

**Efecto de tres sistemas de riego y dos variedades en el rendimiento de arroz (*Oryza sativa*) bajo dos métodos de siembra**

**Otto Antonio Echeverría Bodden**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2015

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Efecto de tres sistemas de riego y dos variedades en el rendimiento de arroz (*Oryza sativa*) bajo dos métodos de siembra**

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

Presentado por

**Otto Antonio Echeverría Bodden**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2015

# **Efecto de tres sistemas de riego y dos variedades en el rendimiento de arroz (*Oryza sativa*) bajo dos métodos de siembra**

Presentado por:

Otto Antonio Echeverría Bodden

Aprobado:

---

Renán Pineda, Ph.D.  
Asesor principal

---

John Jairo Hincapié, Ph.D.  
Director  
Departamento de Ciencia y  
Producción Agropecuaria

---

Dafne Serrano, Ing. Agr.  
Asesor

---

Raúl Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

## **Efecto de tres sistemas de riego y dos variedades en el rendimiento de arroz (*Oryza sativa*) bajo dos métodos de siembra**

**Otto Antonio Echeverría Bodden**

**Resumen.** El arroz es un alimento básico para más de la mitad de la población mundial y el 80% de su dieta depende de este cultivo, el cual aporta hasta un 20% del consumo de calorías per cápita en el mundo. Comúnmente, el arroz se siembra bajo inundación, utilizando cantidades de agua de hasta 10,000 m<sup>3</sup> por hectárea con aproximadamente, 100 días de riego. El uso del agua constituye uno de los aspectos más relevantes a considerar en la agricultura, ya que actualmente, la escasez de agua es una limitante importante para la producción de alimentos. El objetivo fue comparar el efecto de tres sistemas de riego, y dos variedades en el rendimiento del arroz sembrado al voleo y en surcos. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar en parcelas subdivididas con tres repeticiones. Se midieron las variables de rendimiento: peso total de la del grano, altura de la planta, número de macollas, peso específico de la semilla y el uso de agua de cada sistema. El rendimiento del arroz fue mayor cuando se utilizó el sistema de riego por inundación, 12.02 t/ha y el menor rendimiento al utilizar riego por aspersión, 4.93 t/ha. El macollamiento fue influido tanto por la variedad como también por el método de siembra, resultando en un mayor número de macollas cuando se usó la variedad Comayagua en surcos y Playitas al voleo. El sistema de riego por goteo fue el más eficiente en el uso de agua para la producción de grano de arroz utilizando 6.14 L/kg, un 59% y 34.1% menos que los sistemas por inundación y aspersión, respectivamente.

**Palabras clave:** Agua, alternativa, aspersión, consumo, eficiencia, goteo, peso, producción.

**Abstract:** Rice is a basic food for over half the world's population, 80% of their diet depend on it and provides up to 20% of world's calorie intake per capita. Commonly, rice is planted under flood irrigation, using up to 10,000 cubic meters per hectare in approximately, 100 days of irrigation. Currently the use of water is one of the most important aspects to consider for food production because water scarcity is an important limiting factor in food production. The objective was then to evaluate the effect of three irrigation systems, and two varieties on rice yield planted in rows and broadcasted. The experimental design was a completely randomized block with split-split plots with three replications. Total weight of the harvest, plant height, tiller number, specific weight and water use efficiency of each irrigation system were the response variables measured. Rice yield was higher under flood irrigation, 12.02 t/ha and least under spray irrigation, 4.93 t / ha. Tillering was influenced by both the variety and the method across the irrigation systems, resulting in a greater number of tillers when Comayagua and surcos was used and least number of tillers under Playitas and surcos. Drip irrigation was the most water use efficient system using only 6.14 L / kg of rice, 59% and 34.1% less than the flood and sprinkler irrigation, respectively.

**Key words:** Alternatives, consume, drip, efficiency, production, sprinkler, water, weight.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>9</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>14</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>15</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>16</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Significancia del efecto de los diferentes factores sobre las variables medidas en la producción de arroz en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras. ....	9
2. Cantidad de agua utilizada por sistema de riego, su rendimiento y su eficiencia en la producción de arroz en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras. ....	13

Figuras	Página
1. Preparación manual de las piscinas de arroz en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras. ....	5
2. Parcela con sistema de riego por goteo en la producción de arroz en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras. ....	6
3. Medidas de bloques y distanciamiento entre réplicas en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras. ....	7
4. Distancia entre parcelas y su ubicación en el experimento, en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras. ....	8
5. Aleatorización de bloques y parcelas divididas por sistema de riego en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras. ....	8
6. Efecto del sistema de riego en el peso del grano cosechado (rendimiento) de cada subparcela en la producción de arroz en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras. ....	10
7. Efecto de la variedad de semilla con el método de siembra en el macollamiento en la producción de arroz en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras. ....	11
8. Efecto del tratamiento conformado por una triple interacción entre el sistema de riego, la variedad de la semilla y el método de siembra en la altura de la planta en la producción de arroz en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras..	12
9. Efecto de la interacción entre el sistema de riego y la variedad de la semilla sobre el peso específico del grano en la producción de arroz en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras. ....	13

## 1. INTRODUCCIÓN

El arroz es un alimento básico para más de la mitad de la población mundial. Varios países, lo consideran el cultivo más importante, principalmente si se toma en cuenta la extensión cultivada y la cantidad de gente que depende de este cultivo. Más del 40% de la población mundial depende del arroz para obtener el 80% de su dieta y proporciona el 20% del consumo de calorías per cápita en todo el mundo. Para el 2005 en Centroamérica la producción de arroz en cáscara creció 3.3 veces desde 1961, cantidad que es mayor al crecimiento promedio mundial de 2.8 veces (Benavides y Segura 2005). El arroz es considerado un “cultivo extensivo” y se siembra en altas densidades. Comúnmente, el arroz se produce bajo riego por inundación, como arroz de secano (sin aplicación de agua de riego) o cuando el productor tiene condiciones de riego, arroz de secano favorecido (aplicación de riegos de alivio).

