



# Influencia de dos sistemas de riego en la absorción de arsénico, y el crecimiento y rendimiento de dos variedades de arroz (*Oryza sativa*) bajo siembra directa e indirecta

Renan Pineda    abril 2019



# Introducción

- Principal alimento de más del 50% de la población mundial
- En el 2017, mundialmente se produjeron 760 millones t/año
- Nicaragua principal productor, Honduras el tercero
- Subproductos: Casulla, semolina, harina

- Dos sistemas de producción comerciales:
  - Secano
  - Riego

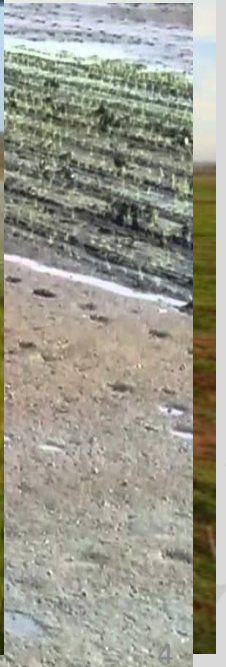


- Sistemas de producción bajo riego:
  - Inundación
  - Aspersión



- Siembra directa e indirecta

- Variedades de ciclo corto, mediano y largo



Riego por inundación tiene las siguientes limitantes:

- Disminución del agua disponible para uso agrícola
- Emisión del 10% del metano antropogénico total
- Intoxicación y enfermedades no contagiosas por la contaminación del grano con metales pesados, incluyendo, arsénico

- Arsénico es un metaloide pesado toxico para la salud humana
- Arsenicosis, producto de consumo prolongado de As
- La contaminación surge por tres formas:
  - Agua potable contaminada
  - Alimentos producidos con agua de fuentes contaminadas
  - Uso excesivo de pesticidas
- En el 2012, Honduras importó el 70% del arroz a consumir de USA
- No se evalúan las importaciones de arroz por metales pesados, incluyendo arsénico. Tampoco se hace un monitoreo del arroz producido bajo inundación a nivel del país.

- La Unidad de Granos y Semillas de Zamorano ha realizado investigaciones para evaluar el riego por goteo en arroz.
- Ventajas del sistema de riego por goteo:
  - No necesita nivelación, piscinas de riego o estructura de drenaje de piscinas
  - Requiere aproximadamente 1/3 de la cantidad de agua que requiere el riego por inundación a una película de agua de 4 pulgadas
  - Permite la rotación de cultivos, que a su vez rompen ciclos de plagas y enfermedades
  - Permite el uso de maquinaria convencional para la siembra directa o labranza de conservación
  - Permite una mejor aplicación de pesticidas para el control de plagas y enfermedades
  - Se pueden fraccionar las aplicaciones de fertilizante a conveniencia

# Objetivo

Evaluar el efecto del sistema de riego por goteo e inundación en la absorción de arsénico y el crecimiento y rendimiento de las variedades de arroz DICTA Playitas y DICTA Comayagua en siembras directa e indirecta.



# Materiales y Métodos



- Lote 10, Zona II
- Abril – Septiembre 2018
- 27°C
- 790 msnm
- Zamorano, Honduras



# Factores

Cuadro 1. Descripción de las tres factores del experimento.

<b>Factor</b>		
<b>Sistema de riego</b>	<b>Variedad</b>	<b>Sistema de siembra</b>
Inundación	DICTA Playitas FL6-88	Directa
Goteo	DICTA Comayagua FL4-20	Indirecta

# Diseño del experimento en campo



I=Riego por inundación  
 G= Riego por goteo  
 P= Dicta Playitas  
 C= Dicta Comayagua  
 D= Siembra Directa  
 T= Siembra Indirecta

Figura 1. Diseño de campo, dividido en dos parcelas por los sistemas de riego, con su respectiva aleatorización por bloque de los cuatro tratamientos respectivos a cada parcela.

