



Universidad Autónoma de Santo Domingo

Primada de América/Fundada el 28 de Octubre del 1538

Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias

Escuela de Ingeniería Agronómica

**Evaluación de dos sistemas de producción: Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz
(*Oryza sativa* L.) y Convencional en Ranchito, La Vega**

**Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo, menciones Producción de
Cultivos y Producción Agrícola**

Sustentantes:

Br. Miguel Guzmán Familia 100056547

Br. Jimmy R. Serrata Núñez 100100207

Asesores:

Dr. Pedro Antonio Núñez Ramos, Ms.C., Ing.

Ing. Aridio Pérez, Ms.C.

Ing. Isidro Almonte, Ms.C

Los conceptos expuestos en el presente anteproyecto son de la exclusiva responsabilidad de los sustentantes del mismo.

Agosto, 2018

Mao Valverde, República Dominicana

**Evaluación de dos sistemas de producción: Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz
(*Oryza sativa* L.) y Convencional en Ranchito, La Vega**

NOTA ACLARATORIA

Este trabajo es propiedad de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD) y por tanto, no puede ser reproducido total ni parcialmente sin su consentimiento.

INDICE GENERAL

RESUMEN	XIV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Justificación	4
1.3 Antecedentes	6
1.4 Objetivos	9
1.4.1 Objetivo general	9
1.4.2 Objetivos específicos.....	9
1.5 Hipótesis o ideas a defender.....	9
1.6 Alcance de la investigación.....	10
1.7 Contexto del estudio.....	11
1.8 Limitaciones del estudio	12
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
2.1 Generalidades del cultivo de arroz.....	13
2.1.1. Taxonomía del arroz.....	14
2.1.2. Descripción botánica del arroz.....	15
2.2 Estadísticas de la producción de arroz a nivel regional y global	15
2.2.1 Estadísticas de la producción de arroz a nivel regional	15
2.2.2 Estadísticas de la producción de arroz a nivel global.....	16
2.3 Estadísticas del cultivo de arroz en la República Dominicana	16
2.4 Estructura del sector arrocero dominicano.....	16
2.5 Sistemas de producción de arroz dominicano.....	17
2.5.1 Preparación de terreno para la siembra de arroz	17
2.5.2 Sistemas de siembra de arroz	17
2.5.3 Época de siembra	18
2.5.4 Retoño	18
2.5.5 Variedades más utilizadas en la producción de arroz	19
2.6 Manejo del cultivo de arroz en República Dominicana.....	19

2.6.1	Métodos de preparación de terreno	19
2.6.2	Sistemas de siembra de arroz	19
2.6.3	Fertilización.....	20
2.6.4	Tecnología aplicada en el retoño del arroz.....	23
2.6.5	Control de malezas más comunes	23
2.6.6	Cosecha y post cosecha	24
2.6.7	Secado	25
2.6.8	Comercialización.....	25
2.7	Costos de producción de arroz en República Dominicana	25
2.8	Descripción del sistema Intensivo del cultivo de arroz.....	25
2.9	Origen del sistema SICA a nivel global.....	26
2.9.1	Origen del sistema SICA a nivel regional.....	27
2.10	Beneficios del sistema SICA.....	28
2.11	Fundamentos del sistema SICA	29
2.12	Principios del sistema SICA.....	29
2.13	Prácticas del sistema SICA	29
2.14	Procedimiento para implementar el SICA	30
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1	Materiales.....	31
3.1.1	Localización y ubicación geográfica del estudio	31
3.1.2	Materiales abióticos.....	31
3.1.3	Materiales bióticos	32
3.2	Métodos.....	32
3.2.1	Diseño experimental.....	32
3.2.2	Modelo estadístico.....	32
3.2.3	Variables evaluadas y modo de obtención	33
3.2.4	Tamaño del experimento	34
3.2.5	Tamaño de parcelas de las repeticiones	35
3.2.6	Área total del experimento	35
3.2.7	Croquis de campo y área de muestreos	35
3.2.8	Tratamientos.....	36

3.2.9 Manejo del experimento.....	36
3.2.10 Recolección y análisis de datos.....	38
3.2.11 Análisis de muestra de suelo.....	38
3.2.12 Análisis de muestra de agua de riego.....	38
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	39
4.1 Componentes vegetativos del cultivo de arroz.....	39
4.1.1 Altura de plantas (cm) de arroz.....	39
4.1.2 Número de hijos por macolla.....	39
4.1.3. Plantas de arroz por metro cuadrado.....	40
4.1.4. Longitud de las raíces (cm) de la planta de arroz.....	40
4.1.5. Peso de raíces (g) de la planta de arroz.....	41
4.1.6. Longitud de las panículas de la planta de arroz.....	41
4.2. Componentes del rendimiento del cultivo de arroz.....	42
4.2.1. Humedad (%) del grano de arroz.....	42
4.2.2. Impureza (%) del grano de arroz.....	43
4.2.3. Peso de 1000 granos (g) de arroz.....	44
4.2.4. Número de granos llenos de arroz por panícula.....	45
4.2.5. Número de granos vanos de arroz por panícula.....	45
4.2.6. Rendimiento (kg/ha) del arroz.....	46
4.2.7 Análisis económico en los sistemas de arroz SICA y convencional.....	47
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
5.1. Conclusiones.....	49
5.2. Recomendaciones.....	49
6. LITERATURA CITADA.....	51
7. ANEXO.....	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de costos e ingresos por hectárea	48
---	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la parcela en campo.....	31
Figura 2. Croquis de campo Sistema Intensivo y Convencional del cultivo de arroz.....	35
Figura 3. Número de hijos/macolla en plantas de arroz en dos sistemas de cultivo.	40
Figura 4. Longitud de panícula en arroz en dos sistemas de cultivo.	42
Figura 5. Humedad en % del grano de arroz en dos sistemas de cultivo.	43
Figura 6. Impurezas del grano en arroz en dos sistemas de cultivo.	44
Figura 7. Peso de 1000 granos de arroz en dos sistemas de cultivo.	45
Figura 8. Rendimiento de arroz en dos sistemas de cultivo.	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 7.1. Cronograma de Ejecución.....	54
Anexo 7.2. Presupuesto.	55
Anexo 7.3. Análisis se suelo antes de la siembra.	56
Anexo 7.4. Estadísticas regionales de la producción de arroz Enero- Junio (2016).	57
Anexo 7.5. Producción y rendimiento de arroz a nivel mundial.	58
Anexo 7.6. Superficie Sembrada y Cosechada, Volumen de Producción y Rendimiento por Tarea, 2014-2015.....	59
Anexo 7.7. Costos de producción de arroz en República Dominicana.	60
Anexo 7.8. Análisis de la varianza para altura de plantas (cm).....	61
Anexo 7.9. Comparación de medias para altura de plantas (cm) entre sistemas de producción de arroz.	62
Anexo 7.10. Análisis de la varianza para número de hijos.	63
Anexo 7.11. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para el número de hijos.....	64
Anexo 7.12. Análisis de la varianza para plantas/m ²	65
Anexo 7.13. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para planta/m ²	66
Anexo 7.14. Análisis de la varianza para la variable longitud de raíces (cm).....	67
Anexo 7.15. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para la variable longitud de raíces (cm)	68
Anexo 7.16. Análisis de la varianza para la variable peso de raíces (g).	69
Anexo 7.17. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para variable peso de raíces (g).	70
Anexo 7.18. Análisis de la varianza para la variable longitud de panícula (cm).	71
Anexo 7.19. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para la variable longitud de panícula (cm).	72
Anexo 7.20. Análisis de la varianza para humedad %.	73
Anexo 7.21. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para humedad.	74

Anexo 7.22. Análisis de la varianza para impureza %	75
Anexo 7.23. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para impureza %	76
Anexo 7.24. Análisis de la varianza para la variable peso de 1000 granos (g)	77
Anexo 7.25. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para la variable peso de 1000 granos (g)	78
Anexo 7.26. Análisis de la varianza para la variable número de granos llenos por panícula.	79
Anexo 7.27. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para variable número de grano llenos por panícula	80
Anexo 7.28. Análisis de la varianza para la variable número de granos vanos por panícula.	81
Anexo 7.29. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para variable número de granos vanos por panícula.	82
Anexo 7.30. Análisis de la varianza para la variable Rendimiento (kg/ha).	83
Anexo 7.31. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para rendimiento (kg/ha)	84
Anexo 7.32. Álbum de fotografías.	85

DEDICATORIA

A **Dios**, por darme la fe de creer en mí y no rendirme.

A mi madre **Eusebia Familia**, por brindarme su apoyo maternal.

A mi padre **Manuel R. Tavares Guzmán**, por ayudarme en los momentos difíciles.

A los señores **Rogelio de los Santos y Miguelina Aquino Familia**, por apoyarme, ayudarme, brindarme su amor sincero y paternal y ser parte de mi verdadera familia.

A mis hermanos, **Lucia, Georgina, Anyelis, Elys y Rogelio**, por sus buenos deseos y sentimientos.

A mi hija **Milerka Guzmán Serrata**, por haber nacido y ser un motivo más para seguir adelante.

A mi esposa **Karleny Serrata Núñez**, por estar a mi lado y darme su apoyo.

Miguel Guzmán

DEDICATORIA

A **Dios**, por darme la fe de creer en mí y no rendirme.

A mi madre **Delta Dalinda Núñez**, por brindarme su apoyo maternal.

A mi padre **Ramón Baldemiro Serrata**, por ayudarme en los momentos difíciles.

A mis hermanos **Cary, Dauri, Katy, Karleny, Carlos y Erick**, por sus buenos deseos.

A mis **Familiares**, por su esfuerzo y apoyo que siempre me brindaron.

A mi esposa **Luisa María Robles Rodríguez**, por estar a mi lado y darme su apoyo.

Jimmy R. Serrata Núñez

AGRADECIMIENTOS

Primero a Dios sobre todas las cosas, por siempre acompañarnos, cuidar de nosotros y darnos la fe de creer en nosotros y lograr el propósito.

Luego nuestra Universidad Autónoma de Santo Domingo (AUSD), por abrirnos sus puertas y permitirnos el poder realizar nuestra carrera dentro de sus aulas.

A nuestros asesores: Dr. Pedro Antonio Núñez Ramos, Ing. Agrón. Aridio Pérez, Ms.C., Ing. Isidro Almonte, Ms.C, por darnos el apoyo, la ayuda y la dedicación de realizar con éxito nuestro objetivo.

Al señor Hitler Fuertes propietario de la finca donde realizamos nuestro trabajo de tesis, por su amabilidad, colaboración y ayuda.

Al señor Marino Trastullo, por el apoyo laborar y la confianza brindada.

A todos esos excelentes profesores, que dejaron en nosotros una enseñanza, para lograr alcanzar la meta y ser hoy Ingenieros Agrónomos

Al señor Belto Ramos, por el apoyo laborar y la confianza brindada.

A todos nuestros compañeros de estudios por ser parte importante durante el desarrollo de nuestra carrera.