El arroz por inundación es la forma más común, obteniéndose bajo este sistema los mayores rendimientos. El cultivo se mantiene inundado por al menos 90 días durante el ciclo de producción, pudiendo alcanzar rendimientos hasta de 10 t/ha. Para mantener una lámina visible de agua de 1 pulgada inundada, se necesitan 500 L (62.5 mm) de agua por cada 8 metros cuadrados (Benavides y Jara, 2014). A diferencia de otros cultivos extensivos, la planta de arroz puede permanecer inundada con una tabla agua de cuatro pulgadas sin presentar daño por ahogamiento, esto es posible por la habilidad especial que posee esta planta de transportar el oxígeno ambiental desde las hojas hacia las raíces (Kraemer *et al.* s.f.).

En el sistema de producción de secano no se requiere de un suministro adicional de agua. Usualmente, la fuente de agua en este sistema proviene de la lluvia, por lo cual los productores preparan sus siembras durante la época lluviosa para aprovechar la mayor cantidad de agua posible en el cultivo (FAO 2004).

La diferencia principal entre un sistema de secano favorecido (SF) con un sistema de secano reside en que además del agua que recibe el cultivo de la lluvia, el SF también obtiene agua de una fuente suplementaria, no para llenar todos los requerimientos hídricos, sino que para el mantenimiento del cultivo.. La forma más común en la región de Centro América es la aplicación de riego por gravedad, por surcos, o inundando toda la parcela sin las piscinas de riego. Aunque inundar arroz es probablemente el sistema bajo el cual se obtienen los mayores rendimientos, se reduce la incidencia de malezas y plagas y se protege a la planta de las variaciones extremas de temperatura (DICTA 2003), también brinda desventajas, por ejemplo: la emisión de gases por efecto de invernadero debido a la lámina de agua formada dentro de las piscinas.

Se ha demostrado que el cultivo de arroz bajo riego contribuye entre 10 % y 25% de las emisiones globales de metano, otro de los gases importantes que emite el cultivo de arroz es el óxido nítrico a partir de las fertilizaciones nitrogenadas (Benavides 2014). La desventaja más evidente es que la cantidad de agua que se debe usar para mantener esa lámina de agua mencionada anteriormente, no es solamente un problema ambiental sino que también es un problema económico para un agricultor. Para un proyecto de unas 7 hectáreas se requiere contar con un mínimo de 300 galones/minuto/10 horas por día. El suministro anterior resulta en un consumo de aproximadamente de 10,000 m<sup>3</sup> de agua por hectárea, en aproximadamente 100 días de riego permanente o continuo durante el ciclo del cultivo (DICTA 2003).

La siembra directa de arroz puede realizarse, en surcos y al voleo. La siembra en surcos garantiza una distribución más uniforme y mantiene un espacio adecuado para la penetración de luz, aire y humedad al terreno (Tinoco y Acuña 2009). La siembra al voleo por el contrario, no asegura una distribución en líneas y la semilla es esparcida aleatoriamente sobre el área de siembra. Este método no deja espacios que permitan una penetración de luz y aire dentro del cultivo. (Tinoco y Acuña 2009).

En Honduras, la Secretaria de Agricultura y Ganadería (SAG) libero el año 2010 dos variedades de arroz llamadas Dicta Playitas FL6-88 y Dicta Comayagua FL4-20. La variedad Dicta Comayagua tiene un rendimiento promedio de 8 a 9 t/ha y el grano con la siguiente calidad: grano total del 64.5-67.5%, un 80-90% de grano entero, un 10-20% de grano quebrado y un 80-90% de translucencia y el grano es de tipo medio ancho. La variedad Dicta Playitas, tiene un rendimiento de 9-10 t/ha y una calidad de grano total del 65-72%, un 85-90% de grano entero, 10-15% de grano quebrado y el grano es de tipo largo fino. (Ferrera, 2011) Las variedades de arroz pueden responder de distintas maneras a los diferentes sistemas de riego a los que se les exponga, existe la posibilidad de que aun reduciendo la cantidad de agua en un 27-37% se obtengan incrementos en el rendimiento de 4-6%. (Bouman *et al* 2002).

Los objetivos del estudio son determinar cuál de las interacciones entre los factores, sistema de riego, variedad de semilla y método de siembra brindan diferencias significativas en las variables estudiadas, al igual que comparar las interacciones con mayor rendimiento de producción entre sistemas de riego. Finalmente, determinar la eficiencia, medida en litros de agua/kilogramo de arroz producido, del riego por inundación, aspersión y goteo en un cultivo de arroz.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el lote # 14 de Zona II de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano a una altura de 790 msnm, y una precipitación promedio de 1200 mm anuales, con una temperatura promedio de 26°C. El estudio contó con tres factores que son comunes en la producción de arroz. Estos factores fueron: riego, método de siembra, y variedad de semilla.