# Diseño de una parcela experimental

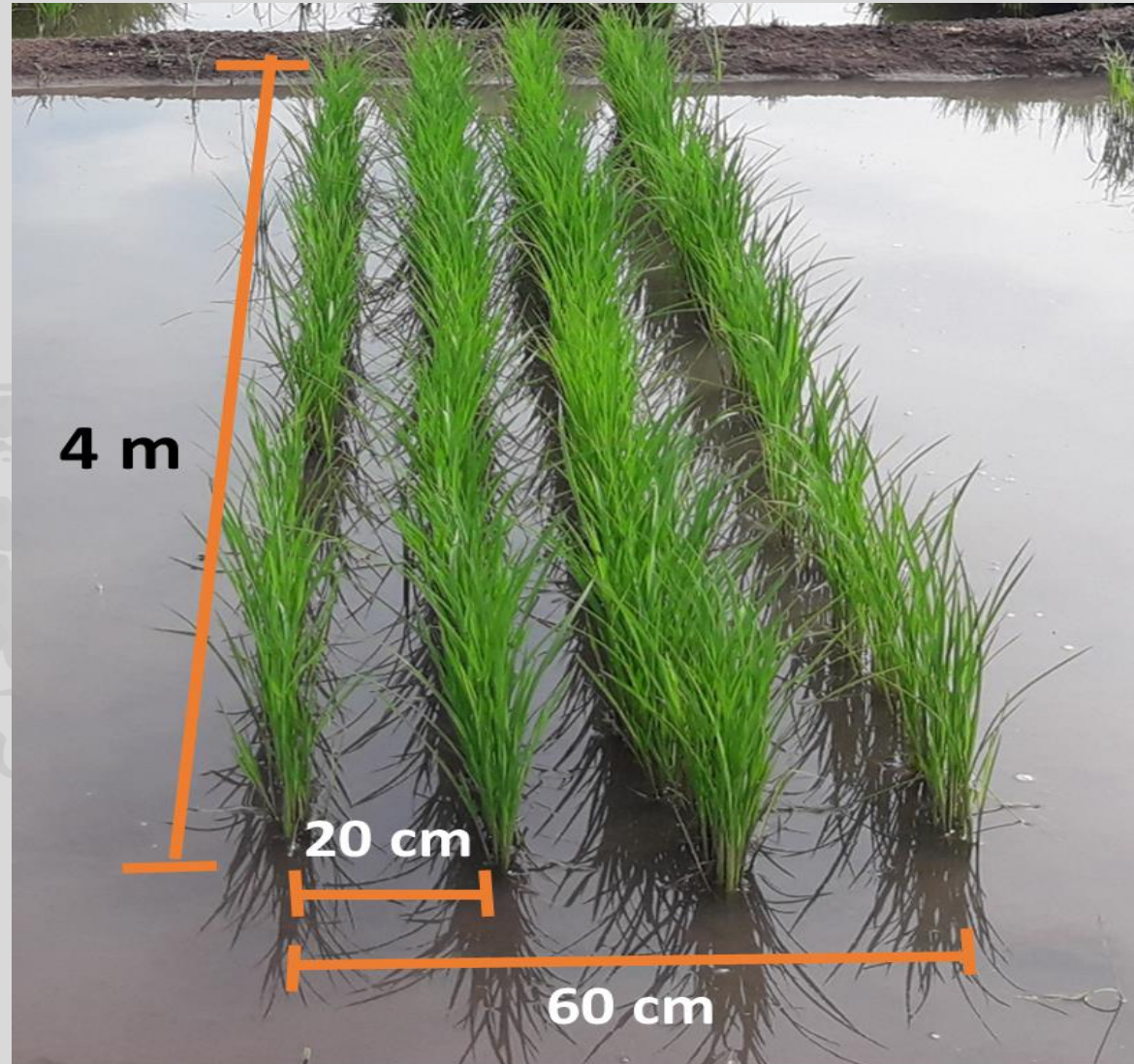


Figura 2. Parcela experimental con sus respectivas medidas.