Los sustentantes

RESUMEN

En la República Dominicana, los incrementos en rendimientos del cultivo de arroz (*Oryza sativa*, L.) han estado asociados a la liberación de nuevas variedades genéticamente mejoradas o importadas y al incremento en el uso de insumos. Sin embargo, los patrones de cultivo tradicionales siguen siendo los mismos. Con el método de siembra mediante Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA), se mejora notablemente la producción y de esta manera los agricultores mejoran su economía. El estudio se desarrolló en la finca de señor Hitler Fuerte, en Ranchito, La Vega, entre enero y mayo de 2017. El objetivo fue evaluar el SICA y el sistema de producción de arroz convencional practicado por el productor. Se utilizó el diseño completo al azar, cuatro repeticiones, dos tratamientos y 12 muestreos. Se realizó análisis de varianza y separación de medias por el test de Duncan ($p \leq 0.05$). Las variables en estudio fueron altura de planta, número de hijos, plantas por metro cuadrado, longitud de raíces, peso de raíces, número de panícula, longitud de panícula, granos llenos, granos vanos, peso de 1000 granos y rendimiento calculado por hectárea. Los resultados indicaron diferencias estadísticas significativas para el ahijamiento ($p = 0.0465$), longitud de panícula ($p = 0.0002$). Se registró superioridad del rendimiento en kilogramos por hectárea del sistema SICA sobre la producción convencional en el cultivo de arroz. Los componentes del rendimiento con mayor contribución a este resultado fueron la longitud de panículas, porcentaje de humedad e impureza de los granos de arroz ($p = 0.0076$ y 0.0235 , respectivamente) y peso de mil granos ($p = 0.0019$), que fueron mayores en el SICA, respecto al sistema convencional. El rendimiento en kg/ha fue superior en el sistema intensivo ($p = 0.0280$), en comparación al sistema convencional. El SICA representa una ventaja de producción en comparación al sistema de trasplante convencional por la reducción (94%) de la cantidad de semilla necesaria para alcanzar un nivel más alto de producción. Mostró mayores rendimientos (25%) y ahorros en costos en promedio de 17.15%. La siembra de arroz por el sistema intensivo produjo un % de rentabilidad de 234.54, mayor al sistema de siembra convencional, que fue de 108.75%.

Palabras clave: arroz, sistemas de cultivo, trasplante, plántulas, espaciamiento, rendimiento.

1. INTRODUCCIÓN

El Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz, también conocido como “System of Rice Intensification (SRI)”, es una metodología agroecológica que pretende intensificar el manejo del arroz, disminuir agua de riego y, uso de químicos y aumentar los rendimientos de un alimento básico para el mundo. Sus elementos principales fueron reunidos en 1983 por el padre jesuita francés, Henri de Laulanié, en la isla de Madagascar, después de 20 años de observación y experimentación con arroz (De Laulanié, 2011).

Las observaciones y experimentos que condujeron al SRI, comenzaron en la década de 1980, a partir de observaciones del padre Laulanié sobre prácticas agrícolas de agricultores de Madagascar. Estos, cuando sembraban arroz, aplicaban cantidad mínima de agua, en lugar de inundaciones constantes, y realizaban trasplante individual de plántulas muy jóvenes, siguiendo un modelo en el que se les daba mucho espacio a cada una de ellas y así se fomentaba un crecimiento robusto de raíz y tallo, así como un incremento en el número de hijos (De Laulanié, 2011).

La propagación del método SRI desde Madagascar a varias partes del mundo se ha acreditado en gran parte al Dr. Norman Uphoff, miembro de la Universidad de Cornell. En 1993, Uphoff se reunió con funcionarios de una organización no gubernamental creada por el padre De Laulanié para promover el SRI. Después de observar el éxito del SRI durante tres años y de ver que los agricultores pasaban de cosechar dos toneladas por hectárea (método tradicional) a ocho toneladas por hectárea (SRI), Uphoff se convenció de las ventajas del sistema, y en 1997 comenzó a promoverlo en Asia y África (De Laulanié, 2011).

A partir del año 2010, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), introdujo este sistema de siembra en la República Dominicana, estableciendo parcelas demostrativas en varias localidades arroceras del país. En 2014, inicia un proyecto sobre SRI para desarrollarlo en Colombia y República Dominicana para validar la metodología del SRI y mostrar sus bondades en la producción arroceras, y es a partir de ese momento que inicia el proceso de difusión de la metodología en varios países de Latinoamérica y el Caribe. Se

promulga así una metodología climáticamente inteligente que tiene el potencial de mejorar la adaptación del cultivo ante el cambio climático y de aumentar rendimientos y utilidades de productores, fortaleciendo, al mismo tiempo, su seguridad alimentaria y mejorando su calidad de vida (Arthur, 2015).

En este trabajo de investigación sobre la evaluación de dos sistemas de producción: sistema intensivo del cultivo de arroz de arroz (*Oryza sativa* L.) y convencional en Ranchito de la Vega, República Dominicana. Se desarrolló durante el periodo octubre 2017 - agosto 2018. Con este estudio se pretende determinar cuál de los dos sistemas de producción de arroz, SICA o convencional se obtienen mejores rendimientos y en cual los costos son menores y por tanto mayores beneficios.

1.1 Planteamiento del problema

La agricultura es extremadamente vulnerable al cambio climático (CC). El aumento de las temperaturas y los efectos que causa puede reducir la producción de los cultivos y provocar la proliferación de plagas y enfermedades. Los cambios en los regímenes de lluvias y el aumento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y de reducción de la producción a largo plazo. Se anticipa que los impactos del cambio climático sean negativos para la agricultura, amenazando la seguridad alimentaria mundial (IICA, 2016).

El ritmo acelerado del cambio climático, junto con el aumento de la población y los patrones cambiantes de alimentación amenaza la seguridad alimentaria en todas partes, especialmente en países en vías de desarrollo donde millones de familias dependen de la agricultura para su subsistencia. El arroz es un grano básico para miles de personas en todo el mundo. Este cultivo es de gran importancia alimentaria enfrenta grandes retos sociales, económicos y medioambientales. Los desafíos a enfrentar requieren de una intervención innovadora, eficaz, multidimensional y multidisciplinaria – como el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA) con sus siglas en inglés SRI, según IICA (2016).

La producción del arroz es muy vulnerable al cambio climático (CC) y predicciones indican que habrá una reducción en los rendimientos de arroz de hasta 6.4% en los próximos años (IICA, 2016).

El arroz es además el cultivo que usa la mayor cantidad de agua con cerca del 65% del agua disponible. Los rendimientos promedios oscilan entre 4-5 ton/ha y los costos de producción son aproximadamente RD\$6,756.00/tarea (US\$2,910/ha), lo cual es superior a los costos de la mayoría de los países competidores en este rubro (IICA, 2016).

Debido a su importancia socioeconómica, las instituciones del sector agropecuario que inciden en los aspectos de extensión, producción e investigación, han venido desarrollando distintas labores con el propósito de mejorar la productividad y competitividad del arroz. Dichas labores se han concentrado principalmente en el mejoramiento técnico de variedades, manejo de recursos naturales (agua, terrenos, etc.), mejoramiento en los sistemas de producción, entre otros (IICA, 2016).

Los beneficios del arroz SICA son muy importantes para reducir la vulnerabilidad del sistema de producción frente al cambio climático, ya que se anticipa mayores cambios en los patrones de precipitación, un aumento en plagas y enfermedades, y un aumento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos. El arroz SICA aumenta entre 20% y 100% el rendimiento, reduce 90% la cantidad de semilla requerida, hasta un 50% el agua, reduce la sensibilidad de los cultivos a factores climáticos adversos e incrementa la resistencia a plagas y enfermedades. Promueve tallos fuertes que resisten vientos y huracanes ya que raíces más vigorosas que permiten buscar agua y nutrientes en el suelo (SRI-Rice, 2014a).

Styger (2009) y Uphoff (2014) se refieren al SICA como un conjunto de principios implementado a través de prácticas flexibles que incluyen: trasplante temprano de las plántulas saludables entre 8-12 días de edad; reducción de la competencia entre plántulas (a través de la baja densidad de siembra; plantas separadas mínimo 25 x 25 cm); aplicación

reducida de agua favoreciendo la aireación del suelo (suelo mojado y seco en alternancia); adición de material orgánico para mejorar el suelo y nutrir el cultivo de cobertura.

Alto costo de producción , alto costo de insumos (fertilizantes y pesticidas) , mal manejo de los insumos (fertilizantes, pesticidas y agua) , falta de diferenciación del arroz en el mercado, riesgos de la pérdida de la cosecha, falta de diversificación de variedades de arroz, falta de la implementación de un programa de manejo integrado de plagas, enfermedades, nutrientes y agua, falta de implementación de estrategias para la adaptación de cambios climáticos , Contaminación de las los ríos, canales y las lagunas (IICA, 2016).

El sistema de siembra de arroz convencional que los productores dominicanos han llevado años tras años conlleva a una disminución de los rendimientos, mayor uso de fertilizantes, pesticidas y al deterioro de los suelos arroceros (IICA, 2016).

1.2 Justificación

La producción convencional de arroz requiere de mucha agua, y obtenerla en cantidad y calidad necesaria es cada vez más difícil para los pequeños productores. Además el cultivo se ve afectado por el aumento de la frecuencia e intensidad de sequías o inundaciones. Otro impacto biofísico del cambio climático es el aumento en tipos y ocurrencias de plagas y enfermedades, especialmente especies invasoras. La producción además se ve agravada por factores no climáticos, como la desgravación de la protección del arroz en la RD a partir del 2016 bajo el convenio DR-CAFTA. Todas estas variables tienen consecuencias potencialmente devastadoras para la mayoría de los pequeños productores si no se vuelven más competitivos frente a las importaciones de arroz (IICA, 2016).

En República Dominicana, el cultivo del arroz genera aproximadamente 300,000 empleos directos y 800,000 indirectos en un área de siembra de 173,743 ha (Ministerio de Agricultura, 2014).

Los beneficios comprobados del SICA incluyen la reducción de la sensibilidad de los cultivos a los factores climáticos adversos, mayor resistencia a plagas y enfermedades, tallos fuertes que resisten fuertes vientos, raíces vigorosas que permiten buscar agua y nutrientes en la profundidad del suelo. Con SICA se produce más con menos especialmente en temporada de sequía (IICA, 2016).

El Sistema Intensivo del Cultivo del Arroz (SICA) resulta una tecnología que proporciona beneficios y buena productividad, ya que se basa fundamentalmente en la utilización de menos agua en el período de crecimiento, una mayor distancia entre las plantas y sólo se utiliza una planta por postura, con plántulas de un desarrollo no mayor de 20 días después de la germinación, encontrándose el óptimo entre 8 y 12 días después de la germinación (Pérez, 2002).

El sistema SICA plantea la siembra de plántulas individuales de arroz a distancias regulares y amplias, y los suelos se mantienen húmedos pero no inundados durante parte del período de crecimiento. Además, aumenta entre 20% y 100% el rendimiento, reduce 90% la cantidad de semilla requerida y hasta un 50% el agua (IICA, 2016).

Al contrario de muchas de las innovaciones agrícolas que se desarrollan en las instituciones de investigación y luego se difunden a los agricultores, el SICA es un sistema que se desarrolló sobre la base de la observación empírica de las prácticas de gestión utilizada por los agricultores de Madagascar (Styger, 2009; Uphoff, 2014).

