf](http://www.juchl.org.pe/wp-content/uploads/2015/04/MANUAL..ARROZ_.compressed.pdf)
- Madusanka. 2011. Design and development of paddy seedling transplanting mechanism. University of Peradeniya. Faculty of Agriculture. Department of Agricultural Engineering. Sri Lanka. 32p.
- Maiale, S; Gasquez, A; Vilas, J. 2015. Evaluación de los componentes de rendimiento en segregantes F2 de dos cruzamientos por tolerancia a frío (en línea). Buenos Aires, Argentina. Disponible en <http://www.cbai2015.com.br/docs/trab-1-9074-93-1506301634.pdf>
- OEEE (Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos, PE). Ministerio de Agricultura (MINAG); Arroz en el Perú. Disponible en [http://siea.minag.gob.pe/siea/sites/default/files/2010-ENCARTE-ARROZ\\_0.pdf](http://siea.minag.gob.pe/siea/sites/default/files/2010-ENCARTE-ARROZ_0.pdf)
- Ortiz, JN; Gavrilov, IN; Palacios Vélez, O.; Acosta Hernández, R. 1999. Pérdidas de agua de riego por percolación profunda durante el proceso de infiltración. Volumen 17. Número 2. Disponible en <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/2/art115-124.pdf>
- Mazuera Fernandez, CA & Neira Rodriguez, JD. 2009. Análisis de costos de producción de arroz en el municipio de Saldaña, Tolima. Método Pulver vs Método tradicional de manejo. Facultad de Administración de Empresas Agropecuarias. Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia. 44p.
- MINAG (Ministerio de Agricultura, PE). El Arroz: Principales Aspectos de la Cadena Agroproductiva. 2013. 1 ed. Disponible en [http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroeconomia/agroeconomia\\_arroz\\_final2013.pdf](http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroeconomia/agroeconomia_arroz_final2013.pdf)

Ruiz Espinoza, S. & Centeno Velásquez, NG. 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, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 49p.

SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería, HN). 2006. Serie Arroz N° 10. Métodos de siembra en el cultivo de arroz. Valle de Comayagua, Honduras. Disponible en <http://www.dicta.hn/files/Metodos-de-siembra-en-arroz,-2006.pdf>

Senamhi (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, PE). 2016. Servicio de Meteorología e Hidrología del Perú. Dirección Regional de San Martín. Información Meteorología. Estación CO “Bellavista”.

Smith, HP. 1979. Maquinaria y equipo agrícola. Barcelona Ediciones Omega S.A. la edición en español traducida de la 5ª edición en inglés. 571p.

TarapotoNegocios, PE. 2007. El arroz en la región San Martín (en línea). Tarapoto, Perú. Consultado 2 mar. 2016. Disponible en <http://www.tarapotonegocios.com/archivos/arroz.pdf>

Trama, FA; Rizo-Patrón, FL; McCoy, M. 2008. El cultivo de arroz bajo riego y las aves playeras migratorias en Perú y Costa Rica. 13p.

Vásquez Villanueva, V. 2010. Presente y futuro del arroz: una mirada desde el productor. Asociación Peruana de Productores de Arroz. Lima, Perú. 21p.

## X. ANEXOS

### Anexo 1. Datos meteorológicos del mes de Septiembre del 2015

Día	Velocidad Viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Prom. %	HR Min. %	HR Max. %	Temp. Prom. C°	Temp. Min. C°	Temp. Max. C°
1	1,3	1,6	89,0	81	97	26,6	23,0	30,2
2	1,3	0,0	81,0	69	93	28,0	23,2	32,8
3	2	0,0	74,0	55	93	28,3	22,4	34,2
4	2	0,0	76,0	59	93	28,3	23,0	33,6
5	2,7	0,0	76,0	59	93	27,4	23,4	31,4
6	2	0,0	77,0	61	93	27,5	21,6	33,4
7	0,7	0,0	75,5	54	97	29,3	22,2	36,4
8	1,3	0,0	68,5	45	92	29,9	22,6	37,2
9	2	0,0	68,5	47	90	30,2	23,4	37,0
10	0,7	0,0	68,5	44	93	29,8	21,8	37,8
11	1,3	0,0	69,5	49	90	30,2	22,8	37,6
12	1,3	0,0	68,5	47	90	29,8	22,4	37,2
13	1,3	0,0	68,5	47	90	30,0	23,0	37,0
14	0,7	0,0	70,5	49	92	29,6	23,2	36,0
15	1,3	0,0	70,0	48	92	29,3	21,0	37,6
16	0,7	0,0	65,5	46	85	30,5	22,8	38,2
17	2,7	0,0	64,5	43	86	31,2	24,0	38,4
18	4	0,0	80,0	73	87	29,2	24,4	34,0
19	2	0,0	72,5	51	94	29,7	23,0	36,4
20	2,7	0,0	74,0	55	93	28,5	21,2	35,8
21	2	0,0	69,5	47	92	28,6	21,6	35,6
22	1,3	0,0	66,0	42	90	30,3	22,6	38,0
23	2,7	4,0	72,0	57	87	28,1	23,8	32,4
24	1,3	0,0	79,5	62	97	28,7	23,0	34,4
25	1,3	0,0	72,5	47	98	29,6	21,8	37,4
26	2	11,0	67,5	48	87	29,6	22,8	36,4
27	3,3	0,0	72,0	52	92	28,9	23,2	34,6
28	2	0,0	75,5	58	93	28,4	22,4	34,4
29	2	0,0	69,0	45	93	29,4	21,0	37,8
30	2,7	0,0	65,0	46	84	30,5	23,0	38,0
<b>Prom.</b>	<b>1,82</b>	<b>0,55</b>	<b>72,20</b>	<b>52,87</b>	<b>91,53</b>	<b>29,18</b>	<b>22,65</b>	<b>35,71</b>

Fuente: Elaborado con información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Dirección Regional San Martín, Tarapoto.

