

Comparación de tres sistemas de riego para la producción de arroz con tres densidades de siembra en Zamorano

**Ángel Vinicio Benavides Cabezas
Edgar Israel Jara Velasteguí**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Octubre, 2014**

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Comparación de tres sistemas de riego para la producción de arroz con tres densidades de siembra en Zamorano

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieros Agrónomos en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Ángel Vinicio Benavides Cabezas
Edgar Israel Jara Velasteguí

Zamorano, Honduras

Octubre, 2014

Comparación de tres sistemas de riego para la producción de arroz con tres densidades de siembra en Zamorano

Presentado por:

Ángel Vinicio Benavides Cabezas
Edgar Israel Jara Velasteguí

Aprobado:

Renán Pineda, Ph.D.
Asesor principal

Renán Pineda, Ph.D.
Director
Departamento de Ciencia y Producción
Agropecuaria

Francisco Álvarez, M.A.E.
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Comparación de tres sistemas de riego para la producción de arroz con tres densidades de siembra en Zamorano

Ángel Vinicio Benavides Cabezas
Edgar Israel Jara Velasteguí

Resumen: El tipo de riego y la densidad son factores muy importantes para la producción de arroz. Es necesario tener información actualizada y adaptada a nuestra zona para optimizar la producción de arroz. Los objetivos fueron evaluar los mejores rendimientos en cada sistema de riego para compararlos y determinar si eran diferentes, y evaluar si la eficiencia en cuanto al consumo de agua del riego por aspersión era superior a los otros sistemas de riego. En el presente estudio se evaluaron nueve tratamientos de sistemas de riego bajo diferentes densidades con la variedad Indica, cultivar Dicta Playitas FL6-88; tres sistemas de riego, inundación intermitente, aspersión y secano favorecido, y tres densidades de siembra 220 lb/ha, 260 lb/ha y 300 lb/ha. Se usó un diseño experimental de parcelas divididas con un arreglo de bloques completos al azar en las subparcelas con seis repeticiones. El efecto de los tratamientos se evaluó en las siguientes variables: macollamiento (80 DDS), altura (90 DDS), biomasa, rendimiento, eficiencia. Se encontraron efectos en los tratamientos aplicados; en el riego por inundación intermitente con densidades de 260 lb/ha y 300 lb/ha se obtuvieron los mejores rendimientos; en el riego por aspersión con una densidad de 300 lb/ha se obtuvo el mayor rendimiento; y en secano favorecido no se encontraron diferencias estadísticas en las densidades de siembra. La eficiencia en uso de agua fue de 3.11 a 4.27 m³/kg. Los tratamientos con riego por secano a una densidad de 260 y 200 lb/ha, junto con aspersión con una densidad de 300 lb/ha e inundación intermitente con una densidad de 260 lb/ha fueron los más eficientes al utilizar menos agua por kilogramo de arroz.

Palabras clave: Productividad, parcelas, macolla, biología, masa.

Abstract: The type of irrigation and density are very important for rice production. It is necessary to have updated and adapted information to our area to optimize rice production. The objectives were to evaluate the best performance in each irrigation system to compare them and determine whether they were different, and if the efficiency in the consumption of water from sprinkler irrigation was superior to the other irrigation systems. In the present study nine treatments were evaluated of irrigation systems with different densities for the variety Indica cultivate Dicta Playitas FL6-88; three systems of irrigation, intermittent flooding, sprinkler and rainfed lowland, and three planting densities 220 lb / ha, 260 lb / ha and 300 lb / ha. The experimental design was divided plots with an array of completely random subplots six replications. The effect of treatment was evaluated on the following variables: tillering (80 DAP), height (90 DAP), biomass, yield, efficiency. Treatments applied effects were found; in intermittent flooding irrigation with densities of 260 lb / ha and 300 lb / has the best yields were obtained; in the sprinklers and a density of 300 lb / has the highest yield was obtained; rainfed lowland no statistical differences in densities were found. The water use efficiency was 3.11 to 4.27 m³ / kg. The dry irrigation treatments at a density of 260 to 200 lb / ha, with spraying with

a density of 300 lb / intermittent flood has a density of 260 lb / ha was the most efficient to use less water per kilogram of rice.

Key words: Biology, clumps, mass, plots, productivity.

CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| Portadilla..... | i |
| Página de firmas | ii |
| Resumen..... | iii |
| Contenido..... | v |
| Índice de cuadros, figuras y anexos..... | vi |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 3 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 7 |
| 4. CONCLUSIONES | 13 |
| 5. RECOMENDACIONES | 14 |
| 6. LITERATURA CITADA..... | 15 |
| 7. ANEXOS | 18 |

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

| Cuadros | Página |
|---|--------|
| 1. Codificación de los tratamientos utilizados en el experimento..... | 4 |
| 2. Significancia del modelo, R ² y Coeficiente de Variación para las variables: macollamiento, altura, biomasa, rendimiento y eficiencia en el uso de agua... | 7 |
| 3. Nivel de significancia de las fuentes de variación dentro de las variables: macollamiento, altura, biomasa, rendimiento y eficiencia en el uso de agua.... | 7 |
| 4. Correlaciones entre las variables usadas en el experimento del cultivo de arroz Dicta Playitas FL 6-88 sembrado en surcos | 12 |

| Figuras | Página |
|---|--------|
| 1. Efecto del sistema de riego en el macollamiento del cultivo de arroz Dicta Playitas FL 6-88 sembrado en surcos..... | 8 |
| 2. Efecto de la densidad de siembra en el macollamiento del cultivo de arroz Dicta Playitas FL 6-88 sembrado en surcos..... | 9 |
| 3. Efecto del sistema de riego y densidad de siembra en la altura de las plantas del cultivo de arroz Dicta Playitas FL 6-88 sembrado en surcos..... | 9 |
| 4. Efecto del sistema de riego en la biomasa del cultivo de arroz Dicta Playitas FL 6-88 sembrado en surcos..... | 10 |
| 5. Efecto del sistema de riego y la densidad de siembra en el rendimiento del cultivo de arroz Dicta Playitas FL 6-88 sembrado en surcos..... | 11 |
| 6. Efecto del sistema de riego y la densidad de siembra en la eficiencia de uso de agua para la producción de grano en el cultivo de arroz Dicta Playitas FL 6-88 sembrado en surcos..... | 11 |

| Anexos | Página |
|--|--------|
| 1. Resultado de Análisis de Suelo..... | 18 |
| 2. Descripción de la calicata..... | 19 |
| 3. Foto de la calicata..... | 20 |

1. INTRODUCCIÓN

El arroz es consumido por alrededor de 3,000 millones de personas. Anualmente se cultivan 144 millones de hectáreas de arroz, de las cuales más del 90% de la producción mundial radica principalmente en Asia (FAO 2010). En el año 2012, la producción mundial de arroz fue más de 719 millones de toneladas, siendo los principales productores: China con más de 204 millones de toneladas, seguido de India, Indonesia, Vietnam, Tailandia, Bangladesh, Myanmar, Filipinas, Brasil y Japón (FAO 2012). Las proyecciones para el 2022 colocan a Tailandia como el principal exportador seguido de Vietnam (OCDE/FAO 2013). En el año 2008, el área cultivada de arroz en Honduras fue de 9,346 ha con una producción de 30,132 toneladas y un rendimiento promedio de 3.22 t/ha (INE 2008 in SAG, DICTA y CONAREFIH 2013).