La aplicación de los principios SICA contribuyen a aumentar la capacidad de adaptación de pequeños productores con un aumento del rendimiento debido al mayor ahijamiento y menor vaneamiento por la optimización del uso del agua y menor uso de insumos insostenibles (poco o nulo uso de productos químicos), y con importantes aumentos de los ingresos (IICA, 2016).

El SICA puede ser considerado como una opción de adaptación “sin arrepentimiento”, ya que abarca prácticas innovadoras en el manejo agronómico, lo cual significa que aun si no se

producen cambios climáticos como se esperan, la implementación del sistema proporcionará beneficios tangibles para los agricultores y asegura fincas más productivas e integralmente sostenibles (IICA, 2016).

Entre los beneficios que el SICA aporta se incluyen la reducción de la sensibilidad de los cultivos a los factores climáticos adversos, mayor resistencia a plagas y enfermedades, tallos fuertes que resisten fuertes vientos, raíces vigorosas que permiten buscar agua y nutrientes en la profundidad del suelo. Con SICA se produce más con menos especialmente en temporada de sequía (IICA, 2016).

Con la finalidad de dar respuesta a esta problemática se plantean las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cómo será el desarrollo de la variedad de arroz Quisqueya en los sistemas de producción de arroz SICA y convencional?
2. ¿Cómo será el consumo de agua en los sistema de producción de arroz SICA y convencional?
3. ¿Cuáles serán los rendimientos en el sistema SICA y en el convencional en el cultivo de arroz?
4. ¿Cuál será el costo de producción de la variedad de arroz Quisqueya en los sistemas SICA y convencional?
5. ¿Cómo será la relación costo/beneficio en los dos sistemas de producción de arroz SICA y convencional?

1.3 Antecedentes

En trabajo de investigación sobre el sistema SICA realizado por Martini *et al.* (2010). El trabajo se desarrolló durante tres años en la Estación Experimental del Arroz Los Palacios en la Habana Cuba y, posteriormente, en pequeña escala como extensión agrícola en las áreas de los productores pertenecientes al sistema no especializado (arroz popular). El estudio

consistió en determinar el efecto de la edad de la postura, distancia de plantación y cantidad de posturas por sitio sobre el rendimiento agrícola.

Los resultados demostraron una reducción en la cantidad de semillas a utilizar en el semillero, para un valor de 5 kg/ha en una campaña, representando entre el 35 y 40 % de la que se utiliza en el sistema tradicional de trasplante. Además, se lograron incrementos del rendimiento agrícola de hasta 2.0 ton/ha; se observó un mayor ahijamiento y desarrollo del sistema radical por planta respecto al testigo. Asimismo, la suspensión del riego al cultivo por 21 días permitió ahorrar 3, 300 m³/ha de agua por campaña. Concluyeron que el sistema intensivo de cultivo del arroz (SICA) disminuye la cantidad de semillas para la siembra, aumenta los rendimientos agrícolas y ahorra el agua de riego.

En trabajo realizado por Maqueeira *et al.* (2003) con el título efecto del Sistema Intensivo en el Cultivo del arroz (SICA) sobre algunas variables del crecimiento y el rendimiento en una variedad de ciclo corto. La investigación se desarrolló en áreas de la Estación Experimental del Arroz “Los Palacios” Pinar del Río, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, donde fue plantada la variedad de arroz de ciclo corto INCA LP-5 en mayo del 2003, con el objetivo de evaluar el efecto de la nueva forma de producción de Sistema Intensivo de Cultivo de Arroz (SICA) sobre determinadas variables del crecimiento y el rendimiento, comparado con el sistema de siembra directa con una norma de siembra de 120 Kg/ha de semillas.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con dos tratamientos y cuatro réplicas. Se determinaron la masa seca de la parte aérea (g) y el IAF en un marco de 0.50 m² en cada tratamiento en las fases fenológicas de ahijamiento activo, floración y maduración. Se calculó también el rendimiento y sus componentes en la cosecha. Los datos se procesaron mediante T de Student ($p < 0.05$). Las plantas desarrolladas bajo el SICA mostraron superioridad en todas las variables de crecimiento analizadas, lográndose las mayores diferencias en el IAF en la fase de floración, diferencias que tendieron a disminuir en la fase de maduración. Situación similar se logró con el rendimiento y sus componentes. Se recomienda seguir estudios de este tipo utilizando otras variedades y profundizar en el proceso de llenado de los granos bajo este sistema de producción.

En Madagascar los campesinos con la aplicación de este sistema, utilizando variedades locales y fertilizando con abonos orgánicos, lograron un rendimiento en la cosechas entre 5 y hasta 10 t/ha. En 1999 en la Universidad Agrícola de Nanjing en China se obtuvo un rendimiento de 9 ton/ha con una reducción en las necesidades de agua de un 50%, lo que despertó mucho interés entre los científicos chinos. En el 2001, también utilizando el SICA, conjuntamente con altos insumos agrícolas se alcanzaron rendimientos de hasta 12 t/ha.

En República Dominicana el método SICA inicia en el año 2011. Se estableció una parcela en el Centro de Investigación del IDIAF en Juma, Bonaio en 2 tareas, con los resultados siguientes: a partir de las informaciones suministradas por el investigador Antonio Gómez, se obtuvo 8,992 kg/ha para la variedad IDIAF 3 y 8,496 para la variedad Juma 67. En el 2011 se realizó una investigación en Rio Limpio, llevada a cabo por el IDIAF, donde se comparó el sistema SICA con el sistema en hileras y convencional con la variedad Canilla, donde se obtuvo los siguientes resultados: reducción de semillas del 74.82%, un incremento de macollamiento de 46.94%, incremento de panículas/m² de 27.21% y un incremento del rendimiento de 54.72% (IICA, 2016).

Hacienda Estrella en el 2012, se obtuvo rendimiento de 11,088 kg/ha en 7 tareas y en una segunda siembra en 38 tareas en el 2013 un rendimiento de 7,136 kg/ha. En el 2012 en Maizal provincia Valverde se estableció una parcela de 4 tareas donde se registró el mejor resultado hasta ahora obtenido con resultados de 11,792 kg/ha con la variedad Prosequisa 4 y 4,216 kg/ha en retoño. En el 2012 se establecieron otras parcelas con productores de Dajabón, Las Matas de Santa Cruz y en el Bajo Yuna de 70 tareas. En cada una de ellas hubo rendimientos por encima de las convencionales de acuerdo al IICA (2016). En total fueron sembradas 218 tareas con trasplante manual hasta finales de 2015 y 80 tareas con siembra mecanizada para totalizar 298 tareas. Los rendimientos obtenidos fueron variables acorde al nivel económico de los productores, su capacidad de compra y aplicación a tiempo de los insumos (IICA, 2016).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar los sistemas de producción: Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (*Oryza sativa*, L.) y convencional.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Determinar el comportamiento y desarrollo de la variedad de arroz Quisqueya en los sistemas de producción de arroz SICA y Convencional.
2. Determinar el consumo de agua en los sistemas de producción de arroz SICA y Convencional.
3. Determinar los rendimientos en el sistema SICA y en el Convencional en el cultivo de arroz.
4. Determinar los costos de producción de la variedad de arroz Quisqueya en los sistemas de producción de arroz SICA y Convencional.
5. Determinar la relación costo-beneficio en los sistemas de producción de arroz SICA y Convencional.

1.5 Hipótesis o ideas a defender

Juego de hipótesis 1

Ho: Los sistemas de manejo de producción de arroz SICA y convencional, no afectan el comportamiento y desarrollo del cultivo de arroz.

H1: Los sistemas de manejo de producción de arroz SICA y convencional, afectan el comportamiento y desarrollo del cultivo del arroz.

Juego de hipótesis 2

Ho: Los sistemas de manejo de producción de arroz SICA y convencional, no afectan el consumo de agua del cultivo de arroz

H1: Los sistemas de manejo de producción de arroz SICA y convencional, afectan el consumo de agua del cultivo de arroz.

Juego de hipótesis 3

Ho: Los sistemas de manejo de producción de arroz SICA y convencional, no afectan los rendimientos del cultivo de arroz.

H1: Los sistemas de manejo de producción de arroz SICA y convencional, afectan los rendimientos del cultivo de arroz.

Juego de hipótesis 4

Ho: Los sistemas de manejo de producción de arroz SICA y convencional, no afectan los costos de producción del cultivo de arroz.

H1: Los sistemas de manejo de producción de arroz SICA y convencional, afectan los costos de producción del cultivo de arroz.

Juego de hipótesis 5

Ho: Los sistemas de manejo de producción de arroz SICA y convencional, no afectan la relación costo-beneficio del cultivo.

H1: Los sistemas de manejo de producción de arroz SICA y convencional, afectan la relación costo-beneficio del cultivo.

1.6 Alcance de la investigación

Al final de esta investigación se habrá realizado una evaluación de los sistemas de producción de arroz (SICA) y (convencional) en una finca productora de arroz de Ranchito, provincia la Vega. Además se dispondrá de información sobre estos sistemas de producción. Los resultados obtenidos podrán servir de base a los productores e instituciones locales para el

manejo eficiente del cultivo de arroz. Además, aportará a los productores regionales y locales alternativas de manejo del cultivo de arroz, brindando nuevas perspectivas sobre la agricultura "moderna".

1.7 Contexto del estudio

En la República Dominicana los rendimientos promedios oscilan alrededor de 4-5 Ton/ha y los costos de producción son aproximadamente RD\$6,756.00/tarea (US\$2,910/ha). Este costo es superior a los costos de la mayoría de los países competidores en este rubro. En República Dominicana 300,000 personas dependen de su siembra (en 173,743 ha), cosecha y comercialización. El arroz es el principal cultivo de la República Dominicana con 2.9 millones de tareas sembradas (187,000 ha). Una producción de más de 12.2 millones de quintales (474,000 toneladas) y con más de 250,000 actores (productores, procesadores, comercializadores, entre otros involucrados (Ministerio de Agricultura, 2014).

La aplicación de los principios SICA contribuyen a aumentar la capacidad de adaptación de pequeños productores con un aumento del rendimiento debido al mayor ahijamiento y menor vaneamiento por la optimización del uso del agua y menor uso de insumos insostenibles (poco o nulo uso de productos químicos), y con importantes aumentos de los ingresos (Uphoff, 2014).

El SICA puede ser considerado como una opción de adaptación “sin arrepentimiento”, ya que abarca prácticas innovadoras en el manejo agronómico, lo cual significa que aun si no se producen cambios climáticos como se esperan, la implementación del sistema proporcionará beneficios tangibles para los agricultores y asegura fincas más productivas e integralmente sostenibles. Como retos se encuentran los altos costos de la mano de obra en la región, lo cual puede ser superado a través de la mecanización de la siembra, el deshierbe y la pos cosecha a pequeña escala (Uphoff, 2014).