**Anexo 2. Datos meteorológicos del mes de Octubre del 2015**

<b>Día</b>	<b>Velocidad Viento m/s</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Humedad Prom. %</b>	<b>HR Min. %</b>	<b>HR Max. %</b>	<b>Temp. Prom. C°</b>	<b>Temp. Min. C°</b>	<b>Temp. Max. C°</b>
1	2,7	46,0	67,0	51	83	29,9	24,2	35,6
2	1,3	0,0	77,0	62	92	28,8	23,2	34,4
3	4	0,0	82,5	78	87	28,0	24,4	31,6
4	1,3	0,0	81,5	68	95	27,2	23,6	30,8
5	1,3	0,0	72,5	56	89	29,7	23,4	36,0
6	2	0,0	65,0	48	82	30,3	23,2	37,4
7	1,3	0,0	72,5	52	93	29,8	22,6	37,0
8	1,3	0,0	68,0	47	89	30,1	23,4	36,8
9	2	0,0	67,5	45	90	30,2	22,4	38,0
10	1,3	0,0	65,5	46	85	31,1	24,0	38,2
11	2,7	5,0	69,5	47	92	30,7	24,2	37,2
12	1,3	0,0	75,5	59	92	28,8	23,2	34,4
13	2	0,0	72,0	58	86	29,0	24,0	34,0
14	2	0,0	69,0	49	89	29,7	23,6	35,8
15	2	6,0	83,0	74	92	28,1	24,2	32,0
16	2	8,2	78,0	64	92	27,5	22,4	32,6
17	2,7	2,0	79,0	65	93	27,5	23,0	32,0
18	1,3	3,0	82,0	70	94	26,9	23,2	30,6
19	3,3	0,0	84,0	73	95	26,8	22,0	31,6
20	2	0,0	73,5	52	95	28,4	21,0	35,8
21	1,3	0,0	71,0	45	97	30,0	22,6	37,4
22	1,3	0,0	67,5	45	90	30,0	22,8	37,2
23	1,3	0,0	69,0	45	93	29,9	21,8	38,0
24	2,7	0,0	66,0	48	84	29,8	23,0	36,6
25	1,3	0,0	82,0	78	86	28,2	24,0	32,4
26	1,3	0,0	71,5	51	92	29,0	22,0	36,0
27	2	0,0	77,5	65	90	28,1	23,2	33,0
28	2	0,0	73,5	52	95	29,5	22,8	36,2
29	1,3	0,0	72,5	53	92	30,0	22,4	37,6
30	2,7	0,0	67,5	43	92	30,3	22,6	38,0
31	2	0,0	65,0	41	89	31,0	23,8	38,2
<b>Prom.</b>	<b>1,90</b>	<b>2,26</b>	<b>73,15</b>	<b>55,81</b>	<b>90,48</b>	<b>29,17</b>	<b>23,10</b>	<b>35,24</b>

Fuente: Elaborado con información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Dirección Regional San Martín, Tarapoto.

**Anexo 3.** Datos meteorológicos del mes de Noviembre del 2015

<b>Día</b>	<b>Velocidad Viento m/s</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Humedad Prom. %</b>	<b>HR Min. %</b>	<b>HR Max. %</b>	<b>Temp. Prom. C°</b>	<b>Temp. Min. C°</b>	<b>Temp. Max. C°</b>
1	4	0,0	71,5	52	91	30,1	24,2	36,0
2	2	0,0	64,5	42	87	30,5	24,0	37
3	2	0,0	69,0	46	92	30,6	24,4	36,8
4	2	0,0	71,5	54	89	30,0	25,0	35,0
5	2	4,3	76,0	58	94	30,0	24,6	35,4
6	4,3	0,0	83,0	74	92	27,9	23,8	32,0
7	1,3	3,3	82,0	67	97	27,3	22,8	31,8
8	1,3	13,4	87,0	77	97	27,3	23,4	31,2
9	2	6,2	91,5	86	97	25,9	23,0	28,8
10	2	0,0	78,5	60	97	28,3	22,4	34,2
11	2	0,0	69,0	49	89	30,3	24,0	36,6
12	1,3	0,0	76,5	58	95	29,1	23,2	35,0
13	2	0,0	75,5	56	95	29,4	23,0	35,8
14	2,7	31,4	70,5	49	92	30,0	23,8	36,2
15	2	0,0	80,0	63	97	26,8	20,2	33,4
16	2	0,0	74,0	53	95	28,3	22,0	34,6
17	1,3	1,5	78,5	63	94	29,2	23,0	35,4
18	2	0,0	74,0	54	94	29,6	23,6	35,6
19	1,3	0,0	71,5	52	91	30,5	24,0	37,0
20	2,7	0,0	68,0	45	91	31,0	24,2	37,8
21	3,3	0,0	66,5	44	89	31,5	24,0	39,0
22	1,3	0,0	74,0	59	89	29,3	24,6	34,0
23	0,7	45,5	80,5	66	95	28,5	24,0	33,0
24	1,3	0,0	77,0	57	97	29,9	23,2	36,6
25	2	2,8	70,5	47	94	30,5	23,8	37,2
26	1,3	0,0	72,5	52	93	29,5	23,0	36,0
27	2	0,0	70,0	46	94	31,2	24,0	38,4
28	1,3	0,0	71,0	50	92	30,2	24,2	36,2
29	2	0,0	68,5	46	91	30,8	24,6	37,0
30	2,7	35,6	87,5	84	91	29,3	24,8	33,8
<b>Prom.</b>	<b>2,00</b>	<b>4,80</b>	<b>75,00</b>	<b>56,97</b>	<b>93,03</b>	<b>29,43</b>	<b>23,63</b>	<b>35,23</b>

Fuente: Elaborado con información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Dirección Regional San Martín, Tarapoto.