# Manejo del cultivo.

Preparación y delimitación del terreno

Siembra directa

Siembra indirecta

Fertilización

Cosecha

Cada

desp

N

a

Fuen

DDE=



íase



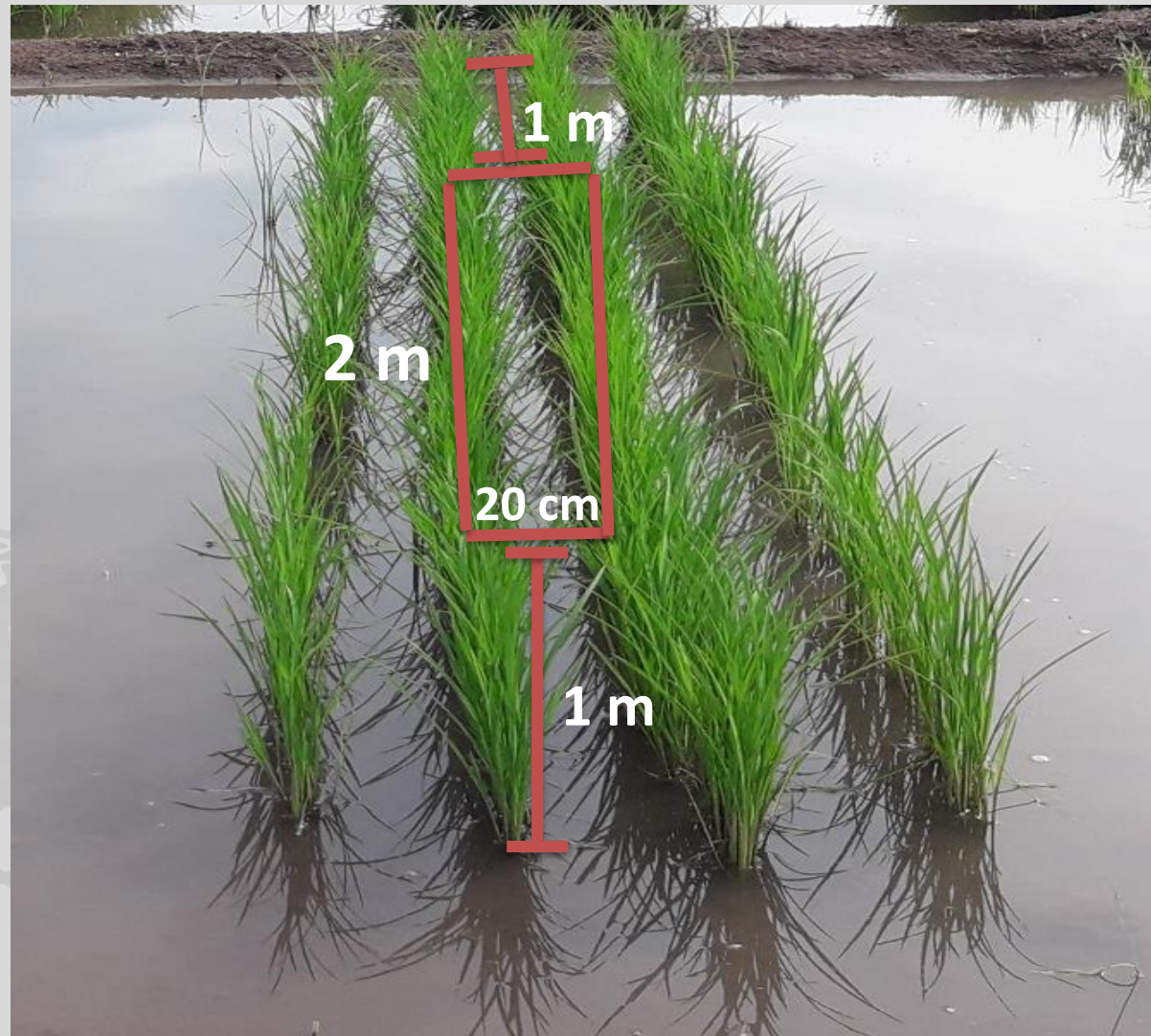


Figura 3. Croquis individual de una parcela experimental, indicando el área de la cual se obtuvo los datos de las variables macollamiento, altura de la planta, rendimiento y concentración de arsénico en el grano.

# VARIABLES A MEDIR

- Número de macollas
- Días a floración
- Altura de la planta
- Rendimiento
- Concentración de arsénico

Cuadro 4. Normas es  
(APHA) de sólidos no  
existente una conta



el Pública  
insiderar

# Diseño Experimental

- Parcelas divididas con Bloques Completamente al Azar (BCA)
- 4 repeticiones
- “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.4®).
- Análisis de varianza (ANDEVA)
- Separación de medias (DUNCAN)
- Modelo Lineal General (GLM)







# Resultados y Discusión

Cuadro 5. Significancia del efecto de los factores en las variables de número de macollas por planta, altura de la planta y días a floración en el lote 10 de Zona II, en Zamorano, Honduras.