El arroz se cultiva sobre todo en la región nordeste. La región noroeste ocupa el segundo lugar en superficie sembrada. Por su lado, la región sur se encuentra en un lejano tercer lugar. Las regiones de siembra presentan diferentes condiciones para el cultivo. En el nordeste hay más incidencia de enfermedades, debido a suelos con alto contenido de materia orgánica, mayor humedad relativa, nubosidad y pluviometría. En cambio, en el noroeste y en el sur la incidencia de enfermedades es relativamente baja, debido a las temperaturas más altas y el clima más seco. En el noroeste, además, los suelos son salinos, lo cual afecta el desarrollo de variedades susceptibles a esta condición. En términos generales, tanto en el noroeste como en el sur se obtienen rendimientos superiores a los del nordeste (Moquete, 2004a).

1.8 Limitaciones del estudio

El desconocimiento del Sistema Intensivo del Cultivo Arrocero (SICA) por parte de muchos productores arroceros de Mao Valverde, El nivel tecnológico utilizado por parte de los productores, Deficiencia gubernamental para implantar el sistema (SICA) en la región impide la divulgación del método.

En América Latina y el Caribe (ALC), los principios del SICA se han ensayado y se conocen resultados positivos. Sin embargo gran parte de esos resultados no han sido debidamente monitoreados, evaluados o documentados Las prácticas del SICA necesitan validación y adaptación al contexto social, agronómico y comercial de la región. En el 2010, en la República Dominicana ha iniciado la práctica del SICA, pero su adopción ha sido baja hasta el momento, pero se espera que este proyecto cause impactos en ese sentido.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo de arroz

El arroz (*Oryza sativa* .L), se inició a cultivar hace aproximadamente 10,000 años en numerosas regiones húmedas de Asia tropical y sub-tropical. El arroz constituye el alimento básico para la mitad de la población del mundo y ocupa el segundo lugar con respecto a superficie cultivada (Acevedo *et al.*, 2006).

El desarrollo del cultivo tuvo lugar en china, en la parte baja y alta aunque, probablemente fue en la india donde se cultivó por primera vez. Se presume que hubo varias rutas por las cuales propago el cultivo desde Asia hacia el resto del mundo donde se cultiva (Ministerio de Agricultura, 2016a).

El género *Oryza* incluye 23 especies de las cuales solo dos son cultivada, *Oryza sativa*, de origen asiático y *Oryza glaberrima*, procedente del delta del río Níger, en África, las demás 21 especies son silvestre. Dentro de la *Oryza sativa* se diferencian tres subespecies, basadas en sus condiciones geográficas: Indica, Javanica y Japónica, en nuestro país, y las demás regiones tropicales, subtropicales, se cultiva la especie Indica por su valor culinario (Moquete, 2004a).

El arroz es de importancia clave en ALC por razones económicas, culturales y de seguridad alimentaria, con más de 5.3 millones de ha sembradas en el 2012 en su mayoría por pequeños productores. En República Dominicana unas 300,000 personas dependen de su siembra (en 173,743 ha), cosecha y comercialización (Ministerio de Agricultura, 2014).

El arroz es el principal cultivo de la República Dominicana con 2.9 millones de tareas sembradas (187 mil ha), una producción de más de 12.2 millones de quintales (474 mil ton) y con más de 250,000 actores (productores, procesadores, comercializadores, etc.) involucrados, superando al tradicional cultivo de la caña de azúcar (IICA, 2009).

En la República Dominicana constituye el elemento principal de la canasta básica y de la dieta diaria de los dominicanos. Es la principal fuente de carbohidratos por lo cual se considera insustituible (Nova, 2012). Apreciaciones del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), indican que unas 250,000 personas están de manera directa e indirecta involucradas en los procesos de producción, procesamiento y comercialización del cultivo (Moquete, 2004a).

Se siembra anualmente un promedio de 148,000 ha, la producción nacional está por el orden de los 11,236 millones de quintales/año (Columna, 2009). El consumo anual per cápita del arroz oscila entre los 45-50 kg, representando el alimento básico de la República Dominicana, por su gran importancia en la alimentación y el aporte a la economía agrícola e industrial se le considera como uno de los cultivos más importantes. Se consume generalmente como arroz blanco formando uno de los elementos del plato nacional conocido como la 'Bandera Dominicana, junto a las habichuelas y la carne (CEI-RD, 2010).

2.1.1. Taxonomía del arroz

Según Moquete (2004a) la taxonomía del cultivo de arroz es:

Reino:	<i>Plantae</i>
Subreino:	<i>Tracheobionta</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Liliopsida</i>
Subclase:	<i>Commelinidae</i>
Orden:	<i>Poales</i>
Familia:	<i>Poaceae</i>
Subfamilia:	<i>Bambusoideae</i>
Tribu:	<i>Oryzae</i>
Género:	<i>Oryza</i>
Especie:	<i>Oryza sativa</i> , L.

2.1.2. Descripción botánica del arroz

El arroz es una planta herbácea cultivada en condiciones de semi a permanente inundación. Formado por tallos rectos dispuestos en macolla, con sistema radicular principal adventicio, raíces delgadas, fibrosas, cilíndricas y fasciculadas cuyo crecimiento y desarrollo son características varietales, que van a ser afectada según el nivel de fertilización. La planta, provista de 7-11 hojas durante la fase vegetativa, alcanza una altura variable comprendida entre 80 y los 150 centímetros (cm), según la variedad y las condiciones ambientales del cultivo (Bernis y Pamies, 2016).

El tallo es recto, cilíndrico, formado por alteraciones de nudos y entrenudos de diferentes longitud, en cada nudo se inserta una vaina foliar que envuelve el entrenudo inmediato superior. En el extremo más alto de la vaina, donde se articula el limbo foliar, se observa: una lígula hialina, generalmente bífida y laciniada, de 5 - 15 milímetro de longitud, y dos aurículas en forma de hoz, más o menos vellosas., estas hialinas o, con mayor frecuencia, pigmentadas de color verde, rojo o violeta (Bernis y Pamies, 2016).

2.2 Estadísticas de la producción de arroz a nivel regional y global

2.2.1 Estadísticas de la producción de arroz a nivel regional

En el Anexo 7.4 se presenta las estadísticas regionales de la producción de arroz desde enero hasta junio del año 2016 en República Dominicana.

La región del Nordeste es la que ocupa el primer lugar en las estadísticas con una siembra de 846,168 tareas; 681,640 tareas cosechada y 3, 553,287 tareas producidas, luego le siguen la región Noroeste con 412,648 tareas sembradas y Norcentral con 251,259 tareas sembradas, 222,361 tareas cosechadas y 1, 305,780 tareas producidas (Anexo 7.4)

2.2.2 Estadísticas de la producción de arroz a nivel global

En la Anexo 7.5 se observan los datos sobre la producción y los rendimientos de arroz a nivel mundial como es el caso de China y la India, los cuales producen más del 50 % de la producción mundial total. La China, la India e Indonesia son los países que más producen arroz y USA, República de Corea, Japón, China y Perú son los países que tienen los mayores rendimientos.

2.3 Estadísticas del cultivo de arroz en la República Dominicana

En la Anexo 7.6 se observan datos que dan a conocer la superficie sembrada y cosechada, el volumen de producción y los rendimientos por tarea del cultivo de arroz en República Dominicana durante los años 2014 y 2015.

Los rendimientos y la producción fueron mayores en el 2015 en comparación al 2014, mientras que las áreas sembradas y cosechadas fueron mayores en el 2014 (Tabla 3).

2.4 Estructura del sector arrocero dominicano

El sector arrocero cuenta con alrededor de 56 mil productores y participan directa e indirectamente unas 500 mil personas en las actividades de siembra, cosecha, elaboración, comercialización, proveedores de insumos y equipos, distribución y financiamiento (Rojas, 2012).

La producción nacional promedio de los últimos seis años del cereal fue de 11, 588,140.69 quintales (525,634.61 T.M.), provenientes de 14 provincias correspondientes a las regiones: Norcentral (provincias Monseñor Noel y La Vega), Nordeste (provincias Duarte, María Trinidad Sánchez, Hermanas Mirabal y Espaillat), Noroeste (provincias Valverde, Dajabón y Montecristi), Este (provincia Hato Mayor) y Central (provincia Monte Plata). Más del 80% de la producción proviene de cinco provincias: Monseñor Noel, La Vega, Duarte, María

Trinidad Sánchez y Valverde. Para el año 2012 se estima que la producción nacional será de alrededor 12 millones de quintales (544,316.43 T.M.), con un valor final de RD\$24,000.00 millones. La totalidad de la producción es destinada al consumo nacional, el cual se estima para el año 2012 en 11, 040,000 quintales (500,771.11 T.M.), para un consumo per cápita de 1.08 quintal/año, superior a todos los productos alimenticios (Rojas, 2012).

La producción total de arroz se obtiene de manera estacional en dos épocas del año (abril-junio y octubre-diciembre), mientras que el consumo se realiza de manera regular en los 12 meses del año, distribuyéndose en 920,000 quintales mensuales. Por tanto, en las épocas de cosecha ocurren taponamientos en el proceso productivo, que demandan necesidades de almacenamiento, que de no cubrirse de manera adecuada y oportuna, provocan problemas de comercialización en el arroz (Rojas, 2012).

2.5 Sistemas de producción de arroz dominicano

2.5.1 Preparación de terreno para la siembra de arroz

La preparación del terreno (corte, cruce, rastra, mureo, fanguero y nivelación) depende del sistema de siembra, tanto en la siembra por trasplante como en la directa con semilla pre germinada, la preparación se realiza en condiciones de humedad, para ello se utilizan tractores o motocultores según el tamaño de la finca, para la nivelación se emplean caballos, bueyes, palas o motocultores en la siembra directa mecanizada en seco, la preparación del terreno se realiza con el suelo seco (Moquete, 2004b).

2.5.2 Sistemas de siembra de arroz

El arroz se siembra en tres sistemas principales: 1). Trasplante manual; 2). Siembra directa al voleo en suelo húmedo; y 3). Siembra directa mecanizada en suelo seco. Los dos primeros sistemas son los más comunes. También es posible observar, en algunos lugares como Bonaó,

el trasplante mecanizado o la siembra directa mecanizada en suelo húmedo, los cuales se realizan exitosamente. La elección del sistema de siembra depende principalmente de las condiciones del terreno y del grado de contaminación del suelo con arroces indeseables. No obstante, se asume generalmente que la proporción entre siembra directa en húmedo y trasplante manual es 60:40 (Moquete, 2004).

Por lo general los rendimientos son similares entre los sistemas de siembra utilizados. En la siembra directa la inversión total es menor, por tanto puede ser más rentable que el trasplante, como consecuencia de menores costos de producción. La densidad de siembra depende del sistema que se utilice. En general, la densidad oscila entre 10-20 libras/ta (72-144 kg/ha). Este rango incluye los extremos entre la siembra directa en seco y la directa en húmedo. Se destaca que el trasplante no reduce en forma significativa la cantidad de semilla utilizada en la siembra de arroz en el país (Moquete, 2004b).

2.5.3 Época de siembra

En el país existen dos épocas principales de siembra, una es la de primavera, o primera etapa, que se realiza desde diciembre hasta abril y otra es la de invierno, o segunda etapa, que abarca los meses de junio, julio y agosto. Hay que señalar que muchos productores realizan una siembra temprana (en noviembre). El objetivo es conseguir mejores precios, ya que cuando se cosecha (marzo-abril) los inventarios del grano almacenado están mermados (Moquete, 2004b).