**Anexo 4.** Datos meteorológicos del mes de Diciembre del 2015

Día	Velocidad Viento m/s	Precipitación (mm)	Humedad Prom. %	HR Min. %	HR Max. %	Temp. Prom. C°	Temp. Min. C°	Temp. Max. C°
1	2,7	18,3	93,0	89	97	24,4	21,8	27,0
2	1,3	0,0	85,5	74	97	25,9	21,6	30,2
3	1,3	0,0	77,0	59	95	28,4	22,0	34,8
4	1,3	0,0	73,0	53	93	29,6	22,4	36,8
5	1,3	0,0	71,5	51	92	30,1	23,0	37,2
6	2,7	0,0	68,5	46	91	30,0	23,6	36,4
7	1,3	0,0	67,5	50	85	29,9	24,0	35,8
8	2,7	0,0	78,5	67	90	28,6	23,4	33,8
9	1,3	3,0	94,0	94	94	26,8	23,2	30,4
10	1,3	0,0	77,5	61	94	29,5	23,6	35,4
11	2	0,0	73,0	51	95	29,1	23,0	35,2
12	1,3	0,0	72,0	52	92	30,3	23,8	36,8
13	1,3	0,0	72,0	50	94	30,5	23,2	37,8
14	2,7	1,8	70,5	49	92	30,8	23,4	38,2
15	2,7	0,0	78,5	63	94	28,4	23,0	33,8
16	1,3	0,0	75,5	58	93	29,2	23,2	35,2
17	2,7	5,4	80,0	63	97	28,2	23,4	33,0
18	2,7	15,3	79,0	65	93	28,1	23,0	33,2
19	1,3	0,0	78,5	62	95	28,2	23,6	32,8
20	1,3	3,0	85,0	72	98	26,9	23,4	30,4
21	1,3	0,0	81,0	65	97	28,0	21,8	34,2
22	2	2,0	73,5	55	92	28,7	22,8	34,6
23	2	0,0	86,5	76	97	26,7	23,0	30,4
24	1,3	0,0	83,5	72	95	27,8	23,4	32,2
25	2	1,2	75,5	58	93	28,3	23,2	33,4
26	2	0,0	76,5	59	94	28,9	23,6	34,2
27	2,7	0,0	78,5	68	89	26,8	23,8	29,8
28	1,3	0,0	78,5	62	95	28,0	23,0	33,0
29	2	0,0	74,0	56	92	29,5	23,4	35,6
30	2	0,0	71,5	51	92	29,7	23,2	36,2
31	2	0,0	76,5	63	90	28,3	22,6	34,0
<b>Prom.</b>	<b>1,84</b>	<b>1,61</b>	<b>77,60</b>	<b>61,74</b>	<b>93,45</b>	<b>28,50</b>	<b>23,08</b>	<b>33,93</b>

Fuente: Elaborado con información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Dirección Regional San Martín, Tarapoto.

**Anexo 5. Datos meteorológicos del mes de Enero del 2016**

<b>Día</b>	<b>Velocidad Viento m/s</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Humedad Prom. %</b>	<b>HR Min. %</b>	<b>HR Max. %</b>	<b>Temp. Prom. C°</b>	<b>Temp. Min. C°</b>	<b>Temp. Max. C°</b>
1	1,3	0,0	70,5	52	89	29,9	23,8	36,0
2	1,3	0,0	70,5	49	92	30,1	24,0	36,2
3	3,3	0,0	69,0	48	90	30,2	22,8	37,6
4	2,7	0,0	71,5	53	90	29,7	23,4	36,0
5	2,7	0,0	69,5	48	91	29,7	23,6	35,8
6	1,3	0,0	70,0	49	91	30,4	24,2	36,6
7	1,3	0,0	70,0	49	91	30,9	24,6	37,2
8	2	0,0	70,0	49	91	31,3	24,0	38,6
9	2	0,0	68,0	47	89	31,7	25,0	38,4
10	3,3	2,0	69,5	48	91	31,5	24,8	38,2
11	2	0,0	75,5	54	97	29,7	24,2	35,2
12	1,3	0,0	73,5	55	92	30,0	24,6	35,4
13	2	0,0	69,5	46	93	30,3	22,6	38,0
14	1,3	0,0	70,0	48	92	30,7	23,6	37,8
15	1,3	0,0	69,5	47	92	31,4	24,4	38,4
16	2,7	0,0	70,5	47	94	31,3	24,0	38,6
17	2	0,0	71,0	48	94	31,0	24,2	37,8
18	1,3	0,0	74,5	58	91	30,3	24,8	35,8
19	1,3	0,0	72,0	49	95	30,6	23,8	37,4
20	2	0,0	74,5	58	91	29,0	24,0	34
21	2	0,0	69,5	46	93	29,9	22,8	37,0
22	1,3	2,0	75,5	60	91	30,5	24,2	36,8
23	1,3	0,0	70,0	45	95	30,9	22,6	39,2
24	1,3	0,0	66,5	45	88	31,5	24,0	39
25	1,3	0,0	63,0	43	83	32,0	24,4	39,6
26	2,7	0,0	67,5	44	91	31,4	25,0	37,8
27	2,7	0,0	76,0	57	95	28,9	23,0	34,8
28	2,7	0,0	73,0	55	91	29,8	23,8	35,8
29	2,7	0,0	74,5	55	94	29,6	24,2	35,0
30	1,3	0,0	73,0	49	97	29,8	22,4	37,2
31	2,7	0,0	67,0	45	89	31,1	23,4	38,8
<b>Prom.</b>	<b>1,95</b>	<b>0,13</b>	<b>70,79</b>	<b>49,87</b>	<b>91,71</b>	<b>30,49</b>	<b>23,88</b>	<b>37,10</b>

Fuente: Elaborado con información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Dirección Regional San Martín, Tarapoto.

**Anexo 6.** Tabla para el procedimiento de Análisis de Varianza

**Cuadro 43:** Tabla de promedios para el procesamiento de Análisis de Varianza (ANOVA)

Obs	TRAT	BLOQ	Macoll	Alturapl	Longpanoja	Ngranospanoja	Nvaciospanoja
1	25x25	1	28	116	28,3	179	38
2	25x25	2	30	115	26,5	185	19
3	25x25	3	28	112	26,7	119	19
4	25x25	4	31	117	24,5	82	25
5	25x25	5	28	113	27	143	21
6	25x25	6	28	117	25,7	102	11
7	25x25	7	28	112	24,5	133	14
8	25x25	8	30	116	24,5	97	15
9	25x25	9	31	114	27,3	141	17
10	25x25	10	30	109	25	154	13
11	30x30	1	29	114	24,8	134	10
12	30x30	2	30	116	27,3	132	31
13	30x30	3	32	117	27,1	140	9
14	30x30	4	32	116	25,2	131	6
15	30x30	5	32	121	25,9	170	8
16	30x30	6	36	117	29,2	184	26
17	30x30	7	29	114	28,1	157	10
18	30x30	8	32	117	27,2	152	27
19	30x30	9	30	122	27	170	18
20	30x30	10	32	117	24,4	113	10
21	35x35	1	34	103	26	149	19
22	35x35	2	32	114	24	146	24
23	35x35	3	35	108	26	152	11
24	35x35	4	36	110	25	102	18
25	35x35	5	35	115	23,5	137	22
26	35x35	6	36	121	25	103	13
27	35x35	7	39	112	26,5	137	21
28	35x35	8	35	112	26	130	17
29	35x35	9	38	117	24	157	31
30	35x35	10	35	114	26	124	20
31	Tradicio	1	28	113	26	123	29
32	Tradicio	2	23	108	22,3	78	6
33	Tradicio	3	24	104	25,5	121	14
34	Tradicio	4	21	106	22	91	16
35	Tradicio	5	23	114	24,1	109	26
36	Tradicio	6	26	114	27,6	124	25
37	Tradicio	7	27	117	22,6	88	13
38	Tradicio	8	27	108	27,8	157	18
39	Tradicio	9	21	116	25,5	108	30
40	Tradicio	10	29	110	28,1	170	25