Los sistemas de riego en el experimento fueron:

- Riego por aspersión
- Riego por inundación
- Riego por goteo

Las variedades de arroz utilizadas fueron:

- Dicta Playitas FL6-88
- Dicta Comayagua FL4-20

Los métodos de siembra fueron:

- En surcos
- Al voleo

Materiales utilizados:

- Semilla de arroz de variedades Dicta Playitas FL6-88 y Dicta Comayagua FL4-20
- Herramienta para la preparación de terreno (azadón, rastrillo)
- Cinta métrica 60m
- Cinta métrica 5m
- 36 Bolsas de papel para semillas
- Rollo de cabulla
- Banderas de colores
- Estacas de madera
- Rotulo de Parcelas principales y subparcelas
- Cintas de riego AZUDLINE®, modelo 160, con un diámetro interno de 15.7 mm, una presentación de 1300 metros lineales y un caudal del emisor de 1.1 L/h.
- Manguera y boquilla
- Fertilizante 46-0-0 (Urea)

- Fertilizante 12-24-12
- Balanza de gramos
- Balanza de libras
- Herramienta para la cosecha (machete)
- 36 sacos
- Cuadro para muestrear de un pie cuadrado
- Recipiente graduado con volumen

### **Variables medidas**

Las variables medidas en cada una de estas subparcelas son los siguientes:

1. **Macollamiento:** Se usó un cuadro de un pie cuadrado para contar la cantidad de plantas en esa área y sus respectivas macollas para calcular un promedio de cada subparcela al día 70 del cultivo.
2. **Altura de la planta:** Se eligieron aleatoriamente 10 plantas de cada subparcela y se midió desde la base del tallo hasta donde emerja la panícula al iniciar la floración.
3. **Cantidad de agua:** Medición de la cantidad de agua de riego brindada al cultivo en cada uno de los tres diferentes sistemas de riego usados en el experimento. Se midió el caudal de las fuentes de agua y se anotaron las fechas de riego para calcular la cantidad en litros.
4. **Peso específico:** Al obtener el grano de la cosecha se muestreó la humedad del grano de cada subparcela, luego se tomó el peso de 100 granos de cada una de las mismas utilizando una balanza de gramos.
5. **Peso de cosecha:** Se recolectó todo el grano de cada subparcela en un saco. Ya que la humedad del grano varió, posteriormente se secó todo el grano cosechado a una humedad del 12% y se pesó nuevamente a esta humedad con una balanza de libras para poder hacer comparaciones de rendimiento entre las subparcelas.

### **Análisis de suelo**

Un mes antes de la siembra se realizaron 12 barrenaciones alrededor del lote con un total de cuatro submuestras que fueron mezcladas en un contenedor hasta tener una muestra final de 2.2 libras que se envió al laboratorio de análisis de suelo Zamorano a ser analizado y así se obtuvieron recomendaciones finales de como optimizar las fertilizaciones posteriores a la siembra del cultivo.

### **Preparación de terreno**

El lote 14 de “Zona 2” en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano había sido usado recientemente para la producción de maíz y aún quedaban rastrojos de la cosecha, razón por la cual una debida mecanización del suelo era necesario. Se le dio dos pases de rastra pesada para mullir el suelo, seguido por un aplanamiento del terreno con una aplanadora acoplada

al tractor. Posteriormente se trabajó con azadón y rastrillo para preparar las piscinas utilizadas en el sistema por inundación (figura 1).



Figura 1. Preparación manual de las piscinas de arroz en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras.

## **Siembra**

La siembra se llevó a cabo al estar preparado el lote y al tener la semilla de las variedades Dicta Playitas FL6-88 y Dicta Comayagua FL4-20. Se llevó a cabo el 27 de febrero y se sembraron todas las subparcelas que debían ser sembradas en surcos con su respectiva variedad de semilla primero y luego las subparcelas al voleo para evitar confusiones al sembrar. Al final hubo 18 subparcelas sembradas en surcos y 18 sembradas al voleo.

## **Fertilización**

A los 30 días de sembrado se realizó la primera fertilización con fórmula 12-24-12, usando una dosis de 0.25 lb/subparcela, que equivale a aportar 34 kg de N/ha, 68 kg de  $P_2O_5$ /ha, y 34 kg de  $K_2O$ /ha. Una semana después al día 37 se fertilizó por primera vez con fertilizante 46-0-0 (Urea) usando una dosis de 0.25 lb/subparcela, y otra segunda fertilización igual a esta en el día 43, que equivale a aportar 130 kg de N/ha en cada una de las fertilizaciones.

## **Riego**

Al empezar el experimento se establecieron los diferentes sistemas de riego. El sistema de inundación se mantendrá con una lámina de agua de tres pulgadas adentro de las piscinas, en cambio en los sistemas de riego por aspersión y goteo se manejó como un sistema de secano favorecido que se regaban al momento de ser necesario hasta tener el suelo saturado con agua.

**Riego por aspersión.** Riego usando una manguera con una boquilla simulando un aspersor, Con un caudal de 8 L/min. 15 minutos en la tarde y 15 minutos en la noche. Con esta cantidad mencionada era suficiente para que el suelo llegara a un punto de saturación, con

algunas excepciones en los días que solo eran necesarios 15 minutos de riego/día debido a que la parcela todavía contenía suficiente humedad.

**Riego por inundación.** Las “piscinas” de 16 metros cuadrados se llenan usando como fuente de agua una llave conectada a una manguera usando un objeto difusor en la salida que brindaba una mejor distribución del agua en la parcela. El caudal que emitía era de 10 L/min, y se formaba una lámina de agua de 3 pulgadas de altura en una hora y media de riego al estar totalmente vacía.

**Riego por goteo.** Se regaron las parcelas usando 8 cintas de riego AZUDLINE®, modelo 160, con un diámetro interno de 15.7 mm. Se colocaron dos cintas en cada subparcela a 40 cm de distancia entre ellas. El caudal de la cinta era de 1.1 L/hr/gotero y un distanciamiento de 20 cm entre gotero. Se le brindaba a las parcelas una hora diaria de riego que era suficiente para que llegaran a un punto de saturación (figura 2).



Figura 2. Parcela con sistema de riego por goteo para el cultivo de arroz en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras.

## **Trasplante**

A la misma vez que se sembraron las parcelas del experimento también se sembraron tres viveros con las mismas semillas de variedad Dicta playitas FL6-88 y Dicta Comayagua FL4-20 para trasplantar a las parcelas ya que se esperaba que su porcentaje de germinación no iba a ser el mismo y se debía asegurar una densidad uniforme. Se hizo el trasplante del vivero a las parcelas al día 30 después de sembrado el arroz.