2.5.4 Retoño

El retoño inicia cuando termina la cosecha principal, conocida como “flor”. Luego el productor elige entre: a). Chapear los rastrojos con machetes a una altura de 5 a 10 cm; b). Utilizar una chapeadora eléctrica, que también corta los rastrojos a una altura similar al chapeo manual; y c). Luego, pasar un rolo compactador, aunque en general la opción más común es el chapeo con machetes (Moquete, 2004a).

2.5.5 Variedades más utilizadas en la producción de arroz

Las variedades más utilizadas en la República Dominicana son Prosequisa-4, Prosequisa-5, Juma 57, Idiaf-1, Juma 67, Jaragua, Yocahu, Puita, Cristal 100, Esmeralda, entre otras (Moquete, 2004a).

2.6 Manejo del cultivo de arroz en República Dominicana

2.6.1 Métodos de preparación de terreno

La preparación del terreno (corte, cruce, rastra, mureo, fanguero y nivelación) depende del sistema de siembra, tanto en la siembra por trasplante como en la directa con semilla pre germinada, la preparación se realiza en condiciones de humedad, para ello se utilizan tractores o motocultores según el tamaño de la finca, para la nivelación se emplean caballos, bueyes, palas o motocultores, en la siembra directa mecanizada en seco, la preparación del terreno se realiza con el suelo seco (Moquete, 2004b).

2.6.2 Sistemas de siembra de arroz

2.6.2.1 Trasplante manual

La siembra por trasplante implica la realización previa de un semillero. La cantidad necesaria de semilla varía de 3 a 5 quintales por tarea de semillero, que alcanza para trasplantar de 20 a 25 tareas (1.25-1.50 ha). El rendimiento del semillero depende principalmente de la variedad, la edad de las plántulas y las condiciones del terreno, pero también de la nivelación y humedad. Normalmente se utilizan plántulas de 30-40 días de edad, para lograr un buen nivel de competencia contra los factores adversos del suelo y las plagas. El semillero y el posterior trasplante incrementan el costo de producción del arroz. Sin embargo, el sistema es apropiado para suelos contaminados y (o) mal nivelados. El mismo facilita el control de

arroces indeseables y de malezas, teniendo las plantas mayor resistencia al acame (Moquete, 2004b).

2.6.2.2 Siembra directa al voleo en suelo húmedo

La siembra directa al voleo en suelo húmedo requiere de suelos mejor nivelados en relación al trasplante. Tanto el exceso de agua como los espacios muy secos pueden limitar la germinación de la semilla o provocar la muerte de las plántulas recién nacidas. Las malezas y la germinación de arroz espontáneos son dos de las principales limitantes de la siembra directa. Aunque este sistema no presenta diferencias de rendimiento con trasplante, la ventaja es que los costos de producción son alrededor de un 15% más bajos que en el mismo (Moquete, 2004b).

2.6.2.3 Siembra directa mecanizada en suelo seco

La siembra directa mecanizada en suelo seco empezó a introducirse en la República Dominicana a inicios de la década de 1990. Este sistema generalmente se asocia a la práctica de cero o mínima labranza. Sus principales ventajas son que utiliza menor cantidad de semilla y, como no se remueve el suelo, puede contribuir a reducir el costo de producción. Además, es apropiado para los suelos consolidados (parcelas grandes, niveladas y con muros rectos). También se recomienda en suelos no consolidados porque las máquinas siembran espacios de terreno dedicados a muros, lo cual aumenta el área útil de las fincas (Moquete, 2004b).

2.6.3 Fertilización

2.6.3.1 Construcción de semilleros

Normalmente en los semilleros se realizan dos aplicaciones de insecticidas y fungicidas después de 10-12 días de la siembra (Moquete, 2004b).

2.6.3.2 Trasplante manual

Según Moquete (2004b) las principales labores en el trasplante manual son:

- La primera fertilización, se realiza a los 8-10 días después del trasplante.
- Control químico de malezas 04-22 días después de trasplante.
- La primera aplicación de fungicidas e insecticidas a los 15-22 días después de trasplante.
- La segunda fertilización a los 25-28 días después de trasplante.
- La segunda aplicación de fungicidas e insecticidas a los 35-40 días después de trasplante.
- Control químico de malezas 40-60 días después de trasplante.
- La tercera fertilización a los 50-60 días después de trasplante.
- La tercera aplicación de fungicidas e insecticidas a los 60-70 días después de trasplante.
- Aplicación de abono foliar.
- La cuarta aplicación de fungicidas e insecticidas a los 100-110 días después de trasplante.
- La quinta aplicación de fungicidas e insecticidas a los 110-120 días después de trasplante.
- Control ratas.

2.6.3.3 Siembra directa al voleo en suelo húmedo

Según Moquete (2004b) las principales labores en la siembra directa al voleo son:

- La primera fertilización, se realiza a los 8-10 días después del trasplante.
- Control químico de malezas 04-22 días después de trasplante.
- La primera aplicación de fungicidas e insecticidas a los 15-22 días después de trasplante.
- La segunda fertilización a los 25-28 días después de trasplante.

- La segunda aplicación de fungicidas e insecticidas a los 35-40 días después de trasplante.
- Control químico de malezas 40-60 días después de trasplante.
- La tercera fertilización a los 50-60 días después de trasplante.
- La tercera aplicación de fungicidas e insecticidas a los 60-70 días después de trasplante.
- Aplicación de abono foliar.
- La cuarta aplicación de fungicidas e insecticidas a los 100-110 días después de trasplante.
- La quinta aplicación de fungicidas e insecticidas a los 110-120 días después de trasplante.
- Control ratas.

2.6.3.4 Siembra directa mecanizada en suelo seco

Según Moquete (2004b) las principales labores en siembra directa mecanizada en suelo seco son:

- Primera aplicación herbicidas no selectivos 30-40 días después de la siembra.
- Segunda aplicación herbicidas no selectivos 10-20 días después de la siembra.
- Tercera aplicación herbicidas no selectivos 05-10 días después de la siembra
- Primera fertilización con la siembra.
- Control químico de malezas 14-22 después de la siembra.
- La primera aplicación de fungicidas e insecticidas a los 12-25 días después de la siembra.
- La segunda fertilización a los 30-35 días después de la siembra.
- La segunda aplicación de fungicidas e insecticidas a los 25-35 días después de la siembra.
- Control manual de malezas 40-50 días después de la siembra.
- La tercera fertilización a los 40-45 días después de la siembra.

- La tercera aplicación de fungicidas e insecticidas a los 50-60 días después de la siembra.
- La cuarta fertilización a los 75-85 días después de la siembra.
- La cuarta aplicación de fungicidas e insecticidas a los 80-90 días después de la siembra.
- La quinta aplicación de fungicidas e insecticidas a los 100-110 días después de la siembra.
- Control de ratas.

2.6.4 Tecnología aplicada en el retoño del arroz

El retoño inicia cuando termina la cosecha principal, conocida como “flor”. Luego el productor elige entre: a) chapear los rastrojos con machetes a una altura de 5 a 10 cm; b) utilizar una chapeadora eléctrica, que también corta los rastrojos a una altura similar al chapeo manual; y c) pasar un rolo compactador. La opción más común es el chapeo con machetes. El rolo permite que los rebrotes salgan a ras del suelo y se alarga el ciclo productivo (10-20 días), consiguiendo mejores rendimientos que con chapeo. Esta es la razón del éxito de este equipo, que va desplazando al tradicional chapeo manual. Para que un cultivo de retoño sea rentable, se estima que debe producir por encima del 60% con respecto a la flor. Actualmente es la modalidad básica de cultivo, principalmente en el noroeste y nordeste (Moquete, 2004b).

2.6.5 Control de malezas más comunes

Las malezas más comunes en el cultivo del arroz se clasifican en tres grupos:

1). Gramíneas; 2). Ciperáceas; y 3). De hojas anchas. Las más importantes por su nivel de competencia con el cultivo, son las gramíneas y ciperáceas. Las malezas se controlan con herbicidas pre y pos emergentes. Los herbicidas son aplicados normalmente entre los 4-25 días después de la siembra directa o trasplante. Por lo general, el control químico se complementa con desyerbos manuales que se realizan durante la fase vegetativa y antes de

la floración. En arroz de retoño no siempre se emplean herbicidas, su uso depende del nivel de malezas durante el cultivo principal (flor). Los herbicidas que más se usan se aplican en los primeros 20 días después del chapeo (Moquete, 2004b).

2.6.6 Cosecha y post cosecha

La cosecha de arroz se realiza con combinadas, utilizando sacos de polipropileno que pesan en promedio 100 kg de arroz en cáscara. Los sacos son acarreados hasta las carreteras utilizando recuas de caballos. Luego, son pesados en el campo y transportados en camiones hacia las factorías. En la actualidad se están introduciendo combinadas para cosecha a granel, lo cual elimina el uso de sacos y de recuas (Moquete, 2004b).

La humedad normal de cosecha varía entre 20-24%. Sin embargo, puede cambiar de acuerdo a la disponibilidad de combinadas, el clima y otros factores. Los productores y molineros reconocen que los retrasos en cosecha afectan negativamente la calidad industrial del arroz. La mayoría de los productores vende el arroz a los molineros. La fanega es la unidad oficial de medida, variando el peso de ésta de acuerdo a la región. En el noroeste la fanega pesa 100 kg y en el nordeste 120kg (Moquete, 2004b).

Los molineros, al momento de recibir el arroz en las factorías, aplican una tara por humedad e impurezas superior al 8%. El precio final de la fanega de arroz es establecido por la Comisión Arrocera Nacional. Con el objetivo de lograr más rentabilidad en la comercialización, los productores del noroeste procesan el arroz y lo venden directamente, esta práctica la realizan a través de molineros y comerciantes detallistas, en algunos casos lo comercializan en plazas o mercados abiertos, como el Hospedaje, en Santiago (Moquete, 2004b).

2.6.7 Secado

En las factorías grandes se utiliza la cascarilla de arroz como fuente de energía para el secado. En las pequeñas (molinos) el secado se efectúa al sol (en secaderos). La humedad normal del arroz para almacenamiento y la molienda oscila entre 11-13% (Moquete, 2004b).

2.6.8 Comercialización

Los molineros distribuyen el arroz a los comerciantes en diferentes presentaciones: bolsas de 5, 10, 25 y 50 libras. No obstante, la presentación más común en el comercio mayorista es el saco de 125 libras se clasifica de acuerdo al porcentaje de granos partidos en las siguientes categorías: Selecto A, Selecto B, Superior A y Superior B, También se incluyen otros factores para la clasificación. El precio del cereal varía de acuerdo a la calidad (Moquete, 2004b).

2.7 Costos de producción de arroz en República Dominicana

La Anexo 7.7 nos muestra los costos de producción del arroz en la República Dominicana, para los sistemas de siembra: trasplante y directo.

2.8 Descripción del sistema Intensivo del cultivo de arroz

El Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA) consiste en cultivar arroz en un suelo aireado en lugar de arrozales inundados. Se cultivan plantas individuales a amplias distancias y con un patrón definido. Este sistema aumenta el rendimiento, reduce los costos de producción, el consumo de agua y reduce las emisiones de metano. El SICA es una innovación comprobada, practicado por 10 millones de productores con incidencia en más de 4 millones de hectáreas (Uphoff, 2014).