Información sobre el nivel de clase

Clase	Niveles	Valores										
Tratamiento	4	25x25	30x30	35x35	Tradicio							
Bloque	10		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Número de observaciones: 40

## Anexo 7. Prueba de Chi Cuadrado de Análisis financiero

**Cuadro 44:** Prueba Chi-cuadrado de bondad de ajuste para el Costo total

Categoría	Observado	Proporción de prueba	Esperado	Contribución a Chi-cuadrado
Tradicional	4581,6	0,5	3969,3	94,4527
30x30	3357,0	0,5	3969,3	94,4527

GL: 1 Chi-cuadrado: 188,905  
G.L.: Grado de Libertad

**Cuadro 45:** Prueba Chi-cuadrado de bondad de ajuste para el Valor Bruto de Producción

Categoría	Observado	Proporción de prueba	Esperado	Contribución a Chi-cuadrado
Tradicional	8810,5	0,5	9748,0	90,163
30x30	10685,5	0,5	9748,0	90,163

GL: 1 Chi-cuadrado: 180,325  
G.L.: Grado de Libertad

**Cuadro 46:** Prueba Chi-cuadrado de bondad de ajuste para la Utilidad Neta

Categoría	Observado	Proporción de prueba	Esperado	Contribución a Chi-cuadrado
Tradicional	4228,87	0,5	5778,69	415,655
30x30	7328,51	0,5	5778,69	415,655

GL: 1 Chi-cuadrado: 831,310  
G.L.: Grado de Libertad

## Anexo 8. Prueba de Chi-cuadrado de Beneficio/Costo

**Cuadro 47:** Prueba Chi-cuadrado de bondad de ajuste para Beneficio/Costo

Categoría	Observado	Proporción de prueba	Esperado	Contribución a Chi-cuadrado
Tradicional	1,09	0,5	1,45	0,0893793
30x30	1,81	0,5	1,45	0,0893793

GL: 1 Chi-cuadrado: 0,178759  
G.L.: Grado de Libertad

Nota: 2 celdas (100,00%) con valores esperados menores que 5.

**Cuadro 48:** Prueba Chi-cuadrado de bondad de ajuste para Precio de Producción

Categoría	Observado	Proporción de prueba	Esperado	Contribución a Chi-cuadrado
Tradicional	1,58	0,5	2,1	0,128762
30x30	2,62	0,5	2,1	0,128762

GL: 1 Chi-cuadrado: 0,257524  
G.L.: Grado de Libertad

Nota: 2 celdas (100,00%) con valores esperados menores que 5.

**Anexo 9.** Prueba de Chi-cuadrado de Rentabilidad

**Tabla 49:** Prueba Chi-cuadrado de bondad de ajuste para Rentabilidad

Categoría	Observado	Proporción de prueba	Esperado	Contribución a Chi-cuadrado
Tradicional	48,00	0,5	58,29	1,81651
30x30	68,58	0,5	58,29	1,81651

GL: 1 Chi-cuadrado: 3,63301

**Anexo 10.** Costo de producción para una hectárea de arroz

**Cuadro 50:** Datos para el costo de producción de arroz

<b>Cultivo:</b>	Arroz	<b>Sector:</b>	Vainillas
<b>Variedad:</b>	La Esperanza	<b>Distrito:</b>	Bajo Biavo
<b>Periodo vegetativo:</b>	4 meses	<b>Provincia:</b>	Bellavista
<b>Mes de siembra:</b>	sep-15	<b>Departamento:</b>	San Martín
<b>Mes de cosecha:</b>	ene-16	<b>Tipo de suelo:</b>	Arcilloso

**Cuadro 51:** Costo de producción de arroz para trasplante tradicional

ACTIVIDADES	COEFICIENTE TÉCNICO					VALOR UNITARIO S/.	VALOR TOTAL S/.
	MESES	N° JORNAL	HORAS MÁQ.	KGS	LITROS		
<b>A) COSTOS DIRECTOS</b>							3818
<b>1. Preparación de almacigo</b>							
1.1 Semillas certificadas	SEPT.			80		2,9	232
1.2 Rastra de suelos	SEPT.		1			120	120
1.3 Planchado manual	SEPT.	1				20	20
1.4 Pregerminación y riego semilla	SEPT.	1				20	20
1.5 Fertilización	SEPT.	0,5				20	10
1.6 Control fitosanitario	SEPT.	0,5				20	10
<b>Sub total</b>							412
<b>2. Preparación de terreno</b>							
2.1 Pasada de rastra	SEPT.		1,5			120	180
2.2 Cruzada de rastra	SEPT.		1,5			120	180
2.3 Acondicionamiento de bordos	SEPT.	2				20	40
2.4 Nivelación con lampon	SEPT.		2			90	180
2.5 Planchado mula mecánica	SEPT.		9			30	270
<b>Sub total</b>							850
<b>3. Siembra</b>							
3.1 Sacar de semilla	SEPT.	5				20	100
3.2 Trasplante	SEPT.	20				20	400
<b>Sub total</b>							500
<b>4. Labores culturales</b>							
4.1 Limpieza de canal y dren	OCT.	2				20	40
4.2 Riegos	OCT.	6				20	120
4.3 Control de malezas	OCT.	11				20	220
4.4 Control fitosanitario	OCT.	2				20	40
4.5 Fertilización	OCT.	2				20	40
<b>Subtotal</b>							460
<b>5. Insumos</b>							
5.1 Herbicidas pre emergente	NOV.				2	23	46
5.2 Herbicidas post emergente	NOV.						
Para gramíneas	NOV.				2	32	64
Para hoja ancha	NOV.				0,5	28	14
5.3 Fertilizantes	NOV.						
Nitrogenado - Urea 46% N	NOV.			250		1,68	420
Fosforado	NOV.			100		2,18	218
Potásico	NOV.			100		1,92	192
5.4 Abono foliar	DIC.			4		13	52
5.5 Insecticidas	DIC.			1		54	54
5.6 Fungicidas - Pesticidas	DIC.			1		76	76
<b>Subtotal</b>							1136
<b>6. Cosecha</b>							
6.1 Siega trilla	ENE.		2			200	400
6.2 Ensacado	ENE.	3				20	60
<b>Sub total</b>							460
<b>B) COSTOS INDIRECTOS</b>							
1. Costo administrativo (10% CD)							381,8
2. Costo financiero (10%)							381,8
<b>Sub total</b>							763,6
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>							4581,6