El riego es el factor más importante en la producción de arroz, siendo uno de los mayores costos de producción, por esto es necesario considerar estudiar la disponibilidad de agua en las zonas de producción de arroz (Díaz 1989). Las alternativas de riego en la producción de arroz son varias por lo que es necesario identificar cuáles son las mejores. Para producir un kilogramo de arroz son necesarios de 3,000 a 5,000 litros de agua. Estimaciones para el 2025, en Asia 17 millones de hectáreas no contarán con agua suficiente para producir y 22 millones de hectáreas en producción no tendrán la rentabilidad necesaria para proporcionar agua suficiente al cultivo (Cantrell 2002).

El tipo de riego influye en la rentabilidad del cultivo ya que implica mayor inversión en tecnología. En países como Nicaragua, los productores independientes únicamente han obtenido rentabilidad positiva implementando secano con maquinaria en sus producciones ya que los costos del arroz producido bajo riego son muy altos (Saavedra *et al.* 2003). Esta realidad muestra la poca información que existe sobre el manejo del riego en el arroz. La evaluación del ciclo de producción de arroz del 2000 al 2001 de IICA en Nicaragua demostró que aun 17 mil productores se dedican al cultivo de arroz por secano versus 295 mil que lo hacen por riego (Saavedra *et al.* 2003).

Los sistemas de producción de arroz son: arroz irrigado de tierras bajas con 79 millones de hectáreas; secano de tierras bajas con 54 millones de hectáreas; propenso a inundaciones con 11 millones de hectáreas; y arroz de secano con 14 millones de hectáreas. En el sistema de secano la lluvia es el único recurso para suministrar agua al cultivo. El arroz irrigado de tierras bajas es el principal aportador de la producción mundial con rendimientos desde 3 hasta 9 t/ha (Bouman *et al.* 2007).

Cabe destacar que los rendimientos varían dependiendo de la región y el sistema de producción; como un dato aproximado se tiene que el rendimiento en secano es de alrededor de 2 a 6 t/ha (Trouche *et al.* 2006). En el sistema de riego por aspersión los

rendimientos son de 5 a 7.5 t/ha en Argentina, lo cual varía dependiendo del régimen de lluvias (Aguirre *et al.* 2013). En arroz bajo inundación se puede observar rendimientos de 10 t/ha en Argentina (Kraemer *et al.* 2012).

El arroz de riego retiene el agua con la ayuda de pequeños diques; con las tecnologías modernas los rendimientos alcanzan las 5 t/ha en las estaciones lluviosa y más de 10 t/ha en la estación seca en Asia. La producción con este tipo de riego representa el 55% de la superficie cosechada en el mundo y el 75% de la producción mundial. La producción con el tipo de riego de secano a la larga sufre falta de humedad, por lo tanto son cultivados principalmente en la orilla de los ríos cuando el agua se retira al final de la estación lluviosa. En países latinoamericanos y africanos el cultivo en seco representa el 50% de la superficie total de producción (Benavides y Segura 2005).

Un experimento realizado en Asia con la variedad Sanyou 10 evaluó el manejo de agua con los sistemas: inundación, riego intermitente y secano; los rendimientos obtenidos en este experimento fueron: secano 6.3 t/ha, riego intermitente 9.54 t/ha e inundación 8.8 t/ha. Con la variedad Zhensan 97B el mejor rendimiento se obtuvo con inundación 5.31 t/ha, seguido del riego intermitente 4.41 t/ha y el secano fue el más bajo con 3.71 t/ha. Los resultados de los experimentos muestran que los rendimientos varían dependiendo de la variedad de arroz (Shi *et al.* 2002).

La densidad de siembra es de vital importancia para obtener un rendimiento adecuado del cultivo. La densidad de siembra depende de la variedad en específico, por ejemplo de 80 a 100 kg/ha (Jiménez *et al.* 2009). Para el cultivar Centauro en Venezuela se probaron densidades de siembra de: 80, 140 y 200 kg/ha; con dosis de nitrógeno de: 80, 120, 160 y 200 kg/ha en tres localidades; encontrándose que hubo una diferencia significativa para el rendimiento en las distintas localidades, pero no una diferencia entre las densidades sino de la interacción con la localidad obteniéndose mayor rendimiento con las dosis de 160 y 200 kg/ha de nitrógeno (Acevedo *et al.* 2011).

Los objetivos de este estudio fueron: determinar el mejor rendimiento de los sistemas de riego, inundación intermitente, aspersion y secano favorecido, con sus respectivas densidades; determinar la eficiencia en consumos de agua por kilogramo de arroz producido; comparar el rendimiento y la eficiencia en consumo de agua del sistema de riego por aspersion con el sistema de riego de inundación intermitente.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El estudio se llevó a cabo en el lote conocido como Zona Tres de los terrenos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, (lote denominado arrozal) Valle del Yeguaré, Honduras. Zamorano se encuentra ubicado en el departamento Francisco Morazán, 30 km al este de Tegucigalpa, Honduras. Esta zona se encuentra a 767 m de altura sobre el nivel del mar, presenta una precipitación de 1200 mm anual y una evapotranspiración de 1400 mm anual.

Diseño Estadístico. El diseño estadístico fue de bloques completos al azar con parcelas divididas con seis repeticiones. La parcela principal fue tipos de riego: inundación intermitente, aspersión y secano favorecido; en las subparcelas el factor evaluado fueron las densidades de siembra: 220 lb/ha, 260 lb/ha y 300lb/ha (Pineda 2013).

El experimento constó de seis bloques, cada bloque tuvo una repetición de cada parcela (tipo de riego) y tres subparcelas (densidades de siembra), por tanto cada bloque tuvo nueve tratamientos, los cuales fueron las combinaciones de tipo de riego y densidad de siembra, con un total de 54 unidades experimentales. Cada unidad experimental tuvo ocho surcos de cinco metros de largo separados a 20 cm. Para la toma de datos se tomaron en cuenta los cuatro surcos centrales dejando un espacio de 10 cm al inicio y al final de cada surco para poder eliminar el efecto borde.