## **Cosecha**

La cosecha manual se llevó a cabo a los 150 días después de siembra del cultivo. Se cortaban las plantas a una altura de 30 cm del suelo y se echaban en un saco para separar el grano de la panoja a través de la práctica de aporreado. Una vez que el grano estaba separado se procedió a limpiarlo y apartar una muestra de 1 kg en una bolsa de papel para llevar al laboratorio a muestrear la humedad.

## Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento se llevó a cabo utilizando un diseño de bloques completamente al azar con parcelas subdivididas, donde el factor riego constituyó la parcela principal, las dos variedades fueron las subparcelas y los dos métodos de siembra fueron la sub-subparcela. El área del lote designado para llevar a cabo la investigación fue de 15 m de ancho  $\times$  30 m de largo, dentro del cual se distribuyeron los tres sistemas de riego a ser comparados (Factor A). Hubo tres réplicas de cada parcela principal separadas por una calle de dos metros (figura 3) para calcular una estimación más precisa del efecto de los factores (A, B, C) en el experimento, dando un total de nueve bloques. Cada bloque medía 3.2 m de ancho  $\times$  5 m de largo y estaba dividido en cuatro subparcelas con medidas de 0.8 m de ancho  $\times$  5 m de largo y separados entre sí por una distancia de dos metros entre parcela (figura 4). Cada una de las subparcelas ubicadas en el mismo bloque era un tratamiento diferente, por lo que sumaron un total de 36 unidades experimentales (figura 5). De esta manera se pudo determinar, según los resultados, cuál fue más productiva y eficiente en el uso de agua a través del “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.1.3.)

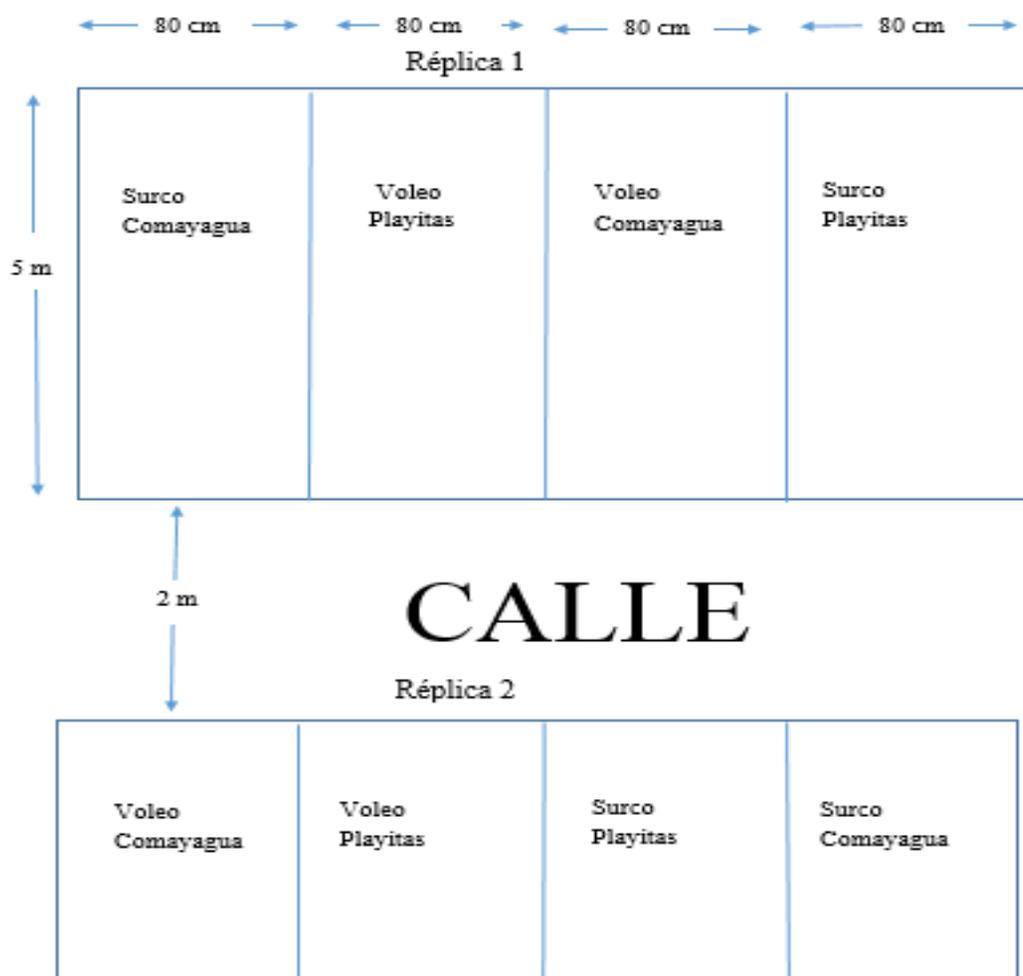


Figura 3. Medidas de bloques y distanciamiento entre réplicas en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras.