2.9 Origen del sistema SICA a nivel global

El sistema se originó en Madagascar en 1960 por el padre Henri de Laulanié, un distinguido sacerdote/agrónomo francés quien trabajó 34 años y luego fue difundido por la Universidad de Cornell y actualmente se utiliza en más de 50 países, en la temporada principal de 1983-84, hace aproximadamente 30 años, la mayor parte de sus prácticas fueron formuladas y resumidas en un sistema (Styger, 2009)

En 1990, con los amigos malgaches, Laulanié estableció la Asociación Tefy Saína (ATS), una ONG local que desde entonces ha promovido los conocimientos del SICA y los ha utilizado como parte de una estrategia integral de desarrollo rural (Laulanié 2003). Al principio el avance logrado con la difusión del SICA fue muy lento, por ir en contra de las firmes creencias impuestas tradicionalmente al pueblo malgache con el fin de “conservar las costumbres de sus antepasados”. La adopción de las prácticas del SICA constituye una alteración pública y bastante visible de dichas creencias, que expone al adoptador a la ira de sus antepasados. A pesar de ello, su uso se ha extendido en el país y se está acelerando (Styger, 2009).

El SICA se basa en seis principios fundamentales (IICA, 2016). Los beneficios comprobados del SICA incluyen la reducción de la sensibilidad de los cultivos a los factores climáticos adversos, mayor resistencia a plagas y enfermedades, tallos fuertes que resisten fuertes vientos, raíces vigorosas que permiten buscar agua y nutrientes en la profundidad del suelo. Con SICA se produce más con menos especialmente en temporada de sequía. El SICA aumenta entre 20% y 100% el rendimiento, reduce 90% la cantidad de semilla requerida y hasta un 50% el agua.

1). Trasplante de plantas solas (una por golpe), 2). Trasplante de plantas a edad joven (8-12 días de edad), 3). Amplios marcos de plantación (25 cm x 25 cm) en cuadrículas, 4). Aplicación mínima de agua durante el crecimiento vegetativo, 5). Uso de deshierbado mecánico, 6). Aplicación de material orgánico como fertilización base.

El sistema ha sido validado en 42 países de Asia, África y Latinoamérica. Entre los países de Latinoamérica donde el sistema ha sido validado se mencionan: Perú, Brasil, Costa Rica, Ecuador, Panamá, entre otros (SRI-Rice, 2014b).

De acuerdo a las investigaciones de validación del sistema realizadas por la Universidad de Cornell, el SICA tiene efectos importantes en el cultivo, principalmente en los factores (SRI-Rice, 2014b):

1). Raíces y tallos más fuertes, 2). Mayor ahijamiento por planta. 3). Mayor rendimiento, 4). Mejor calidad del grano. 5). Mejor calidad de molienda, 6). Reduce el ataque de caracol, 7). Disminuye competencia por el agua. 8). Beneficios ecológicos (menor uso de químicos), 9). Más resistencia a falta de agua en caso que ocurra, 10). Semilleros pequeños cubriendo mayor área de siembra y facilidad de manejo cuando es manual, 11). Mayor resistencia al acamado, 12). Reducción del ciclo de cultivo, 13). Menor costo de producción, 14). Mejor técnica para la producción de semillas, 15). Ahorro del agua de 30 a 50%.

2.9.1 Origen del sistema SICA a nivel regional

Desde el año 2011, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) ha venido promoviendo en el país el Sistema de Intensificación del Cultivo Arrocerero (SICA), pero fue a partir del año 2012 cuando se comenzaron a implementar los primeros trabajos. En Maizal provincia Valverde se estableció una parcela de 4 tareas con el productor Rogelio Sánchez (Tanioka) donde se registró el mejor resultado hasta ahora obtenido con resultados de 11,792 kg/ha con la variedad Prosequisa 4 y 4,216 kg/ha en retoño, así mismo en el año 2012 se establecieron otras parcelas en con productores de Dajabón y Las Matas de Santa Cruz. En cada una de ellas hubo rendimientos por encima de las convencionales, de igual forma se realizaron 4 charlas sobre la tecnología SICA a 120 técnicos y productores de la region (IICA, 2016).

2.10 Beneficios del sistema SICA

Según Styger (2014) los beneficios del sistema SICA son:

- a) Lograr mayor rendimiento con menos insumos:
- b) Ahorra entre 20 y el 50% del agua utilizada, ya que la inundación total y continua resulta innecesaria.
- c) Reducir el uso de agroquímicos.
- d) Disminuir la cantidad de semillas necesarias para el establecer el cultivo.

Obtener beneficios agronómicos:

- a) Producen raíces más fuertes, grandes y profundas.
- b) Aumenta la capacidad fotosintética de las plantas.
- c) Obtiene un número mayor de macollos.
- d) Aumentar calidad de los suelos y se mejorar nutrición de la planta, mediante la aplicación de materia orgánica.

Hacer frente al cambio climático:

- a) Se reduce la emisión de gases de efecto invernadero (metano y óxido nitroso).
- c) Se aumenta la resiliencia ante climas adversos (sequias y vientos fuertes).
- d) Se utiliza eficiente mente el recurso hídrico y se reduce su consumo.
- e) Se disminuyen las pérdidas de arroz por ataques de plagas y enfermedades.

Aunque los autores del sistema no manifiestan aspectos negativos del SICA, la experiencia de campo de los investigadores del Idiaf plantea que el método demanda mano de obra alta en siembra manual, dedicación para realizar las actividades, demanda de insumos orgánicos, así como la limitación para la aceptación de la metodología por los productores. Por otro lado, el control de malezas podría resultar costoso y un mecanismo para bajarlo sería con la introducción de maquinarias.

2.11 Fundamentos del sistema SICA

Se fundamenta el cuatro principios, para cuya aplicación los agricultores siguen diversas prácticas de manejo del cultivo, agua, suelo y nutrientes que pueden variar según las condiciones locales. Los principios del SICA permanecen invariables, independientemente de donde o como los agricultores cultiven el arroz; no obstante, las practicas utilizadas para implementarlo si pueden ser ajustables. El sistema SICA es por tanto un trabajo en curso para los agricultores y los técnicos que les brindan asesoría. Este sistema no es un paquete fijo de prácticas, sino una metodología que está abierta a las innovaciones para su optimización en el ámbito local. Las prácticas del SICA son desarrolladas para su aplicación en una amplia variedad de sistemas arroceros y cultivos en más de 50 países del mundo (Styger, 2009).

2.12 Principios del sistema SICA

Según Styger (2014) los principios del sistema SICA son:

1. Establecimiento temprano y cuidadoso de plantas saludables.
2. Minimización de la competencia entre las plantas.
3. Favorecimiento de la biota y la fertilidad de los suelos mediante la adición de materia orgánica.
4. Manejo eficiente del agua por medio de riegos intermitentes, evitando el estrés hídrico y utilizando suelos aeróbicos no inundados para lograr el desarrollo ideal de la planta.

2.13 Prácticas del sistema SICA

Según Styger (2014) las practicas del sistema SICA son:

1. Trasplante a una edad temprana, cuando la plántula tienen dos hojas, esto es, de ocho a doce días aproximadamente después de la germinación.
2. La siembra de una única plántula en cada punto de siembra.

3. Un amplio espaciamiento entre cada punto de siembra, es decir, cultivo en cuadrícula de 25 cm x 25 cm o más grandes.
4. Una nutrición fundamentada en la incorporación de materia orgánica, y la adicción de fertilizantes químicos solo cuando se requiere.
5. La aplicación de riego en forma intermitente para crear condiciones que alternen entre suelo mojado y suelo seco, en lugar de mantener un riego continuo por inundación.
6. La utilización de una desyerbadora mecánica para el control de la maleza y la aireación del suelo.

2.14 Procedimiento para implementar el SICA

Según Styger (2014) los procedimientos para implementar el método SICA son:

1. Comprender el concepto y los principios del SICA.
2. Analizar el actual sistema de producción de arroz.
3. Comparar el sistema de producción de arroz utilizado actualmente con las recomendaciones del SICA.
4. Elaborar un plan de nuevas prácticas, es decir identificar las limitaciones y estrategias para abordarlas.
4. Seguir un enfoque iterativo, es decir usar la repetición para probar el nuevo conjunto de prácticas que se van a adoptar, evaluarlas y hacer recomendaciones para probar nuevamente.
5. Compartir los hallazgos, es decir compartir los resultados obtenidos, sin importar si las cosas funcionan o no.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Localización y Ubicación geográfica del estudio

El estudio se desarrolló en la finca de señor Hitler Fuerte, en Ranchito, La Vega. El sitio de ensayo está ubicado a una altitud de 80 msnm, coordenadas 19°24'N, 71°24'O, República Dominicana. Se utilizó una superficie de una hectárea de terreno (10,000 metros cuadrados). Con clima tropical de sabana con invierno seco y frío de acuerdo a la clasificación de Köppen y Geiger (1928). La temperatura promedio anual es de 26.5 °C, con 91% de humedad relativa y una precipitación anual de 992.40 mm. El ensayo se desarrolló entre enero y mayo de 2017 fase de campo (Anexos 7.1) correspondiente al inicio de la estación lluviosa, con recursos del proyecto FONTAGRO SRI (Anexo 7.2). Las parcelas se ubicaron en un Inceptisol de textura arcillosa (Anexo 7.3), donde los últimos cinco años anteriores se cultivó arroz.



Figura 1. Ubicación de la parcela en campo.

3.1.2 Materiales abióticos

Dentro de los materiales abióticos a utilizar están las estacas, cinta métrica, machete, cuchillo, letrero, sacos, balanzas, sogas, fertilizantes, pesticidas, equipos como bomba mochila y bomba de motor.

3.1.3 Materiales bióticos

Se utilizó la variedad Quisqueya, producida que fue producida por Prosequisa, bajo la Dirección del Dr. Hsieh, cuyos padres son SQ91-212-6/PSQ5, donde se produjo la SQ293-2-1-2-1, a la cual llamaron Quisqueya. El tallo mide 96.5 cm., número de hijos 17, diámetro 6.1 mm, ángulo recto, el tallo es fuerte. La espiga es fértil. 1000 granos pesan 24.5 gramos. La productividad es sobre 500 kilos por tarea, la época de siembra es a partir del 15 de diciembre y el ciclo es de 120 a 135 días (Moquete, 2004b).

3.2 Métodos

3.2.1 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, con dos tratamientos (T1, T2) y cuatro repeticiones (I, II, III, IV), con muestreo:

T1: Sistema intensivo del cultivo de arroz (SICA).

T2: Sistema convencional del cultivo de arroz (Convencional).

3.2.2 Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_{ik} + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} ; observación del tratamiento i en la parcela j

τ_i ; efecto del tratamiento i

β_{ik} ; efecto del tratamiento i en el área de muestreo k .

ϵ_{ij} ; término de error aleatorio asociado a la observación Y_{ij} .