El análisis estadístico se realizó a través de un Análisis de Modelos Lineales Generalizados (GLM) para definir la significancia del modelo $p \leq 0.05$ y una separación de medias ajustadas de acuerdo al procedimiento de la prueba Duncan comparando los nueve tratamientos. Las variables agronómicas que se evaluaron fueron: macollamiento, altura de la planta, daño, rendimiento, biomasa y eficiencia en uso de agua. Se determinó la correlación entre estas variables y finalmente se hizo una regresión lineal para el rendimiento. Para obtener un R^2 superior al 70% se determinaron los valores residuales para poder eliminar los datos fuera de tipo.

Tratamientos. Resultan de la interacción del sistema de riego y la densidad de siembra.

Cuadro 1. Codificación de los tratamientos utilizados en el experimento

| Tratamiento | | Codificación del tratamiento |
|-------------------------|------------------|------------------------------|
| Sistema de Riego | Densidad (lb/ha) | |
| Aspersión | 220 | A-220 |
| Aspersión | 260 | A-260 |
| Aspersión | 300 | A-300 |
| Inundación intermitente | 220 | I-220 |
| Inundación intermitente | 260 | I-260 |
| Inundación intermitente | 300 | I-300 |
| Secano favorecido | 220 | S-220 |
| Secano favorecido | 260 | S-260 |
| Secano favorecido | 300 | S-300 |

El riego empezó el día 48 después de la siembra para someter el cultivo a un periodo de estrés. Los riegos finalizaron 10 días antes de la cosecha. La fertilización fue la misma en todos los tratamientos.

El sistema de riego por inundación intermitente mantuvo el suelo con una lámina visible de agua de 2.5 cm de altura, medido manualmente. Durante todo el ensayo para lograr esta lámina visible se depositó 500 L (62.5 mm) de agua en ocho metros cuadrados. En total se aplicó 2423.1 mm de agua (610.6 mm de pluviosidad + 1812.5 mm de riego) a lo largo del cultivo. El intervalo de riego fue de tres días para asegurar que el agua se haya resumido (Shi *et al.* 2002).

El sistema de riego por aspersión suministró la mitad del volumen de agua aplicado en el sistema de riego de inundación intermitente. Se regó durante todo el ensayo 256 L (32 mm) de agua en ocho metros cuadrados cada tres días con un aspersor Gardena 2083-20. En total se aplicó 1538.6 mm de agua (610.6 mm de pluviosidad + 928 mm de riego) a lo largo del cultivo.

En el sistema de secano favorecido se aplicó un riego suplementario de 14 mm de agua en ocho metros cuadrados para mantener el suelo a capacidad de campo; para determinar este estado de humedad se utilizó el método manual (Briceño *et al.* 2012). Se estandarizó este volumen durante todo el ensayo utilizando un aspersor Gardena 2083-20 cada tres días para depositar. En total se aplicó 1016.6 mm de agua (610.6 mm de pluviosidad + 406 mm de riego) a lo largo del cultivo.

Variables:

- Macollamiento: se delimitó dentro de cada unidad experimental con un aro de acero un área de 0.47 m² para contar el número de plantas a los 20 días después de la siembra. Posteriormente se contó el número de tallos a los 80 días después de la siembra, para determinar el macollamiento en tallos/planta. Se eligió estas fechas para registrar el inicio y el final del macollamiento.

- **Altura de la planta:** se escogieron de manera aleatoria 10 plantas/unidad experimental. Se midió desde la base del suelo hasta la altura de la punta de la hoja bandera cuando la planta se encontraba en floración, reportando un promedio de altura en metros por cada unidad experimental.
- **Biomasa:** se cosecharon a mano cuatro surcos centrales dejando un espacio de 10 cm al inicio y al final de cada surco para eliminar el efecto borde en cada unidad experimental. Se cosechó desde la superficie de suelo de cada planta. De este material se tomó una muestra de 20 g para colocarlo en un horno a 70°C durante tres días. De esta manera se determinó el contenido de humedad del mismo. Posteriormente se llevó el peso al 100% de materia seca y de este valor se extrapolo toneladas/hectárea.
- **Rendimiento:** se usó el material de la variable biomasa, se trilló este material. El grano se pesó y se determinó la humedad del mismo para corregirlo al 13% de humedad, reportando en toneladas/hectárea.
- **Eficiencia en uso del agua:** se tomaron los datos de rendimiento y se dividieron para el total de agua aplicado al cultivo (lo aplicado en cada sistema de producción junto con la precipitación, tomado de la estación meteorológica), expresándose en metros cúbico de agua / kilogramo de arroz.

Suelo y Preparación del terreno. El suelo presentó las siguientes características: textura: franco arcillosa, estructura = bloques subangulares, pH = 6.5; MO = 2.76 % (Anexo 1). La preparación del terreno se hizo con dos pases de rastra y una nivelación manual.

Siembra. Se sembró el 17 de agosto de 2013 el cultivar Dicta Playitas FL6-88, dependiendo de la densidad del tratamiento se pesó la cantidad de semilla correspondiente para cada surco (ocho surcos de cinco metros lineales separados a 0.2 m), dependiendo de la densidad de siembra el peso de la semilla fue: en las 220lb/ha 9.98 g/surco; en las 260 lb/ha 11.8 g/surco y en las 300 lb/ha 13.62 g/surco. Se levantaron los muros en la parcela de riego por inundación intermitente en cada uno de los bloques para poder contener la capa de agua de 2.5 cm. Se escogió el 17 de agosto como fecha de siembra ya que el suelo se encontraba saturado por las precipitaciones de días anteriores.

Fertilización. Se analizó el suelo el 30 de mayo de 2013, con esto se determinó la cantidad de nutrientes a aplicar en una hectárea: N=200 kg; P₂O₅= 34.6 kg y K₂O = 151.52 kg. La fertilización se realizó dirigida para cada surco y enterrada a 3 cm. En la etapa de macollamiento se aplicó el 100% de P₂O₅, 100% de K₂O y 50% de N. En la etapa de primordio floral se aplicó el 50% restante de N.

Control de malezas. Se aplicaron los herbicidas Profoxydim que es selectivo al arroz y controla gramíneas, con una dosis de 1 L/ha adicionando el coadyuvante Dash con la misma dosis y Bentazon para controlar malezas de hoja ancha con una dosis de 1.5 L/ha. Los alrededores se controlaron con el paso de una moto guadaña y machete. Estas medidas de control se realizaron a los 30 días después de la siembra. Posteriormente a los 75 días después de siembra se controló las malezas de manera manual.