**Cuadro 52:** Costo de producción de arroz para trasplante en hileras 25x25

ACTIVIDADES	COEFICIENTE TÉCNICO					VALOR UNITARIO S/.	VALOR TOTAL S/.
	MESES	N° JORNAL	HORAS MÁQ.	KGS	LITROS		
<b>A) COSTOS DIRECTOS</b>							2903,3
<b>1. Preparación de almacigo</b>							
1.1 Semillas certificadas	SEPT.			32		2,9	92,8
1.2 Rastra de suelos	SEPT.		1			20	20
1.3 Planchado manual	SEPT.	1				20	20
1.4 Pregerminación y riego semilla	SEPT.	1				20	20
1.5 Fertilización	SEPT.	0,5				20	10
1.6 Control fitosanitario	SEPT.	0,5				20	10
<b>Sub total</b>							272,8
<b>2. Preparación de terreno</b>							
2.1 Pasada de rastra	SEPT.		1,5			120	180
2.2 Cruzada de rastra	SEPT.		0			120	0
2.3 Acondicionamiento de bordos	SEPT.	2				20	40
2.4 Nivelación con lampon	SEPT.		0			90	0
2.5 Planchado mula mecánica	SEPT.		0			30	0
<b>Sub total</b>							220
<b>3. Siembra</b>							
3.1 Sacar de semilla	SEPT.	5				20	100
3.2 Trasplante	SEPT.	20				20	400
<b>Sub total</b>							500
<b>4. Labores culturales</b>							
4.1 Limpieza de canal y dren	OCT.	2				20	40
4.2 Riegos	OCT.	6				20	120
4.3 Control de malezas	OCT.	11				20	220
4.4 Control fitosanitario	OCT.	2				20	40
4.5 Fertilización	OCT.	2				20	40
<b>Subtotal</b>							460
<b>5. Insumos</b>							
5.1 Herbicidas pre emergente	NOV.				2	23	46
5.2 Herbicidas post emergente	NOV.						
Para gramíneas	NOV.				2	32	64
Para hoja ancha	NOV.				0,5	28	14
5.3 Fertilizantes	NOV.						
Nitrogenado - Urea 46% N	NOV.			200		1,68	336
Fosforado	NOV.			85		2,18	185,3
Potásico	NOV.			85		1,92	163,2
5.4 Abono foliar	DIC.			4		13	52
5.5 Insecticidas	DIC.			1		54	54
5.6 Fungicidas - Pesticidas	DIC.			1		76	76
<b>Subtotal</b>							990,5
<b>6. Cosecha</b>							
6.1 Siega trilla	ENE.		2			200	400
6.2 Ensacado	ENE.	3				20	60
<b>Sub total</b>							460
<b>B) COSTOS INDIRECTOS</b>							
1. Costo administrativo (10% CD)							290,33
2. Costo financiero (10%)							290,33
<b>Sub total</b>							580,66
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>							3483,96

**Cuadro 53:** Costo de producción de arroz para trasplante en hileras 30x30

ACTIVIDADES	COEFICIENTE TÉCNICO					VALOR UNITARIO S/.	VALOR TOTAL S/.
	MESES	N° JORNAL	HORAS MÁQ.	KGS	LITROS		
<b>A) COSTOS DIRECTOS</b>							2797,5
<b>1. Preparación de almacigo</b>							
1.1 Semillas certificadas	SEPT.			30		2,9	87
1.2 Rastra de suelos	SEPT.		1			20	20
1.3 Planchado manual	SEPT.	1				20	20
1.4 Pregerminación y riego semilla	SEPT.	1				20	20
1.5 Fertilización	SEPT.	0,5				20	10
1.6 Control fitosanitario	SEPT.	0,5				20	10
<b>Sub total</b>							167
<b>2. Preparación de terreno</b>							
2.1 Pasada de rastra	SEPT.		1,5			120	180
2.2 Cruzada de rastra	SEPT.		0			120	0
2.3 Acondicionamiento de bordos	SEPT.	2				20	40
2.4 Nivelación con lampon	SEPT.		0			90	0
2.5 Planchado mula mecánica	SEPT.		0			30	0
<b>Sub total</b>							220
<b>3. Siembra</b>							
3.1 Sacar de semilla	SEPT.	5				20	100
3.2 Trasplante	SEPT.	20				20	400
<b>Sub total</b>							500
<b>4. Labores culturales</b>							
4.1 Limpieza de canal y dren	OCT.	2				20	40
4.2 Riegos	OCT.	6				20	120
4.3 Control de malezas	OCT.	11				20	220
4.4 Control fitosanitario	OCT.	2				20	40
4.5 Fertilización	OCT.	2				20	40
<b>Subtotal</b>							460
<b>5. Insumos</b>							
5.1 Herbicidas pre emergente	NOV.				2	23	46
5.2 Herbicidas post emergente	NOV.						
Para gramíneas	NOV.				2	32	64
Para hoja ancha	NOV.				0,5	28	14
5.3 Fertilizantes	NOV.						
Nitrogenado - Urea 46% N	NOV.			200		1,68	336
Fosforado	NOV.			85		2,18	185,3
Potásico	NOV.			85		1,92	163,2
5.4 Abono foliar	DIC.			4		13	52
5.5 Insecticidas	DIC.			1		54	54
5.6 Fungicidas - Pesticidas	DIC.			1		76	76
<b>Subtotal</b>							990,5
<b>6. Cosecha</b>							
6.1 Siega trilla	ENE.		2			200	400
6.2 Ensacado	ENE.	3				20	60
<b>Sub total</b>							460
<b>B) COSTOS INDIRECTOS</b>							
1. Costo administrativo (10% CD)							279,75
2. Costo financiero (10%)							279,75
<b>Sub total</b>							559,5
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>							3357