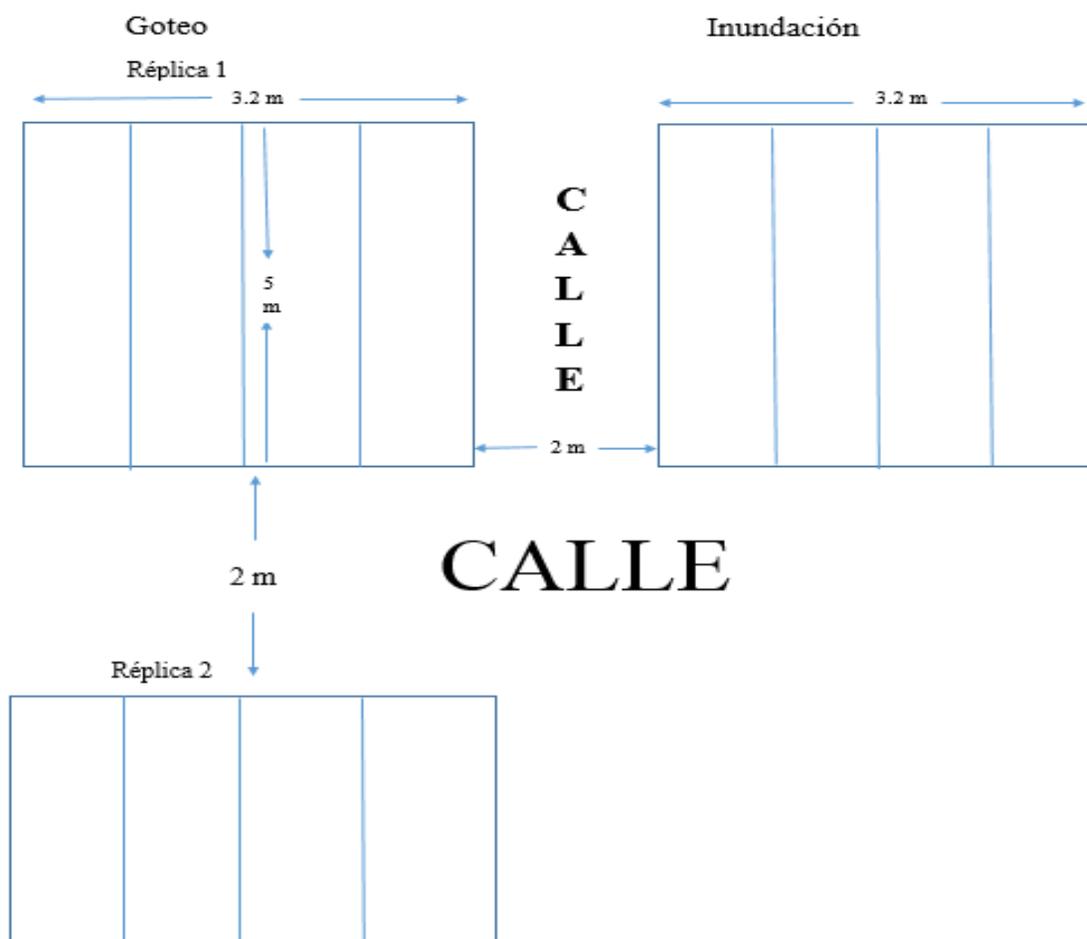


Figura 4. Distancia entre parcelas y su ubicación en el experimento, en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras.

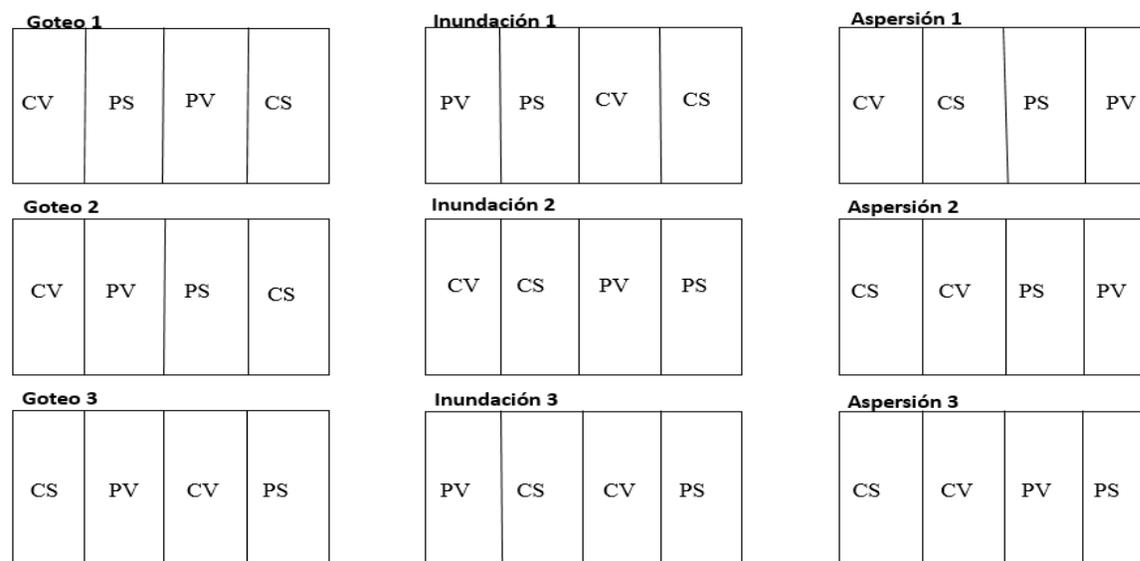


Figura 5. Aleatorización de bloques y parcelas divididas por sistema de riego en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras. (CS: Comayagua en surcos, CV: Comayagua al voleo, PS: Playitas en surcos, PV: Playitas al voleo).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la variable peso total del grano (rendimiento) solamente influyó el factor sistema de riego (Cuadro 1). Esto no indica que el rendimiento de arroz difiere significativamente de acuerdo al sistema de riego utilizado. La variable macollamiento fue afectada por ambos factores, la variedad y el método de siembra independientemente del sistema de riego utilizado (Cuadro 1). Se observó que la interacción de los tres factores considerados en el estudio influyó en la altura de la planta. Finalmente, el riego y la variedad afectaron el peso específico de la semilla de arroz (Cuadro 1).

Cuadro 1. Significancia del efecto de los diferentes factores sobre las variables medidas en la producción de arroz en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras..