Riego. El riego inicio los 48 días después de siembra y terminó a los 135 días después de siembra. Para el sistema de inundación intermitente se aplicó 1812.5 mm de agua. Para el sistema de riego por aspersión se aplicó 928 mm de agua. Para el sistema de secano favorecido se aplicó 406 mm de agua. El otro aporte de agua a todos los sistemas fue por la precipitación de 610.6 mm de agua.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 2. Significancia del modelo, R² y Coeficiente de Variación para las variables: macollamiento, altura, biomasa, rendimiento y eficiencia en el uso de agua.

| Variables | Modelo | | R ² | Coeficiente de Variación |
|---------------|--------|---------|----------------|--------------------------|
| | DF | Pr>F | | |
| Macollamiento | 23.00 | 0.00060 | 0.86 | 12.25 |
| Altura | 23.00 | 0.00030 | 0.87 | 4.62 |
| Biomasa | 23.00 | 0.00500 | 0.81 | 19.01 |
| Rendimiento | 23.00 | <0.0001 | 0.96 | 10.07 |
| Eficiencia | 23.00 | <0.0001 | 0.89 | 8.45 |

DF= Grados de Libertad

Pr>F=Probabilidad

En las variables altura, rendimiento y eficiencia existió significancia ($\rho \leq 0.05$) en la interacción de la fuente de varianza: riego \times densidad (Cuadro 3). Sin embargo, para la variable macollamiento se presentó significancia ($\rho \leq 0.05$) en la fuente de varianza riego y densidad de manera independiente (Cuadro 3). La variable biomasa presentó significancia tan solo en la fuente de varianza riego (Cuadro 3).

Cuadro 3. Nivel de significancia de las fuentes de variación dentro de las variables: macollamiento, altura, biomasa, rendimiento y eficiencia en el uso de agua.

| Fuentes de Variación | Macollamiento | | Altura | | Biomasa | | Rendimiento | | Eficiencia | |
|-------------------------|---------------|--------|---------|--------|---------|--------|-------------|--------|------------|--------|
| | F Value | Pr > F | F Value | Pr > F | F Value | Pr > F | F Value | Pr > F | F Value | Pr > F |
| Bloque | 1.94 | 0.1687 | 0.33 | 0.8868 | 0.45 | 0.8026 | 2.52 | 0.0872 | 2.68 | 0.0836 |
| Riego | 4.27 | 0.0391 | 21.57 | 0.0001 | 11.46 | 0.0018 | 97.92 | <.0001 | 2.35 | 0.1403 |
| Bloque \times Riego | 1.25 | 0.325 | 1.65 | 0.1713 | 1.85 | 0.1234 | 1.54 | 0.2034 | 2.31 | 0.0586 |
| Densidad | 24.42 | <.0001 | 1.82 | 0.0826 | 1.04 | 0.3747 | 5.78 | 0.0115 | 5.66 | 0.0124 |
| Riego \times Densidad | 0.54 | 0.7091 | 4.86 | 0.003 | 1.11 | 0.3836 | 5.6 | 0.0042 | 7.51 | 0.001 |

Pr>F=Probabilidad significativa ≥ 0.05

El mayor macollamiento de las plantas se obtuvo con el sistema de riego por aspersión con un promedio de 3.8 tallos/planta (Figura 1). Así mismo los sistemas de riego por inundación intermitente y secano favorecido presentaron un macollamiento de: 3.19 y 3.38 tallos/planta respectivamente, los cuales no difieren entre sí. Shi *et al* (2002) evaluó el efecto de diferentes prácticas de manejo de agua en arroz, encontrándose resultados

similares a nuestro estudio en donde el riego por inundación intermitente presentó un macollamiento similar al secano. Páez y Barrios (1995) mencionan que el suelo saturado induce un mayor macollamiento porque son las condiciones ideales para la producción de macollos. En nuestro experimento el sistema de riego por inundación intermitente mantuvo el suelo saturado durante el ciclo de cultivo.

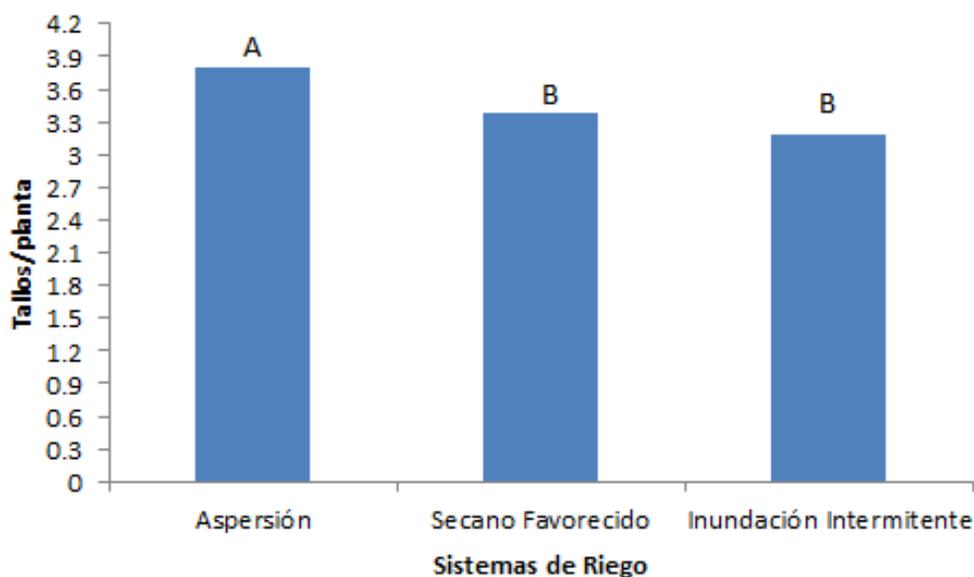


Figura 1. Efecto del sistema de riego en el macollamiento del cultivo de arroz Dicta Playitas FL 6-88 sembrado en surcos.

ABC Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí ($p \geq 0.05$).

El mayor macollamiento se obtuvo con la densidad de 220 lb/ha con 4.1 tallos/planta y el menor macollamiento con la densidad de 300 lb/ha con 2.8 tallos/planta (Figura 2). Este resultado concuerda con que la densidad fue uno de los principales factores para encontrar variación en el experimento (Cuadro 3). Páez (1991) determinó que la densidad más baja presentaba el mayor macollamiento y este disminuye al aumentar la densidad, lo cual concuerda con nuestro experimento encontrándose que el espaciamiento afecta el macollamiento; esto es debido a que en una menor densidad la planta tiene mayor área disponible para macollar.