Factores	Macollas	Altura	Floración
Sistema de riego	0.0002**		
Sistema de siembra	0.89 ns		
Variedades	0.002**		
S. riego × Variedad	0.77 ns		
S. siembra × Variedad	0.13 ns		
S. riego × S. siembra	0.66 ns		
S. riego × S. siembra × Variedades	0.87 ns		

\*, \*\*, ns Significativo al  $P < 0.05$  y  $P < 0.01$ , y no significativo.

Cuadro 6. Efecto de la variedad y el sistema de riego en el número de macollas por planta en la producción de arroz en el lote 10 de Zona II, en Zamorano, Honduras.

	Factores	Número de macollas
<b>Variedad</b>	Comayagua	7 a <sup>€</sup>
	Playita	6 b
<b>Sistema de riego</b>	Inundación	7 a
	Goteo	6 b

€ Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ )

Cuadro 5. Significancia del efecto de los factores en las variables de número de macollas por planta, altura de la planta y días a floración en el lote 10 de Zona II, en Zamorano, Honduras.

Factores	Macollas	Altura	Floración
Sistema de riego		<0.0001**	
Sistema de siembra		<0.0001**	
Variedades		<0.0001**	
S. riego × Variedad		0.02*	
S. siembra × Variedad		0.55 ns	
S. riego × S. siembra		<0.0001**	
S. riego × S. siembra × Variedades		0.99 ns	

\*, \*\*, ns Significativo al P<0.05 y P<0.01, y no significativo.

Cuadro 9. Efecto de la interacción sistema de riego × variedad en la altura de la planta en la producción de arroz del lote 10 de Zona II, en Zamorano, Honduras.

Altura  
(cm)

Sistema de riego

Variedades

Inundación

Goteo

Playitas

Comayagua

79 a<sup>€</sup>

72 b

60 c

57 d

€ Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ )

Cuadro 8. Efecto de la interacción sistema de riego × el sistema de siembra en la altura de la planta en la producción de arroz del lote 10 de Zona II, en Zamorano, Honduras.

Altura  
(cm)

Sistema de riego

Sistema de siembra

Inundación

Indirecta

Directa

Goteo

80.4 a<sup>€</sup>

70.5 b

58.9 c

58.4 c

€ Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ )

Cuadro 5. Significancia del efecto de los factores en las variables de número de macollas por planta, altura de la planta y días a floración en el lote 10 de Zona II, en Zamorano, Honduras.

Factores	Macollas	Altura	Floración
Sistema de riego			<0.0001**
Sistema de siembra			<0.0001**
Variedades			0.54 ns
S. riego × Variedad			0.71 ns
S. siembra × Variedad			0.39 ns
S. riego × S. siembra			0.0005**
S. riego × S. siembra × Variedades			0.9 ns

\*, \*\*, ns Significativo al  $P < 0.05$  y  $P < 0.01$ , y no significativo.

Cuadro 7. Efecto de la interacción sistema de riego × sistema de siembra en los días a floración en la producción de arroz en el lote 10 de Zona II, en Zamorano, Honduras.

**Floración**

**Sistema de riego**

**Sistema de siembra**

**Inundación**

**Indirecta**

**Directa**

**Goteo**

122 a<sup>€</sup>

120 b

108 c

103 d

€ Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ )



Cuadro 10. Significancia del efecto de los factores sobre las variables de rendimiento y concentración de arsénico en el grano en la producción de arroz del lote 10 de Zona II, en Zamorano, Honduras.

Factores	Arsénico en grano	Rendimiento
Sistema de riego	0.008**	<0.0001**
Sistema de siembra	0.007**	<0.0001**
Variedades	0.03*	<0.0001**
S. riego × Variedades	0.06 ns	0.001**
S. siembra × Variedades	0.058 ns	0.01*
S. riego × S. siembra	0.0001**	<0.0001**
S. riego × S. siembra × Variedades	0.002**	0.8 ns

\*, \*\*, ns Significativo al  $P < 0.05$  y  $P < 0.01$ , y no significativo.