3.2.3 Variables evaluadas y modo de obtención

- **Altura de planta (cm):** Se utilizó una cinta para medir las plantas desde la parte inferior hasta donde se extiende la espiga, cuando el arroz esté listo para ser cosechado.
- **Longitud de raíces (g):** Con una cinta métrica se midió las raíces desde su punto de inserción en el cuello de los tallos, hasta el ápice de las mismas.
- **Peso de raíces (g):** Fue separada la masa radicular de la planta, se limpió y se pesó en una balanza.
- **Número de macollos (unidad):** Se midió la cantidad de macollos existentes en un metro cuadrado utilizando cuatro muestras al zar de cada parcela.
- **Número de panícula (unidad):** Se midió la cantidad de panículas existentes en un metro cuadrado utilizando cuatro muestras al zar de cada parcela.
- **Longitud de panícula (cm):** Se tomó en cada metro cuadrado de los ochos sitios las espigas existentes y se medirán las longitudes de estas con una cinta métrica.
- **Granos llenos/panícula (número):** En cada metro cuadrado se tomaron las espigas y se contaran la cantidad de granos llenos existentes.
- **Granos vanos/panícula (número):** En cada metro cuadrado se tomaron las espigas.
- **Peso de 1000 granos (g).** Se contaron 1000 granos y se pesaron en una balanza.
- **Humedad del grano (%):** Se pesó la muestra fresca y se introdujo al horno a temperatura constante de 60 °C por 24 horas y se pesó de nuevo. Se calculó la humedad por la fórmula:
$$\text{Humedad \%} = [(P_f - P_s) / P_f] \times 100$$

Donde:
Pf – peso fresco de la muestra
Ps – peso seco de la muestra
- **Impurezas del grano (%):** Con una masa mayor de 0.5 kg, se procedió a separar las impurezas del grano y pesar ambas fracciones por separado en la balanza.

Para la determinación de las impurezas del grano cosechado, se aplicó:

$$\text{Impureza \%} = [(\sum M_{\text{imp}_i} / (M_{\text{ti}})) / n] \times 100$$

Donde:

M_{impi} - masa de las impurezas de la i -ésima muestra del grano, g;

M_{ti} - masa total del grano de la i -ésima muestra del grano cosechado, g.

n – número de muestras.

- **Rendimiento** (kg/ha): Este se determinó en base a cada metro cuadrado cosechado en las unidades de muestreo seleccionada en cada tratamiento. Se proyectó a la hectárea mediante la fórmula:

Rendimiento/ha = Plantas/ha x Panículas/planta x Granos llenos/panícula x Peso 1000 granos al 20% humedad x 0.001

Estandarización de la muestra al 20% de humedad y 5% de impureza

$$\frac{P_m - (H_m + I_m)}{100 - (H_e + I_e)}$$

P_m = peso de muestra tomada.

H_m =% humedad muestra tomada.

I_m =% impureza muestra tomada.

H_e = % humedad estándar.

I_e =% impureza estándar.

Consumo de agua (m^3 /hora): uso de aforadores para el consumo de agua en ambos sistemas durante el ciclo de producción.

3.2.4 Tamaño del experimento

El experimento fue instalado en un área de 0.5 ha para el método SICA y 0.5 ha para el método convencional, para un total de una hectárea incluyendo los bordes y pasillos.

3.2.5 Tamaño de parcelas de las repeticiones

Cada bloque por tratamiento tuvo un área de 0.125 ha incluyendo bordes y pasillos por tratamientos (0.5ha) y un total de una hectárea.

3.2.6 Área total del experimento

Se utilizó un área total de una hectárea (10,000 metros cuadrados).

3.2.7 Croquis de campo y área de muestreos

Cada parcela de 0.5 ha por tratamiento fue dividida en cuatro parcelas (repeticiones), que a su vez contenían tres áreas de muestreo de 0.042 ha distribuidas al azar.

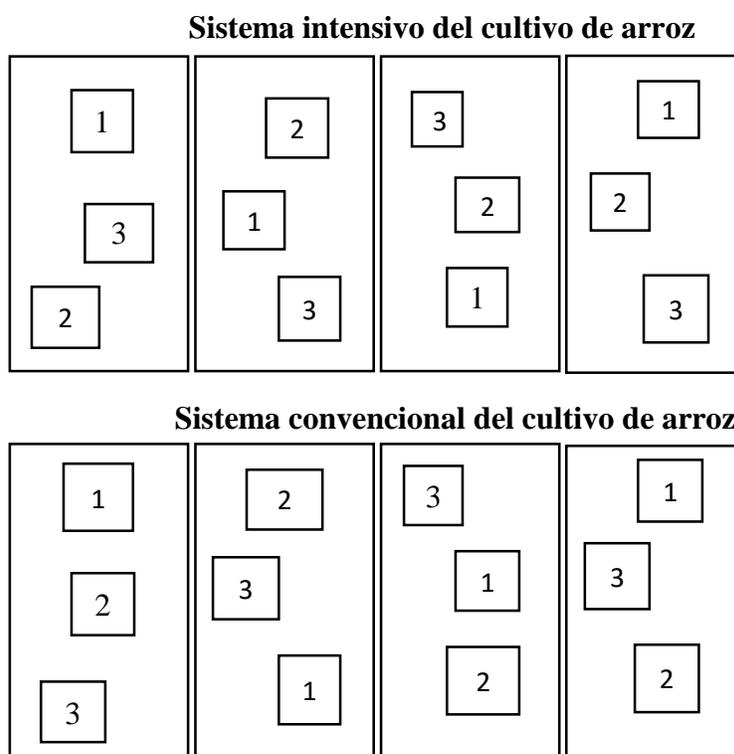


Figura 2. Croquis de campo Sistema Intensivo y Convencional del cultivo de arroz.

3.2.8 Tratamientos

Los tratamientos fueron los sistemas de cultivo por trasplante convencional y el Sistema de Intensificación del Cultivo de Arroz (SICA).

Para el sistema por voleo, semillas pre-germinadas fueron sembradas a 90 kg ha^{-1} sobre el suelo saturado. Luego de la siembra, el suelo se mantuvo próximo a capacidad de campo hasta que la planta alcanzó una altura de 15 cm, permaneciendo inundadas las parcelas con una lámina de 20 mm de agua hasta el final de la fase de llenado de grano (R6). Posteriormente, permanecieron sin riego hasta la cosecha.

Para el sistema de trasplante convencional, se preparó un semillero sobre suelo utilizando semilla pregerminada. A los 25 días, las plantas fueron trasplantadas con seis plantas por sitio con un espaciamiento de 25 x 25 cm entre sitios de acuerdo a la práctica de los productores de la zona.

En el tratamiento SICA se preparó un semillero y las plantas fueron sembradas con 12 días por trasplante mecanizado en golpe de 1-3 plantas. En el método convencional se realizara el semillero el mismo día de SICA, pero las plantas serán sembradas por trasplante manual a una edad de 30-35 días.

3.2.9 Manejo del experimento

Los suelos fueron preparados con tres pases de tractores en húmedo (fangueo), con rotovator, construcción de terraplenes/contención, y posteriormente nivelados con tracción animal. El proceso completo tardo aproximadamente de 30 a 35 días.

El primer semillero se estableció bajo la regla del sistema SICA, sin inundar, para lo cual se adoptó el método de preparación de semillero en cajas, protegido por malla ciclónica, durante 36 días y se usaron 6.76 kg/ha de semilla. Las cuales se trasplantaron a los 14 días.

Para la modalidad convencional, se construyó sobre suelo inundado, en ausencia de luz, remojada durante 36 horas, se usaron 107.44 kg/ha de semilla y se trasplantaron a los 32 días. La postura se realizó al azar usando 12.5 plántulas por punto de siembra. Mientras que en la modalidad SICA, la postura se realizó en hileras, usando 6 plántulas por punto de siembra y un marco de plantación de 20cm x 28cm espacio entre plantas e hileras.

El manejo de cultivo se realizó por el productor en los dos sistemas, con la asistencia técnica del profesional agrícola, excepto el manejo de agua. Para el cual, se instaló un aforador por parcela. Además, el manejo de malezas se realizó con métodos químicos, manuales y mecánicos.

Para el manejo de agua, se instalaron dos aforadores por parcela (1 SICA y 1 convencional). A cada parcela se realizaron 5 ciclos de riego, con una inundación permanente al sistema convencional, durante 35 horas, con un volumen de 1,706 m³/hora y al sistema SICA un riego intermitente, con 21 horas y un volumen de 1,693.8 m³/hora. La cantidad de agua empleada en cada turno riego fue: 341.6, 441.0, 425.7 y 497.7 m³, para el sistema convencional y 346.8, 436.6, 494.9, 415.6 m³ para el sistema SICA.

El manejo de malezas se realizó con métodos químicos, manuales y mecánicos. Al sistema SICA se le realizó un ciclo mecánico con la escarda, dos manuales y un ciclo químico con los siguientes herbicidas. Glifosato, 2-4-D, Rifit.

En el sistema Convencional se realizaron dos ciclos manuales y uno químico con los siguientes herbicidas: Glifosato, 2-4-D, Rifit.

Programa de fertilización para el sistema Convencional fue de 154.6 kg/ha de nitrógeno más 5 ciclos de fungicidas Calidan, Silvacur, Kasumin y 5 ciclos de insecticidas: Engeo, Reagen, Decis, Muralla, Debasofo.

Para el sistema SICA se aplicaron 176.8kg/ha de nitrógeno más 6 ciclos de fungicidas Calidan, Silvacur, Kasumin y 6 ciclos de insecticidas: Engeo, Reagen, Decis, Muralla, Debasofo.

3.2.10 Recolección y análisis de datos

Se realizaron evaluaciones periódicas de campo según las variables a estudiar y se completaran las matrices en Office Excel por variable. Los datos fueron tabulados y analizados estadísticamente con el programa InfoStat (2010) haciendo separación de media y prueba de Duncan al 5%. Los resultados de la investigación fueron presentados en tablas y figuras en el texto.

3.2.11 Análisis de muestra de suelo

Antes de la siembra se realizó un muestreo de suelo al azar por tratamiento y bloque, con un total de tres submuestras por bloque, para una muestra representativa y en total dos muestra por hectárea (Anexo 7.3)

3.2.12 Análisis de muestra de agua de riego

Se realizó un muestreo de las aguas utilizadas por el productor antes y después de la salida del predio en dos periodos, en el primer y último riego por tratamiento.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Componentes vegetativos del cultivo de arroz

4.1.1 Altura de plantas (cm) de arroz

Según el análisis de varianza (Anexo 7.8), no hubo diferencias estadísticas significativas ($p=0.9522$) entre los sistemas de producción de arroz comparados. El coeficiente de variación fue 2.46%. En consecuencia, no existe evidencia de que la altura de las plantas de arroz sea diferente entre ambos sistemas de producción. En el sistema convencional la altura de las plantas fue 85.8 cm y en el sistema intensivo del cultivo de arroz fue 85.87 cm (Anexo 7.9). Resultados similares fueron obtenidos por Martin *et al.* (2010), al evaluar el SICA en varias campañas de producción de arroz, independientemente de la densidad de población.