Los tratamientos de riego por inundación intermitente con 260 y 220 lb/ha presentaron una mayor altura de planta (Figura 3). El tratamiento de riego por aspersión con una densidad de 300 lb/ha y el tratamiento de riego por inundación intermitente de 300 lb/ha no difieren del tratamiento de inundación intermitente con una densidad de 220 lb/ha (Figura 3). Estos resultados concuerdan con experimentos realizados por FONAIAP (1995), explicando que la diferenciación de los tratamientos principalmente se debe al sistema de riego aunque exista significancia en la interacción del sistema de riego con la densidad (Cuadro 3). Al tener una mayor lámina de agua la planta tiende a elongarse como respuesta fisiológica para captar oxígeno del ambiente (Yoshida 1981).

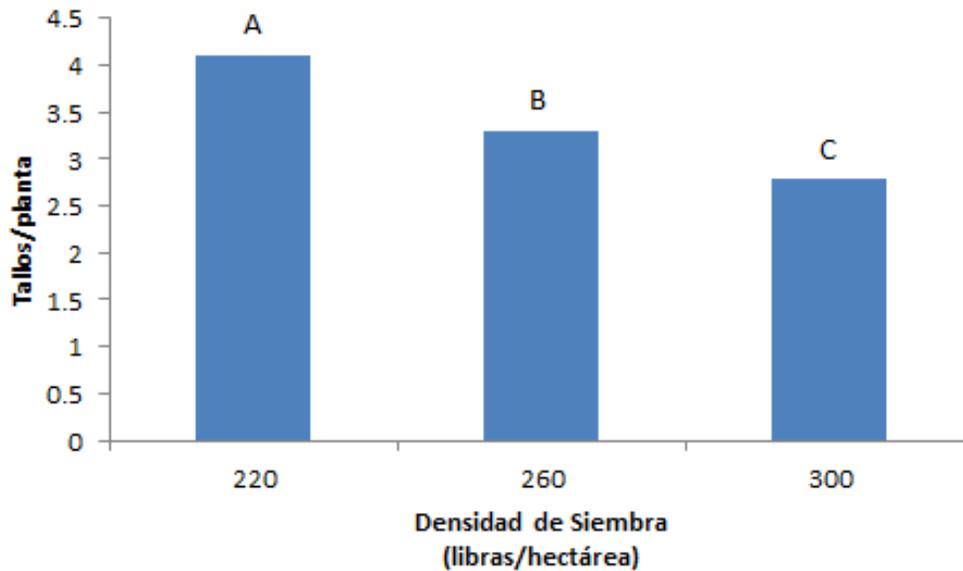


Figura 2. Efecto de la densidad de siembra en el macollamiento del cultivo de arroz Dicta Playitas FL 6-88 sembrado en surcos.
 ABC Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí ($\rho \geq 0.05$).

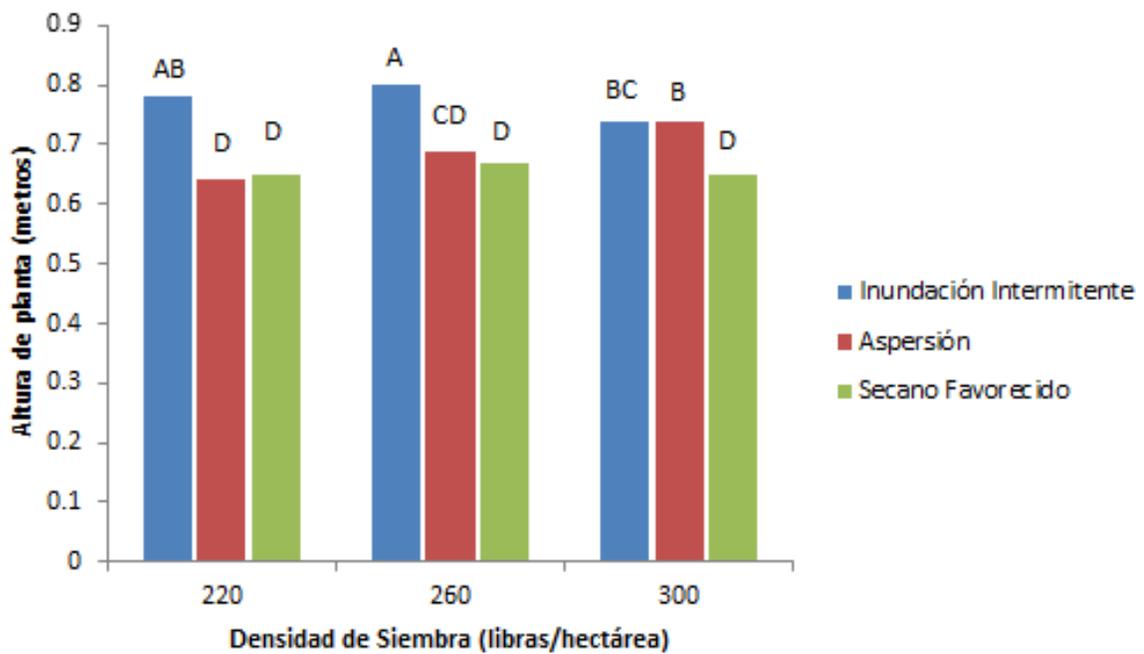


Figura 3. Efecto del sistema de riego y densidad de siembra en la altura de las plantas del cultivo de arroz Dicta Playitas FL 6-88 sembrado en surcos.
 ABC Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí ($\rho \geq 0.05$).

En la variable biomasa se observa el riego por inundación intermitente tuvo la mayor biomasa con 10.99 t/ha y el secano favorecido presentó la menor biomasa con 6.64 t/ha

(Figura 4). Esta diferencia se debió a que la presencia de una mayor cantidad de agua en el suelo desarrollo una mayor biomasa. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Shi *et al.* (2002) en donde el sistema por Inundación Intermitente presenta la mayor biomasa. FONAIAP (1995) encontró que al tener mayores láminas de agua se incrementa el rendimiento el cual está relacionado con la biomasa; esto concuerda también con los resultados del experimento.