**Cuadro 54:** Costo de producción de arroz para trasplante en hileras 35x35

ACTIVIDADES	COEFICIENTE TÉCNICO					VALOR UNITARIO S/.	VALOR TOTAL S/.
	MESES	N° JORNAL	HORAS MÁQ.	KGS	LITROS		
<b>A) COSTOS DIRECTOS</b>							2903,3
<b>1. Preparación de almacigo</b>							
1.1 Semillas certificadas	SEPT.			28		2,9	81,2
1.2 Rastra de suelos	SEPT.		1			20	20
1.3 Planchado manual	SEPT.	1				20	20
1.4 Pregerminación y riego semilla	SEPT.	1				20	20
1.5 Fertilización	SEPT.	0,5				20	10
1.6 Control fitosanitario	SEPT.	0,5				20	10
<b>Sub total</b>							161,2
<b>2. Preparación de terreno</b>							
2.1 Pasada de rastra	SEPT.		1,5			120	180
2.2 Cruzada de rastra	SEPT.		0			120	0
2.3 Acondicionamiento de bordos	SEPT.	2				20	40
2.4 Nivelación con lampon	SEPT.		0			90	0
2.5 Planchado mula mecánica	SEPT.		0			30	0
<b>Sub total</b>							220
<b>3. Siembra</b>							
3.1 Sacar de semilla	SEPT.	5				20	100
3.2 Trasplante	SEPT.	20				20	400
<b>Sub total</b>							500
<b>4. Labores culturales</b>							
4.1 Limpieza de canal y dren	OCT.	2				20	40
4.2 Riegos	OCT.	6				20	120
4.3 Control de malezas	OCT.	11				20	220
4.4 Control fitosanitario	OCT.	2				20	40
4.5 Fertilización	OCT.	2				20	40
<b>Subtotal</b>							460
<b>5. Insumos</b>							
5.1 Herbicidas pre emergente	NOV.				2	23	46
5.2 Herbicidas post emergente	NOV.						
Para gramíneas	NOV.				2	32	64
Para hoja ancha	NOV.				0,5	28	14
5.3 Fertilizantes	NOV.						
Nitrogenado - Urea 46% N	NOV.			200		1,68	336
Fosforado	NOV.			85		2,18	185,3
Potásico	NOV.			85		1,92	163,2
5.4 Abono foliar	DIC.			4		13	52
5.5 Insecticidas	DIC.			1		54	54
5.6 Fungicidas - Pesticidas	DIC.			1		76	76
<b>Subtotal</b>							990,5
<b>6. Cosecha</b>							
6.1 Siega trilla	ENE.		2			200	400
6.2 Ensacado	ENE.	3				20	60
<b>Sub total</b>							460
<b>B) COSTOS INDIRECTOS</b>							
1. Costo administrativo (10% CD)							279,17
2. Costo financiero (10%)							279,17
<b>Sub total</b>							558,34
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>							3350,04

**Cuadro 55:** Costo por actividad de producción de arroz

COSTO POR ACTIVIDAD	TRADICIONAL		30x30	
	VALOR S/.	%	VALOR S/.	%
1. Preparación del almácigo	412	10,79	167	4,37
2. Preparación de terreno	850	22,26	220	5,76
3. Siembra	500	13,10	500	13,10
4. Labores culturales	460	12,05	460	12,05
5. Insumos	1136	29,75	990,5	25,94
6. Cosecha	460	12,05	460	12,05
<b>TOTAL</b>	<b>3818</b>	<b>100</b>	<b>2797,5</b>	<b>100</b>

**Cuadro 56:** Costos directos e indirectos de producción de arroz

CONSOLIDADO	TRADICIONAL		30x30	
	VALOR S/.	%	VALOR S/.	%
<b>COSTOS DIRECTOS (CD)</b>				
A. Mano de obra	1472	32,13	1227	26,78
B. Maquinaria	1210	26,41	580	12,56
C. Insumos	1136	24,79	990,5	14,91
<b>SUB TOTAL</b>	<b>3818</b>	<b>83,33</b>	<b>2797,5</b>	<b>61,06</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
D. Administrativos (10% CD)	381,8	8,33	279,75	6,11
E. Costos financieros (10% CD)	381,8	8,33	279,75	6,11
<b>SUB TOTAL</b>	<b>763,6</b>	<b>16,67</b>	<b>559,5</b>	<b>12,21</b>
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>	<b>4581,6</b>	<b>100</b>	<b>3357</b>	<b>100</b>

**Cuadro 57:** Análisis económico de producción de arroz

ANÁLISIS ECONÓMICO	TRADICIONAL	30x30
1. COSTO TOTAL (S/.)	4581,6	3357
2. RENDIMIENTO (kg/ha)	7255	8799
3. RENDIMIENTO DE PILADO ( kg)	5005,95	6071,31
4. COSTO UNITARIO VENTA (S/. x kg)	1,76	1,76
5. INGRESO TOTAL V.B.P. (S/.)	8810,5	10685,5
6. INGRESO NETO, UTILIDAD (S/.)	4228,87	7328,51
7. RENTABILIDAD (%)	48,00	68,58