Factores	Peso de			
	grano	Macollas	Altura	Peso Especifico
Sistema de Riego	*	ns	*	ns
Variedad de Semilla	ns	ns	*	ns
Método de Siembra	ns	ns	ns	ns
Riego × variedad	ns	ns	*	*
Riego × método	ns	ns	ns	ns
Variedad × método	ns	*	ns	ns
Riego × variedad × método	ns	ns	*	ns

ns = no existieron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos

\*= diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos

Las parcelas a las que se les implementó el sistema de riego por inundación tuvieron un mayor rendimiento con 12.02 t/ha, en comparación con los sistemas de goteo y aspersión con un rendimiento de 7.1 t/ha y 4.93 t/ha, respectivamente (Figura 6). Se observa que no existió diferencia significativa entre los sistema de riego por goteo y aspersión al medir esta variable. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Benavides y Jara (2014) que en su estudio muestran que el mayor rendimiento se encuentra en una sistema de riego por inundación ya que cuentan una mayor lámina de agua disponible para la planta, como indicaron Shi *et al* (2002).

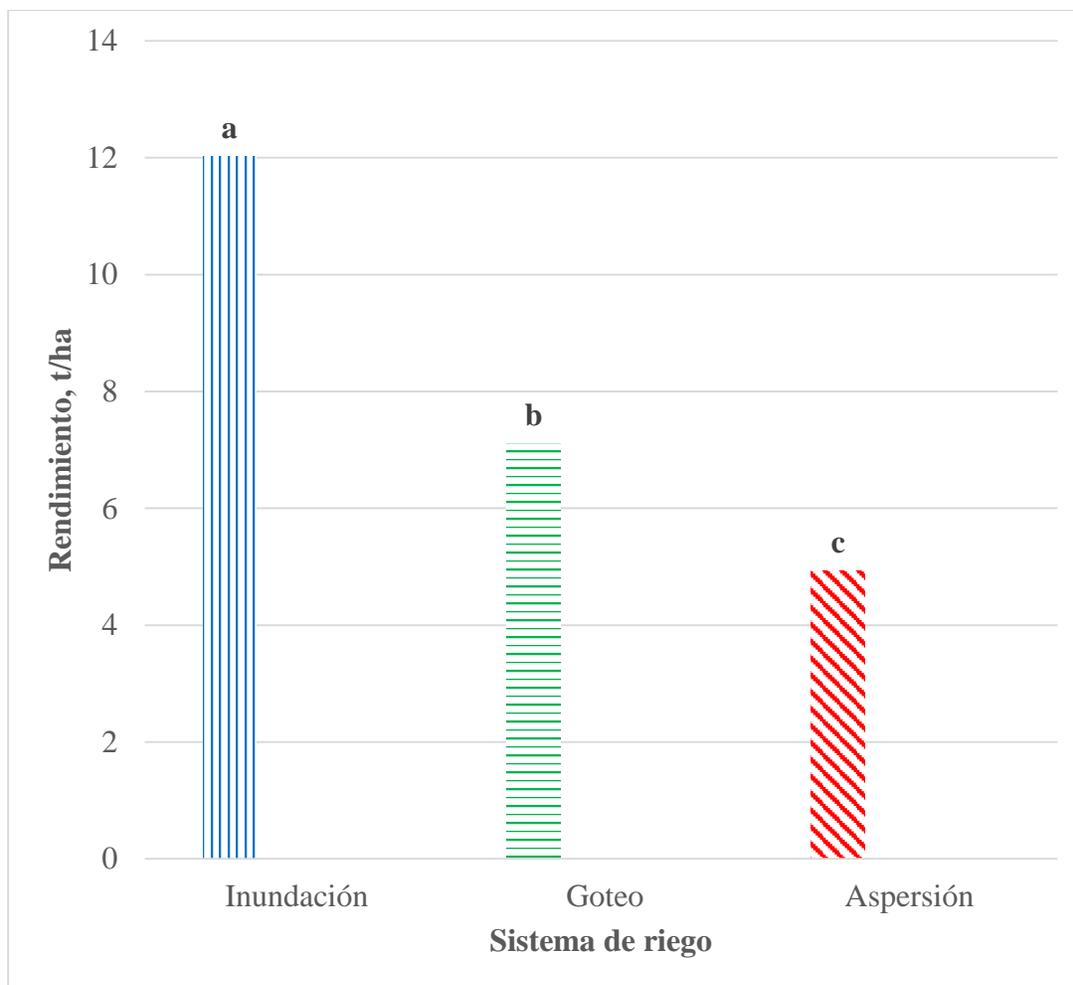


Figura 6. Efecto del sistema de riego en el peso del grano cosechado (rendimiento) de cada subparcela en la producción de arroz en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras. abc= Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí. ( $P \leq 0.05$ ).

El tratamiento conformado por la interacción entre la variedad de semilla Dicta Comayagua FL4-20 y el método de siembra en surcos tuvo una diferencia significativa en el número de macollas producidas con una cantidad de 11.11 macollas/ft<sup>2</sup> en comparación con las interacciones de la variedad Dicta Comayagua FL4-20 sembrada al voleo con un resultado de 9.44 macollas/ft<sup>2</sup> y la variedad Dicta Playitas FL6-88 sembrada en surcos y al voleo con resultados de 9.33 y 10 macollas/ft<sup>2</sup>, respectivamente (Figura 7). El factor riego no fue significativo en esta variable y Páez & Barrios (1995) explican por qué no hubo diferencia entre los sistemas de riego, ellos dicen que el macollamiento es inducido tan solo con que el suelo se encuentre saturado; el suelo se mantuvo saturado en los tres sistemas de riego durante el experimento.