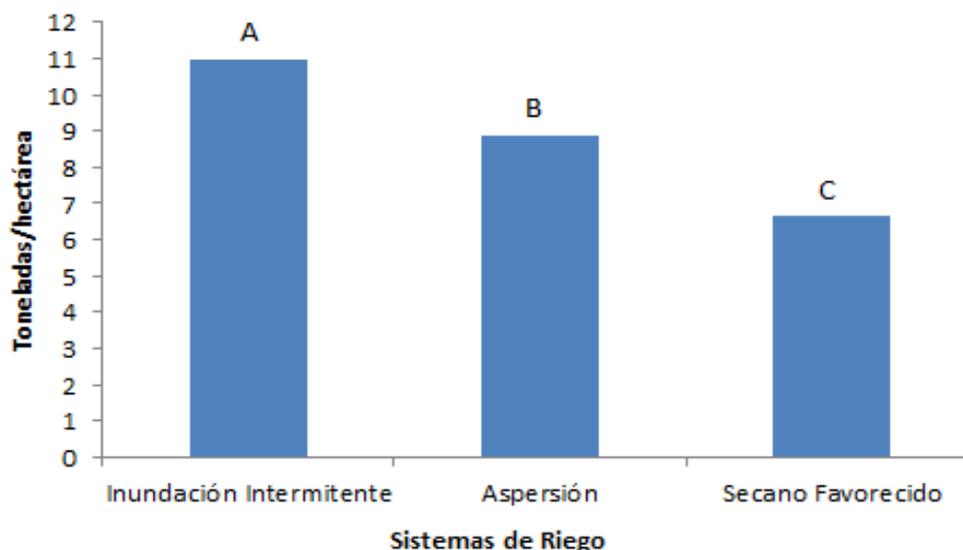


Figura 4. Efecto del sistema de riego en la biomasa del cultivo de arroz Dicta Playitas FL 6-88 sembrado en surcos.

ABC Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí ($p \geq 0.05$).

Los tratamientos de riego por inundación intermitente con 260 y 300 lb/ha presentaron los mejores rendimientos con: 7.07 y 6.49 t/ha respectivamente (Figura 5). En general los tratamientos con riego por inundación intermitente tuvieron los mejores rendimientos seguidos del riego por aspersión y finalmente secano favorecido. Shi *et al* (2002) obtuvo resultados similares en los cuales el riego con inundación intermitente presenta los mejores rendimientos y FONAIAP (1995) menciona que la densidad de siembra combinada con mayores láminas de agua incrementan el rendimiento por la afinidad del cultivo con altas láminas de agua.

Se observó que en todos los sistemas de riego se obtuvieron los mejores rendimientos con la densidad de siembra más alta (300 lb/ha) siendo significativa en aspersión y no significativa en inundación intermitente y secano favorecido, estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Acevedo *et a.* (2011) donde los menores rendimientos se obtuvieron con la mayor densidad de siembra utilizada, esta respuesta está asociada probablemente a que se usaron densidades de siembra bajas en comparación a las usadas en el experimento de Acevedo *et al.* (2011) donde se utilizaron 176 lb/ha, 308 lb/ha y 440 lb/ha.

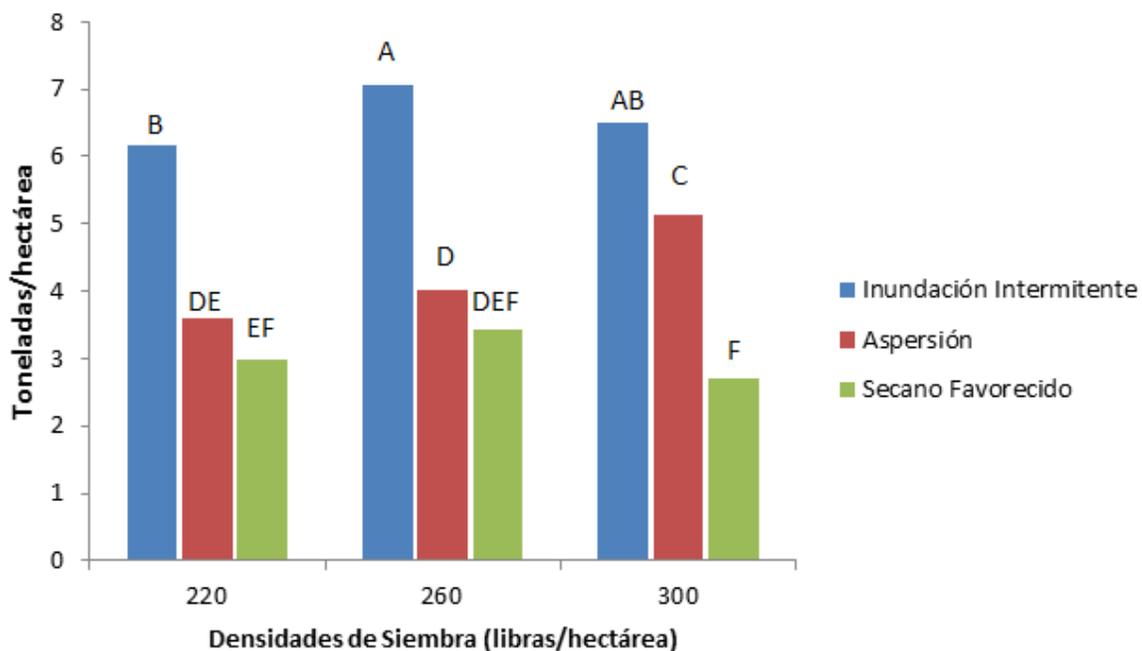


Figura 5. Efecto del sistema de riego y la densidad de siembra en el rendimiento del cultivo de arroz Dicta Playitas FL 6-88 sembrado en surcos.
ABC Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí ($\rho \geq 0.05$).