Cuadro 11. Resultados de los análisis de agua y suelo inicial y final en la concentración de arsénico

Muestras	Goteo		Inundación	
	Agua $\mu\text{g/L}$	Suelo $\text{mg/kg}$	Agua $\mu\text{g/L}$	Suelo $\text{mg/kg}$
Inicial	2.27	12.64	2.27	12.64
Final	-	20.02	-	12.66
Norma	10	5	10	5

Cuadro 12. Efecto de la interacción de sistema de riego × sistema de siembra × variedad en la concentración de arsénico en el grano en la producción de arroz del lote 10 de Zona II en Zamorano, Honduras.

**Concentración de arsénico en el grano  
(mg/kg)**

**Sistema de siembra**

**Directa**

**Indirecta**

**Sistema de riego**

**Comayagua**

**Playitas**

**Comayagua**

**Playitas**

**Inundación**

4.52 a<sup>€</sup>

3.07 b

0.0018 c

0.0184 c

**Goteo**

0.0018 c

0.0018 c

0.0018 c

0.0018 c

€ Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ )

Cuadro 13. Efecto de la interacción sistema de riego × variedad en el rendimiento en la producción de arroz del lote 10 de Zona II, en Zamorano, Honduras.

**Rendimiento**

**(tm/ha)**

**Sistema de riego**

**Variedades**

**Playitas**

**Comayagua**

**Inundación**

11.7 a<sup>€</sup>

11.0 b

**Goteo**

7.4 c

7.3 c

€ Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ )

Cuadro 14. Efecto de la interacción sistema de siembra × variedad en el rendimiento en la producción de arroz del lote 10 de Zona II, en Zamorano, Honduras.

**Rendimiento**

**(tm/ha)**

**Sistema de siembra**

**Variedades**

**Playitas**

**Comayagua**

**Directa**

9.9 a<sup>€</sup>

9.4 b

**Indirecta**

9.1 c

9.0 c

€ Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ )

Cuadro 15. Efecto de la interacción sistema de riego × sistema de siembra en el rendimiento en la producción de arroz en el lote 10 de Zona II, en Zamorano, Honduras.

**Rendimiento**

**(tm/ha)**

**Sistema de riego**

**Sistema de siembra**

**Inundación**

**Directa**

**Indirecta**

**Goteo**

12.1 a<sup>€</sup>

10.7 b

7.5 c

7.3 d

€ Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ )

# Conclusiones

- Los sistemas de riego por goteo e inundación afectaron las variables de crecimiento y desarrollo del cultivo.
- El sistema de siembra influyó en todas las variables estudiadas a excepción del número de macollas por planta.
- Las variedades DICTA Playitas y DICTA Comayagua tuvieron efecto en todas las variables a excepción de los días a floración.
- La concentración de arsénico en el grano se vio afectada por la interacción de los tres factores del estudio.

# Recomendaciones

- Realizar un análisis económico comparando el costo/beneficio de los dos sistemas de riego utilizados en el estudio
- Realizar un estudio pre-comercial con los dos sistemas de riego, la variedad Dicta Playita y el sistema de siembra directa, y evaluar la concentración de arsénico en las diferentes etapas fenológicas
- Mantener el suelo bajo el sistema de riego por goteo permanentemente saturado





Desde 1942 al Servicio de las  
Américas y del Mundo



**¡Gracias!**

# Índice

- [Título](#)
- [Introducción](#)
- [Objetivo](#)
- [Materiales y Métodos](#)
- [Resultados y Discusión](#)
- [Conclusiones](#)
- [Recomendaciones](#)
- [Anexos](#)

Cuadro 13. Efecto de la variedad de semilla, sistema de siembra y sistema de riego en el peso específico de 1000 semillas del cultivo de arroz del lote 10 de Zona II, en Zamorano, Honduras.

	<b>Factores</b>	<b>Peso específico (g)</b>
<b>Variedad</b>	Playita	32.2 a <sup>€</sup>
	Comayagua	28.0 b
<b>Sistema de siembra</b>	Directa	30.4 a
	Indirecta	20.8 b
<b>Sistema de riego</b>	Inundación	30.5 a
	Goteo	29.7 b

€ Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ )

(Monasterio et al. 2012)

(Quintero 2009)