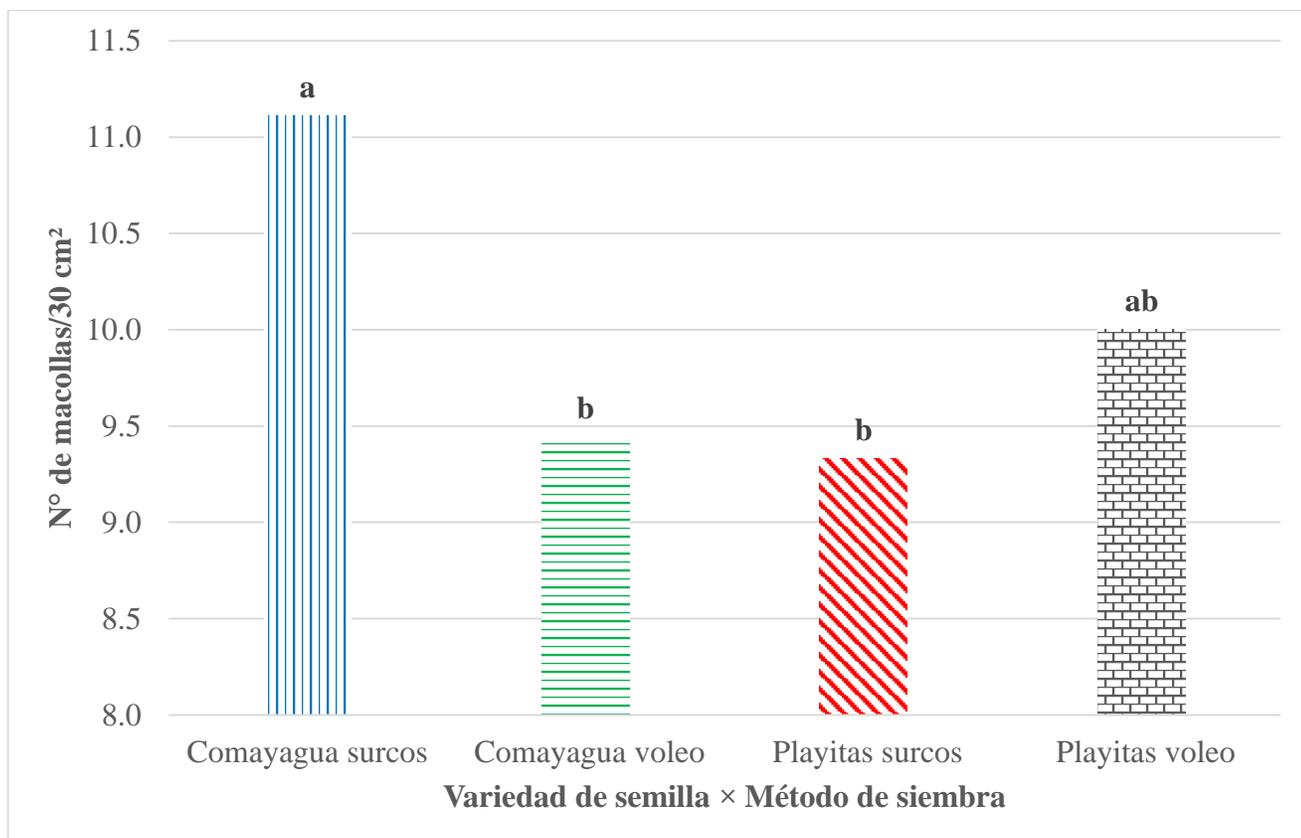


Figura 7. Efecto de la variedad de semilla con el método de siembra en el macollamiento en la producción de arroz en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras. abc= Medias seguidas con la misma letra no difieren entre sí ( $P \leq 0.05$ ).

El tratamiento que obtuvo una mayor altura fue el sistema de riego por inundación con la variedad de semilla Dicta Playitas FL6-88 sembrada surcos(Figura 8). Esto coincide con los resultados de Benavides y Jara (2014) donde la mayor altura la encontraron en las plantas sembradas con un sistema de riego por inundación. Esto es explicado por Yoshida (1981) quien dice que al tener una mayor lámina de agua la planta tiende a elongar su tallo como respuesta fisiológica para captar oxígeno del ambiente. El sistema de riego por aspersión no brindó diferencias entre sus tratamientos, esto mismo sucedió en el sistema de riego por goteo; sin embargo, si existieron diferencias entre los tratamientos del sistema de riego por aspersión en comparación con el sistema de riego por goteo, siendo más altas las plantas en el sistema por goteo. Por el otro lado, el sistema de riego por inundación si obtuvo diferencias entre el tratamiento con la variedad Dicta Playitas FL6-88 sembrada en surcos con una altura de 64.78 cm en comparación con la variedad Dicta Comayagua sembrada en surcos que resultó en una altura de 50.93 siendo la más baja en este sistema de riego (Figura 8).