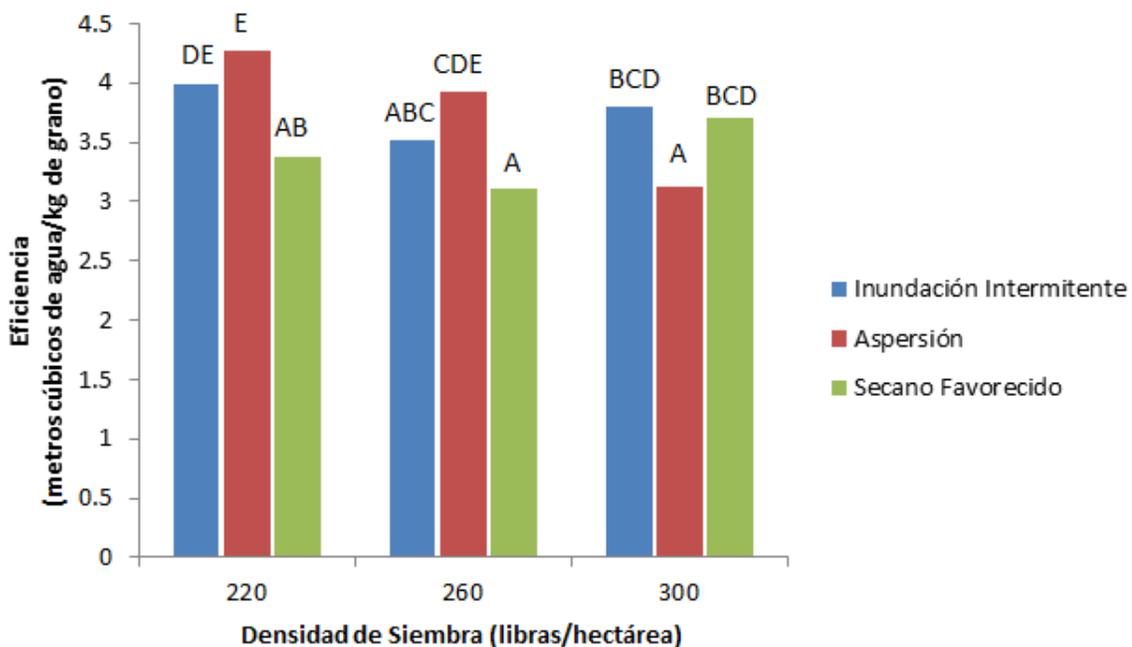


Figura 6. Efecto del sistema de riego y la densidad de siembra en la eficiencia de uso de agua para la producción de grano en el cultivo de arroz Dicta Playitas FL 6-88 sembrado en surcos.
ABC Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí ($\rho \geq 0.05$).

Los tratamientos de secano favorecido con 260 lb/ha, aspersión con 300 lb/ha, secano favorecido con 220 lb/ha e inundación intermitente con 260 lb/ha presentaron la mejor eficiencia con 3.11 a 3.52 m³ de agua utilizados para la producción de un kilogramo de grano al 13% de humedad (Figura 6). Los tratamientos menos eficientes en el uso de agua fueron los de aspersión con una densidad de 220 y 260 lb/ha e inundación intermitente con una densidad de 220 lb/ha (Figura 6). Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Shi *et al* (2002) en los cuales se observan una clara diferencia entre los tratamientos siendo el secano favorecido el más eficiente. Esto se explica por el efecto que tuvo la densidad para el rendimiento del cultivo.

La variable eficiencia solo presentó una correlación significativa con la variable macollamiento aunque esta fue una correlación media (Cuadro 4). Al contrario la variable rendimiento presentó correlaciones significativas con las variables: macollamiento, altura, y biomasa. De las cuales la correlación con las variables: altura y biomasa fueron altas y directamente proporcional. La variable biomasa presentó una correlación media directamente proporcional con la variable altura (Cuadro 4). Finalmente la variable macollamiento y la variable altura presentaron una correlación baja e inversamente proporcional (Cuadro 4).

Cuadro 4. Correlaciones entre las variables usadas en el experimento del cultivo de arroz Dicta Playitas FL 6-88 sembrado en surcos.

| Variables | Altura | Biomasa | Rendimiento | Eficiencia |
|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Macollamiento | -0.3218 ^δ | -0.17897 ^δ | -0.36509 ^δ | 0.46622 ^δ |
| | 0.0376 ^φ | 0.2568 ^φ | 0.0174 ^φ | 0.0019 ^φ |
| Altura | 1 ^δ | 0.57614 ^δ | 0.78621 ^δ | -0.22635 ^δ |
| | - | <.0001 ^φ | <.0001 ^φ | 0.1495 ^φ |
| Biomasa | - | 1 ^δ | 0.72163 ^δ | -0.07835 ^δ |
| | - | - | <.0001 ^φ | 0.6219 ^φ |
| Rendimiento | - | - | 1 ^δ | -0.24336 ^δ |
| | - | - | - | 0.1204 ^φ |

^δ Coeficiente de Pearson

^φ Probabilidad significativa ≤ 0.05

4. CONCLUSIONES

- Los mejores rendimientos en Inundación Intermitente se obtuvieron con las densidades de 260 y 300 lb/ha al ser 7.07 y 6.49 t/ha respectivamente; para el sistema de riego por Aspersión se logra con la densidad de 300 lb/ha con 5.13 t/ha y para el sistema de riego Secano Favorecido no hubo diferencias en las tres densidades al obtener rendimientos desde 2.7 hasta 3.47 t/ha.
- La eficiencia en cuanto a consumo de agua por kilogramo de arroz producido fue de 3.11 a 4.27 m³/kg.
- Los rendimientos más altos del sistema de riego por Aspersión e Inundación Intermitente no son similares. Sin embargo al considerar la eficiencia del agua el riego por Aspersión con la densidad de 300 lb/ha y el riego por Inundación Intermitente con 260 lb/ha obtuvieron eficiencias estadísticamente similares, siendo 3.13 y 3.52 m³/kg respectivamente.

5. RECOMENDACIONES

- Repetir el experimento en verano con el mismo cultivar y con un amplio rango de densidades.
- Utilizar el Riego por Inundación Intermitente con una densidad de 260 lb/ha debido a su alto rendimiento y eficiencia.
- Continuar con experimentos para el Riego por Aspersión con 300 lb/ha debido a que presenta una de las mejores eficiencias en cuanto a uso eficiente de agua y un alto rendimiento.

6. LITERATURA CITADA

Acevedo, M., M. Salazar, W. Castrillo, O. Torres, E. Reyes, M. Navas, R. Álvarez, O. Moreno y E. Torres. 2011. Efectos de la densidad de siembra y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de granos de arroz del cultivar centauro en Venezuela. *Agronomía Tropical* 61(1): 15-26.

Aguirre, C., H. Currey, y P. Moreyra,. 2012. Estudio del Comportamiento de dos sistemas de riego en cultivo de arroz bajo diferentes condiciones climáticas. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste-Sargento Cabral.Argentina. 4p.

Benavides, H y O. Segura. 2005. El entorno internacional del sector arrocero Centroamericano. IICA. San José, Costa Rica. 90 p.

Bouman, B.A.M., R.M. Lampayan y T.P. Toung. 2007. Water management in irrigated rice: coping with water scarcity. International Rice Research Institute, Los Baños, Filipinas. 54 p.

Briceño, M, F. Álvarez, U. Barahona. 2012. Necesidad de agua de los cultivos: Método manual para determinar la humedad del suelo. *In*: A. Pitty y P. Valladares (eds) Manual Técnico de Riego con Énfasis en Riego por Goteo. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. p 45-46.

Cantrell, R. 2002. Water-wise Rice Production. *In*: Bouman B.A.M., H. Hengsdijk, B. Hardy, P.S. Bindraban, T.P. Tuong, y Ladha J.K. (ed). Water-wise Rice Production:Foreword. International Rice Research Institute, Los Baños, Filipinas. p vii.