**Anexo 11.** Resumen de las principales diferencias entre los tratamientos (Tradicional, 25x25, 30x30, 35x35)

**Principales diferencias entre los tratamientos**

<b>Labores</b>	<b>Tratamiento P<sub>1</sub> Tradicional</b>	<b>Tratamiento P<sub>2</sub> 25x25</b>	<b>Tratamiento P<sub>3</sub> 30x30</b>	<b>Tratamiento P<sub>4</sub> 35x35</b>
1. Variedad del arroz	La Esperanza	La Esperanza	La Esperanza	La Esperanza
2. Preparación de suelo	2 pasadas de rastra en suelo seco y 1 pasada de pala niveladora en suelo húmedo para nivelación	2 pasadas con rotocultivador en suelo húmedo	2 pasadas con rotocultivador en suelo húmedo	2 pasadas con rotocultivador en suelo húmedo
Área de parcela	500 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>
3. Método de siembra	Trasplante manual	Trasplante en hileras	Trasplante en hileras	Trasplante en hileras
Semilla empleada (Kg/ha)	80	32	30	28
Promedio de plántulas por golpe	8	4	4	4
4. Fertilizantes	Sintético	Sintético	Sintético	Sintético
N-P-K (Kg/ha)	250	200	200	200
5. Sistema de riego	Riego por gravedad a través del bombeo	Riego por gravedad a través del bombeo	Riego por gravedad a través del bombeo	Riego por gravedad a través del bombeo
Consumo de agua (m <sup>3</sup> /ha)	14,180.7	6,601.1	6,601.1	6,601.1
Lamina de riego (cm)	14	5	5	5
6. Tipo de cosecha	Mecanizada	Mecanizada	Mecanizada	Mecanizada
Rendimiento (Kg/ha)	7255	8151	8799	7278

**Anexo 12.** Cronograma de actividades realizadas en la conducción del experimento bajo el método de trasplante tradicional, en el cultivo de arroz de la variedad INIA 509–La Esperanza

<b>Fecha</b>	<b>Labor Realizada</b>
05/08/2015	Preparación del terreno para el almacigo del arroz con motocultor
06/08/2015	Remojo de semillas certificadas por 48 horas
07/08/2015	Reposar las semillas certificadas luego del remojo
08/08/2015	Echar semillas certificadas al voleo en el campo de almacigo
09/08/2015	Primer día de germinación del arroz en el almacigo
17/08/2015	Ensayo de densidad de campo con cono de arena y muestreo de subsuelos para el análisis de suelos
19/08/2015	Muestreo y análisis del suelo
21/08/2015	Fumigación de insecticidas Skirla, Zuker y Rapaz, y coadyudante siliconado Silwet
22/08/2015	14 días de germinación en el almacigo
24/08/2015	Uso del fertilizante UREA y Sulfato de Amonio al voleo en el campo de almacigo
11/09/2015	Preparación del terreno para siembra con tractor y rastra semipesada
15/09/2015	Primer riego por bombeo para el batido del terreno agrícola
19/09/2015	Medición de parcelas antes de la siembra
21/09/2015	Siembra manual de plántulas de arroz en parcelas
28/09/2015	Segundo riego con lámina de 10 cm
30/09/2015	Primera fertilización de Sulfato de Potasio y Sulfato Di Amónico
06/10/2015	Tercer riego con lámina de 12 cm
07/10/2015	Fumigación con herbicidas Facet SC, Bentagran, Ectran, FUEGO y Aminacrys; coadyudante Proxy; y surfactante Maxi-coverDk-Sunami
15/10/2015	Segunda fertilización de Nitro S
19/10/2015	Cuarto riego con lámina de 12 cm
28/10/2015	Quinto riego con lámina de 12 cm
03/11/2015	Sexto riego con lamina de 14 cm
12/11/2015	Fumigación
13/11/2015	Tercera fertilización de Sulfato de Amonio
24/11/2015	Séptimo riego con lámina de 15 cm
11/122015	Octavo riego con lámina de 14 cm
22/12/2015	Noveno riego con lámina de 15 cm
02/01/2016	Último riego con lámina de 15 cm

**Anexo 13.** Cronograma de actividades realizadas en la conducción del experimento bajo el método de trasplante en hileras, en el cultivo de arroz de la variedad INIA 509–La Esperanza

<b>Fecha</b>	<b>Labor Realizada</b>
05/08/2015	Preparación del terreno para el almacigo del arroz con motocultor
06/08/2015	Remojo de semillas certificadas por 48 horas
07/08/2015	Reposar las semillas certificadas luego del remojo
08/08/2015	Echar semillas certificadas al voleo en el campo de almacigo
09/08/2015	Primer día de germinación del arroz en el almacigo
17/08/2015	Ensayo de densidad de campo con cono de arena y muestreo de subsuelos para el análisis de suelos
19/08/2015	Muestreo y análisis del suelo
21/08/2015	Fumigación de insecticidas Skirla, Zuker y Rapaz, y coadyudante siliconado Silwet
22/08/2015	14 días de germinación en el almacigo
24/08/2015	Uso del fertilizante UREA y Sulfato de Amonio al voleo en el campo de almacigo
11/09/2015	Primer día de preparación del terreno para siembra con motocultor
15/09/2015	Segundo día de preparación del terreno para siembra con motocultor
19/09/2015	Medición de parcelas antes de la siembra
21/09/2015	Siembra de plántulas de arroz en parcela con medición 25x25cm
28/09/2015	Segundo riego con lámina de 5 cm
30/09/2015	Primera fertilización de Sulfato de Potasio y Sulfato Di Amónico
06/10/2015	Tercer riego Fumigación con herbicidas Facet SC, Bentagran, Ectran, FUEGO y Aminacrys;
07/10/2015	coadyudante Proxy; y surfactante Maxi-coverDk-Sunami
15/10/2015	Segunda fertilización de Nitro S
19/10/2015	Cuarto riego con lámina de 5 cm
28/10/2015	Quinto riego con lámina de 5 cm
03/11/2015	Sexto riego con lámina de 5 cm
12/11/2015	Fumigación
13/11/2015	Tercera fertilización de Sulfato de Amonio
24/11/2015	Septimo riego con lámina de 5 cm
11/12/2015	Octavo riego con lámina de 5 cm
22/12/2015	Noveno riego con lámina de 5 cm
02/01/2016	Último riego con lámina de 5 cm

Anexo 14. Certificado de semilla certificada

**CERTIFICADORA GVR S.A.C.**  
 Resolución Defensorial N° 00135-2011 - INIA  
 Calle Cálizpa N° 428 - Teléfax: (074) 619316  
 Urb. Primavera 1 Etapa, Chicla 2a - Lambayeque  
 E-mail: certificaciongvr@votimail.com