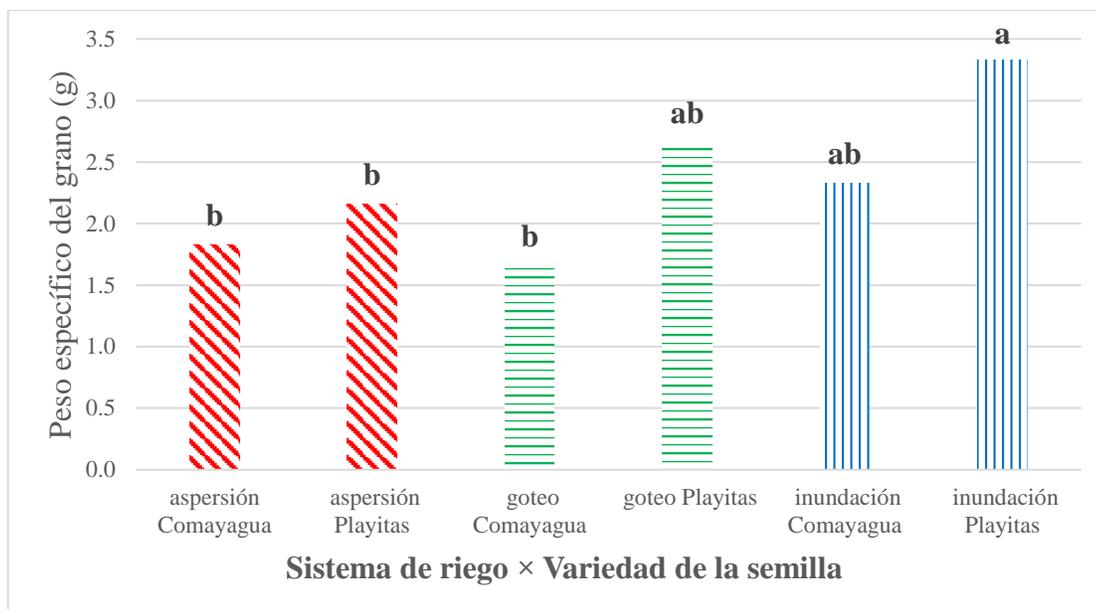


Figura 9. Efecto de la interacción entre el sistema de riego y la variedad de la semilla sobre el peso específico del grano en la producción de arroz en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras.

abc= Medias seguidas con la misma letra no difieren entre sí ( $P \leq 0.05$ ).

El cuadro 2 muestra que el sistema de riego por inundación fue el que más grano de arroz produjo con un rendimiento de 12,000 kg/ha, que es un 41% mayor que el rendimiento producido con el sistema de riego por goteo, y un 59.1% mayor al rendimiento producido con el sistema de riego por aspersión. El sistema de inundación utilizó 22,125 m<sup>3</sup>/ha L siendo esta la mayor cantidad de agua durante todo el ciclo de entre los sistemas de riego lo cual lo cual explica por qué fue el sistema con un mayor rendimiento. El sistema de goteo fue el que utilizó la menor cantidad de agua durante el ciclo usando un total de 9,075 m<sup>3</sup>/ha que es un 59% menos de agua utilizada que el sistema de riego por inundación, y un 31% menos que el sistema de riego por aspersión. En cuanto a la eficiencia de los sistemas de riego al utilizar agua para producir grano, el sistema de riego más eficiente fue el de goteo utilizando 6.14 L/kg en comparación con los sistemas de inundación y aspersión que usaron 8.85 L/kg y 12.92 L/kg, respectivamente.

Cuadro 2. Cantidad de agua utilizada por sistema de riego, su rendimiento y su eficiencia en la producción de arroz en el lote 14 de zona 2 en Zamorano, Honduras.

Sistema de riego	agua total utilizada		
	(m <sup>3</sup> /ha)	Rendimiento (kg/ha)	Eficiencia (L/kg)
Inundación	22,125	12,000	8.85
Goteo	9,075	7,090	6.14
Aspersión	13,218	4,908	12.92

## 4. CONCLUSIONES

- Hubo un mejor rendimiento en el sistema de riego por inundación.
- Hubo una mayor cantidad de macollas con la variedad Dicta Comayagua FL4-20 sembrada en surcos.
- Se encontró mayor altura en el sistema de riego por inundación usando la variedad Dicta Playitas FL6-88 sembrada en surcos.
- El peso específico del grano fue mayor en el sistema de riego por inundación con la variedad Dicta Playitas FL6-88.
- La interacción entre los factores que brindó un mayor rendimiento fue la variedad de semilla Dicta Playitas FL6-88, y el método de siembra en surcos, independientemente del sistema de riego.
- El sistema de riego que fue más eficiente en el uso del agua para producir grano de arroz fue el de goteo.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Sembrar en surcos usando la variedad Dicta Playitas FL6-88 para obtener mejores rendimientos, independientemente del sistema de riego.
- Hacer un análisis económico con los datos obtenidos de eficiencia en uso de agua, y determinar cuál de los sistemas de riego en combinación con la variedad Dicta Playitas FL6-88 sembrada en surcos es más rentable.
- Calcular el kc (coeficiente del cultivo) del arroz bajo las condiciones de Zamorano, para fines de planificación del sistema de riego a utilizar.

## 6. LITERATURA CITADA

Benavides, Á., E. Jara. 2014. Comparación de tres sistemas de riego para la producción de arroz con tres densidades de siembra en Zamorano. Tesis Ing. Agr., Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 20 p.

Benavides, A. C. 2014. Cultivo de arroz y su impacto con gases de efecto invernadero (en línea). Universidad Nacional de San Martín. Consultado 14 de Junio de 2015. Disponible en <http://www.unsm.edu.pe/articulos.php?idarticulo=40>

Benavides, H., O. Segura 2005. El entorno internacional del sector arrocero Centroamericano. San José, Costa Rica: IICA. Unidad de Políticas y Negociaciones Comerciales. p 7

Bouman, B., H. Hengsdijk, B. Hardy, P. Bindraban, T. Tuong y J. Ladha 2002. Water-wise rice production. Proceedings of the International Workshop on Water-wise Rice Production, 8-11 April 2002, Los Baños, Philippines. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 356 p.

DICTA (Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria). 2003. Manual técnico para el cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Comayagua, Honduras. 59 P.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2004. El arroz y el agua: una larga historia matizada (en línea). Consultado 14 de Junio de 2015. Disponible en <http://www.fao.org/rice2004/es/f-sheet/hoja1.pdf>

Ferrera, C. R. 2011. Uso de variedades de arroz por diferentes sectores productivos en Honduras. Honduras: SAG. p 3-4

Kraemer, A., J.F. Moulin, A. Marín, D. Kruger y L. Herber (s.f.). Principios básicos para el manejo del riego en el cultivo de arroz. Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

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. Zulia, Venezuela. Revista de facultad de agronomía, Universidad de Zulia. 45 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.

Tinoco, R., y A. Acuña 2009. Manual de recomendaciones técnicas, cultivo de arroz (*Oryza sativa*). San José, Costa Rica: MAG. p 28-31

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. Los baños, Laguna, Filipinas. The international rice research institute. 269 p.