Díaz, A., J. Carbonell, G. Vasquez y L. Bejarano. 1989. Nivelación de lotes para la producción de arroz de riego. CIAT. Cali, Colombia. 52 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2010. Agricultura “climáticamente inteligente”: Políticas, prácticas y financiación para la seguridad alimentaria, adaptación y mitigación. Cultivos: sistemas de producción de arroz, Roma, Italia. p 4-5.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2012. FAOSTAT (División Estadística de FAO). Top production- Arroz, cáscara -2012 (en línea). Consultado 2 de mayo de 2013. Disponible en <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=es>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2012. FAOSTAT (División Estadística de FAO). Top production- Mundo (Total)-2012 (en línea). Consultado 2 de mayo de 2013. Disponible en <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=es>

FONAIAP (Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 1995. Efecto del manejo del riego y la densidad de siembra en el cultivo de arroz en Portuguesa. Proyecto Cooperativo de Investigación. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Fundación Polar y Corporación Agroindustrial (CORINA). Caracas, Venezuela. 25 p.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas, Honduras). 2008. Área cultivada, producción y rendimiento de granos básicos. In: SAG, DICTA y CONAREFIH. 2012. Segundo Informe Nacional sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura: “Honduras hacia el uso racional y eficaz de sus recursos fitogenéticos” p 24.

Jiménez, O., R. Silva y J. Cruz. 2009. Efecto de densidades de siembra sobre el rendimiento de arroz (*Oryza sativa L.*) en el municipio Santa Rosalía, Estado Portuguesa, Venezuela. Revista Unellez de Ciencia y Tecnología 27:32-41.

Kraemer, A., J.F. Moulin, A.R. Marín, D. Kruger y L. Herber. 2012. Manual del Aguador Arroceros: Principios básicos para el Manejo del Riego en el cultivo de Arroz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Proyecto Arroz Corrientes, Argentina. 24 p.

OCDE(Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2013. Perspectivas Agrícolas 2013-2022 (en línea). Consultado 19 de mayo de 2014. Disponible en http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/ocde-fao-perspectivas-agricolas-2013_agr_outlook-2013-es

Páez, O. 1991. El cultivo del arroz. Densidad de siembra, control de malezas y fertilización. FONAIAP divulga 36:26.

Páez, O. y C. Barrios. 1995. Efecto de la interacción densidad de siembra-lámina de agua sobre el crecimiento, desarrollo y producción de arroz en época de verano. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 12:25-45.

Pineda, R. 2013. Densidades de siembra Arroz en distintos sistemas de producción. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. Comunicación personal.

Saavedra, D., C. Urrutia y R. Téllez. 2003. Estudio de la Cadena Comercial del Arroz. IICA. Nicaragua, Editaarte. 89 p.

SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería); DICTA (Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria). 2003. Manual Técnico para el Cultivo de Arroz. Comayagua, Honduras. 59 p.

Shi, Q., X. Zeng, M. Li, X. Tan y F. Xu. 2002. Effects of different water management practice on rice growth. *In*: Bouman B.A.M., H. Hengsdijk, B. Hardy, P.S. Bindraban, T.P. Tuong, y Ladha J.K. (ed) Water-wise Rice Production :Intermittent irrigation. International Rice Research Institute, Los Baños, Filipinas. p 3-13.

Trouche, G., L. Narváez-Rojas., Z. Chow-Wong y J. Corrales-Blandón. 2006. Fitomejoramiento participativo del arroz de secano en Nicaragua: metodologías, resultados y lecciones aprendidas. *Agronomía Mesoamericana* 17(3): 309-325.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of Rice Crop Science. International Rice Research Institute, Los Baños, Filipinas. 269 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Resultado de Análisis de Suelo.

EAP ZAMORANO LABORATORIO DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Zamorano tels. (504) 2287-2000 ext. 2316/2327 Fax: (504) 2287-6242 Cel: 9969-6846

| | |
|---|---|
| Solicitante: EDGAR JARA Localización de la muestra: EL ZAMORANO Departamento: FRANCISCO MORAZÁN Cultivo: | RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO Fecha de entrada: 14/05/13 Fecha de entrada: 30/05/13 |
|---|---|

Metodos:
 K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn: Solución extractora Mehlich 3, determinados por absorción atómica
 P: Solución extractora Mehlich 3, determinado por colorimetria
 % M.O.: Metodo de Walkley & Black:
 % N total: 5% de M.O.
 pH: Relación suelo agua 1:1

| # Lab. | Muestra | pH | % | | mg/Kg (extractable) | | | | |
|-----------|----------------|------|---------------|--------------|---------------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
| | | | M.O. | N Total | P | K | Ca | Mg | Na |
| 13-S-2078 | Zona 3 arrozal | 6.57 | Medio 2.76 | Bajo 0.14 | Alto 175 | Alto 572 | Medio 2680 | Bajo 300 | Normal 200 |

| | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------|---------------------------------|
| Rango Medio | 2.00 4.00 | 0.20 0.50 | 13 30 | Por: Saturación de bases |
|--------------------|--------------|--------------|----------|---------------------------------|

Responsable del análisis: Interpretación: _____

Ing. José Moisés Sandoval
 Vo.Bo _____
 Ing. Gloria Arias de Gargel M.Sc.

Ing. Dania Pamela Oliva

Anexo 2. Descripción de la calicata.

Perfil No: 1

Fecha de descripción: 27/09/13

Ubicación: Zona 3

Coordenadas: 500862 ; 1548943

Descrita por: Angel Benavides, Edgar Jara, Wilmer Meza, Carla Caballero.

Posición Geomorfológica: Terraza Media

Pendiente: O-E 3%; N-S 1%

Precipitación anual: 1200mm

Temperatura Anual Media: 25°C

Uso de la tierra: Arroz

Edad del cultivo: -

Drenaje Natural: Bueno

Drenaje Interno: Malo (moteado)

Vegetación: Arroz

| Horizonte | Profundidad (cm) | Caracterización |
|-----------|------------------|--|
| 1 Ap | 0-35 | 5YR 2.5/1 negro; franco arcilloso (-); bloques subangulares medianos moderado; raíces finas y muy finas muchas; poros tubulares medianos finos y muy finos muchos; friable en húmedo pegajoso y plástico en mojado; límite irregular y difuso; R.P. 1.25 kg/cm ² . |
| 2 Bt | 35-47 | 7.5YR 3/3 pardo oscuro; franco arcilloso (-); bloques subangulares medianos moderado; raíces muy finas pocas; poros tubulares medianos finos y muy finos frecuentes; firme en húmedo; pegajoso y plástico en mojado; límite irregular y difuso; R.P. 0.75 kg/cm ² . |
| 3 Ct | 47-100X | 2.5 YR 5/4 pardo rojizo; Masivo; poros tubulares finos y muy finos frecuentes; firme en húmedo; muy pegajoso y plástico en mojado; R.P. 1 kg/cm ² . |

Anexo 3. Foto de la calicata.