**SEMILLA CERTIFICADA**  
**CATEGORÍA CERTIFICADA**  
 N° 427579

ESPECIE:	ARROZ
CULTIVAR:	INIA 509-LA ESPERANZA
LOTE N°:	GVR2-29-14--06
PRODUCTOR:	Hda. EL POTRERO
Peso Neto ó Semillas:	40 Kilos
FECHA ETIQUETADO:	ABRIL - 2015
N° CONTROL:	1403GVR2291406
Lugar de Producción:	Jaén - Cajamarca

\*SEGUN DECLARACION DEL PRODUCTOR, LA SEMILLA CONTENIDA EN ESTE ENVASE PROVIENE DE LOS CAMPOS INSPECCIONADOS POR EL ORGANISMO CERTIFICADOR DE SEMILLAS.  
 \*VALIDEZ DE ETIQUETADO: **06** meses

Anexo 15. Analisis de semilla certificada de arroz

**HACIENDA EL POTRERO S.A.C.**  
 Empresa Productora de Semillas  
 Av. Mesones Muro N° 1835 - Jaén  
 Teléfono: 076-432566 - Fax: 076-433516  
 E-mail: hpotrero@molicom.com.pe

Registro de Productor de Semillas  
 014-2003-AG-SENASA-DGSV-DIA

**SEMILLA CERTIFICADA DE ARROZ**  
**VARIEDAD**

**(LA ESPERANZA)**

**ANALISIS**

LOTE: STA15I02

PESO NETO: 40.00 KG.

FECHA DE COSECHA: MARZO 2015

FECHA DE ANALISIS: ABRIL 2015

PUREZA FISICA: 99.50 %

SEMILLA DE MALEZA: 00 %

GERMINACION: 95 %

PUREZA VARIETAL: 99.99 %

HUMEDAD: 14 %

**SEMILLAS EL POTRERO**



Anexo 17. Densidad en Sitio Método de la Arena



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
 CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 521402-ANEXO FIC N° 119-MOVIL 978262057  
 MORALES - PERÚ

---

**DENSIDAD EN SITIO METODO DE LA ARENA**  
 AASHTO T 191-93

PROYECTO : JOSE ORTIZ ZELADA  
 LUGAR : Localidad de Vainillas, Distrito del Bajo Biavo, Provincia de Bellavista

PROCEDENCIA : SUELO NATURAL  
 MUESTRA : Terreno Agrícola

FECHA : 25 de agosto del 2,015

**DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR -**

CERTIFICADO	L - 1534	METODO	AASHTO T-180 "D"
GRAVA > 3/4"	0.0 %	MAXIMA DENSIDAD SECA :	1.767 gr/cc
P.e de GRAVA	0.000 gr/cc	HUMEDAD OPTIMA :	12.10 %

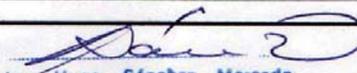
ENSAYO N°	1	
Progresiva	-	
Lado	I	
Frasco N°	1	
Peso del frasco mas Arena	6246	
Peso frasco + arena sobrante	2566	
Peso Arena en cono y placa	1420	
Peso Arena en hoyo	2260	
Densidad Arena calibrada	1.430	
Volúmen del Hoyo	1580	
Peso de la muestra húmeda	2130	
Peso de la muestra seca	1686	
Peso de la grava > 3/4"	0	
% de grava	0.0	
Densidad húmeda	1.348	
Densidad seca	1.067	
Densidad Corregida AASHTO T-224	1.767	
Grado de Compactación (%)	60	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

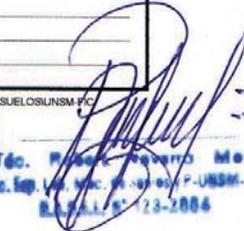
Con Speedy ( AASHTO T-217 )		
Recipiente N°	51.0	
Peso recip.mas suelo húmedo	195.1	
Peso recip.mas suelo seco	174.2	
Peso del recipiente	94.7	
Peso del agua	20.9	
Peso de la muestra seca	79.5	
% de humedad ( AASHTO T-265 )	26.3	

OBSERVACIONES:



  
**Ing. Hugo Sánchez Mercado**  
 Jefe de Lab. de Mec. de Suelos y P.-UNSM-FIC  
 Reg. CIP. N° 37383



  
**Téc. Wilson Roberto M...**  
 No. Leg. N.º 11.989.00 P.-UNSM-  
 R. NAVARRO SUELOS UNSM-FIC



**Anexo 19.** Trasplantadora de 6 líneas del IRRI ( International Rice Research Institute)



**Anexo 20.** Trasplantadora de arroz de 6 líneas



**Anexo 21.** Trasplantadora de arroz Daedong DUO60 de 6 hileras



**Anexo 22.** Trasplantadora de arroz Kubota de 6 hileras en campo



**Anexo 23.** Modelo de trasplantadora de seis hileras de marca Iseki PZ60 y Yanmar VP6E



**Anexo 24.** Modelo de trasplantadora Kubota WP60D



**Anexo 25.** Panel fotográfico durante la conducción del cultivo.

---

**1. Uso de semillas certificadas de la variedad  
*La Esperanza***



**2. Supervisión del almacigo del cultivo de arroz**



**3. Uso del ensayo de Densidad en Sitio Método  
de la arena**



**4. Obteniendo la muestra del suelo para el  
ensayo de Proctor modificado Método "A"**



**5. Trasplante en  
hileras por  
distanciamientos**

---

---

**6. Plantas de arroz con sistema de trasplante tradicional**



**7. Plantas con trasplante en hileras por distanciamientos de 30x30**



**8. Floración de plantas de arroz con método de trasplante tradicional**



**9. Floración de plantas con método de trasplante en hileras 30x30**



**10. Maduración de granos de arroz con método de trasplante tradicional**



**11. Maduración de granos con método de trasplante en hileras 30x30**



---

**10. Cosecha de arroz con cosechadora Massey Ferguson 5650. En la figura se observa el método de trasplante en hileras (derecha) y trasplante tradicional (izquierda)**



**11. Muestra de granos de arroz luego de la cosecha para el estudio de parámetros**



**12. Pesaje de granos para el cálculo del rendimiento**



**13. Espigas de arroz de trasplante en hileras en Bellavista, San Martín**

---