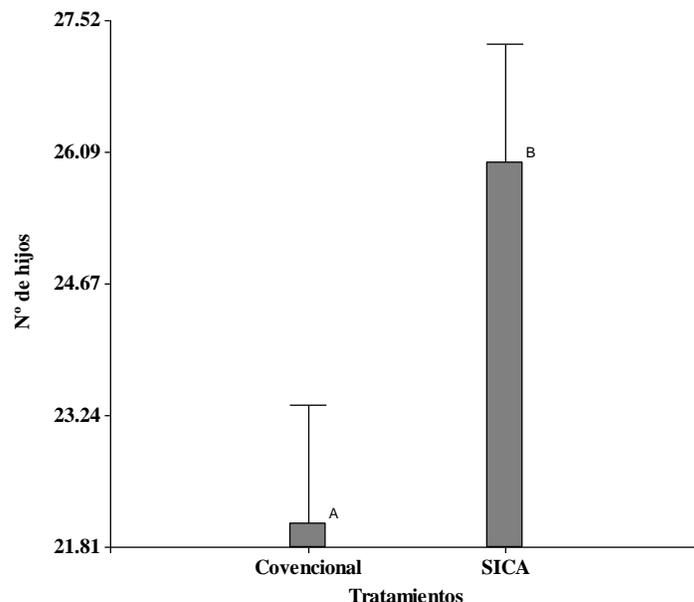
4.1.2 Número de hijos por macolla

Estudios fisiológicos refieren que el trasplante temprano de las plántulas de arroz antes de los 15 días puede expresar potenciales genéticos para incrementar el ahijamiento (Gil, 2008).

Según el análisis de varianza (Anexo 7.10), hubo diferencias estadísticas significativas ($p=0.0465$) entre los sistemas de producción de arroz comparados, para el ahijamiento de las plantas de arroz. El coeficiente de variación fue 18.55%. En el sistema convencional el número de hijos fue 22.07 y en el sistema intensivo del cultivo de arroz fue 25.98 (Figura 3 y Anexo 7.11).

Polón (1990), plantea que el cultivo del arroz sometido a una fuerte deficiencia de agua durante un período de días permitió ir elevando la temperatura del suelo gradualmente. Esta pudo ser una de las causas que permitió que las plantas ahijaran mucho más en la variante de SICA con respecto al sistema convencional. Para un buen macollamiento es recomendable que no haya lámina continua de agua en los primeros 20 días, sino que el suelo esté con

suficiente humedad para que este no se agriete. El agua permanente crea condiciones de suelos hipóxicos (carentes de oxígeno) para las raíces (Valdiviezo, 2007).



Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA). Medias con una letra común no son significativamente diferentes para Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

Figura 3. Número de hijos/macolla en plantas de arroz en dos sistemas de cultivo.

4.1.3. Plantas de arroz por metro cuadrado

Según el análisis de varianza (Anexo 7.12), no hubo diferencias estadísticas significativas ($p=0.3765$) entre los sistemas de producción de arroz comparados, para el número de plantas por metro cuadrado. El coeficiente de variación fue 13.32%. En el sistema convencional el número plantas por metro cuadrado fue 19.75 y en el sistema intensivo del cultivo de arroz fue 20.75 (Anexo 7.13). Es posible que, en el sentido de la densidad de plantas por área, la práctica del productor coincida con las recomendaciones del SICA.

4.1.4. Longitud de las raíces (cm) de la planta de arroz

Según el análisis de varianza (Anexo 7.14), hubo diferencias estadísticas significativas ($p=0.7180$) entre los sistemas de producción de arroz comparados, para la longitud de raíces. El

coeficiente de variación fue 7.18 %. En el sistema convencional la longitud de raíces fue 19.24 cm y en el sistema intensivo del cultivo de arroz fue 19.45 cm (Anexo 7.15).

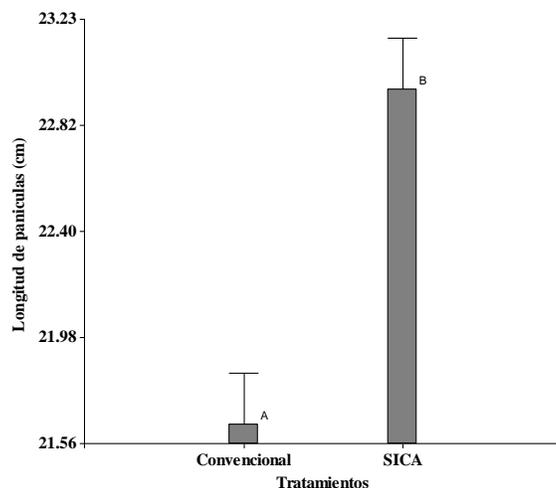
4.1.5. Peso de raíces (g) de la planta de arroz

Según el análisis de varianza (Anexo 7.16), hubo diferencias estadísticas significativas ($p=0.3231$) entre los sistemas de producción de arroz comparados, para el peso de raíces. El coeficiente de variación fue 31.48 %. En el sistema convencional el peso de raíces fue 17.06 gramos y en el sistema intensivo del cultivo de arroz fue 19.45 gramos (Anexo 7.17).

Martin *et al.* (2000), se plantean que la cantidad de hijos depende en gran medida del número de raíces que tenga la planta y viceversa, por lo que en este trabajo se pudo observar que, las plantas de SICA tuvieron masa radicular ligeramente mayor que el sistema convencional.

4.1.6. Longitud de las panículas de la planta de arroz

Según el análisis de varianza (Figura 4 y Anexo 7.18), hubo diferencias estadísticas significativas ($p=0.0002$) entre los sistemas de producción de arroz convencional e intensivo comparados, para la longitud de la panícula. El coeficiente de variación fue 3.12 %. En el sistema convencional la longitud de la panícula fue 21.63 cm y en el sistema intensivo del cultivo de arroz fue 22.96 cm (Figura 7 y Anexo 7.19). Como se puede observar, la longitud de panícula en ambos sistemas resultó ser la característica que presenta la variedad sembrada. La misma no fue afectada por ninguno de los sistemas de producción en estudio.



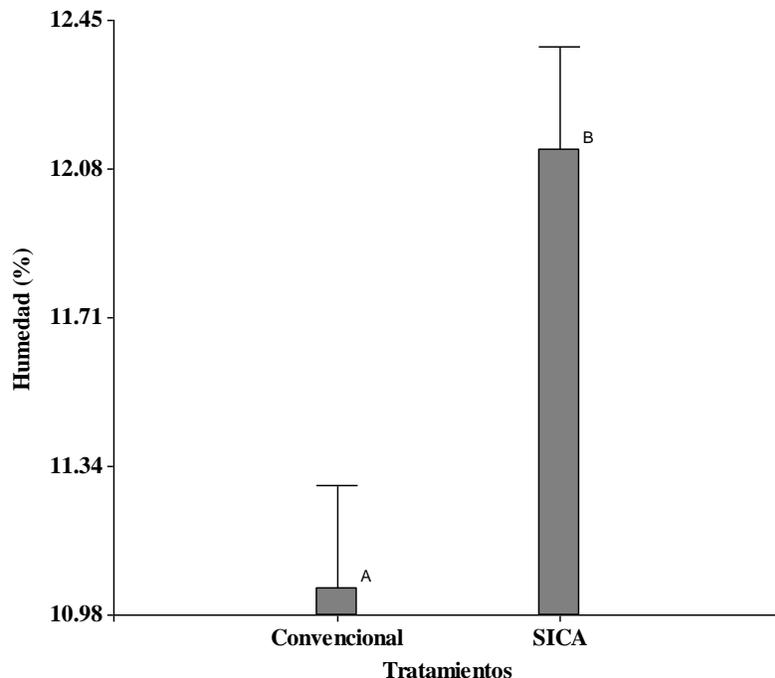
Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA). Medias con una letra común no son significativamente diferentes para Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

Figura 4. Longitud de panícula en arroz en dos sistemas de cultivo.

4.2. Componentes del rendimiento del cultivo de arroz

4.2.1. Humedad (%) del grano de arroz

Según el análisis de varianza (Figura 5 y Anexo 7.20), hubo diferencias estadísticas altamente significativas ($p= 0.0076$) entre los sistemas de producción de arroz convencional e intensivo de producción comparados, para la humedad (%) de los granos. El coeficiente de variación fue 7.59%. En el sistema convencional la humedad (%) fue 11.04 y en el sistema intensivo del cultivo de arroz fue 12.13 % (Figura 8 y Anexo 7.21).

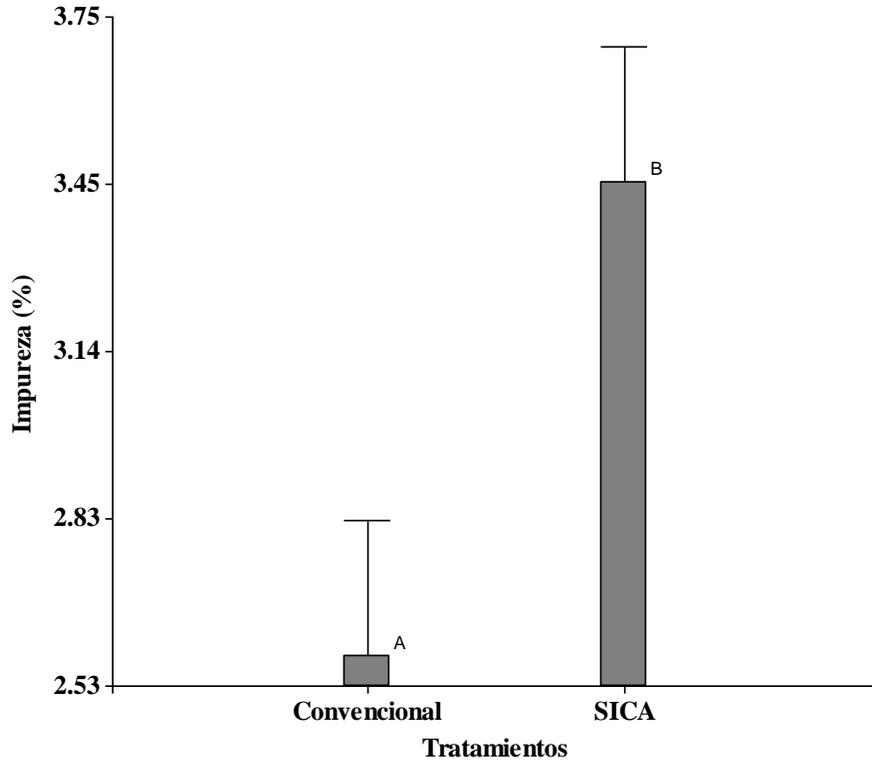


Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA). Medias con una letra común no son significativamente diferentes para Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

Figura 5. Humedad en % del grano de arroz en dos sistemas de cultivo.

4.2.2. Impureza (%) del grano de arroz

Según el análisis de varianza (Figura 6 y Anexo 7.22), hubo diferencias estadísticas significativas ($p= 0.0235$) entre los sistemas de producción de arroz convencional e intensivo comparados, para la cantidad de impurezas. El coeficiente de variación fue 28.28%. En el sistema convencional la impureza fue 2.58% y en el sistema intensivo del cultivo de arroz fue 3.45% (Figura 9 y Anexo 7.23).

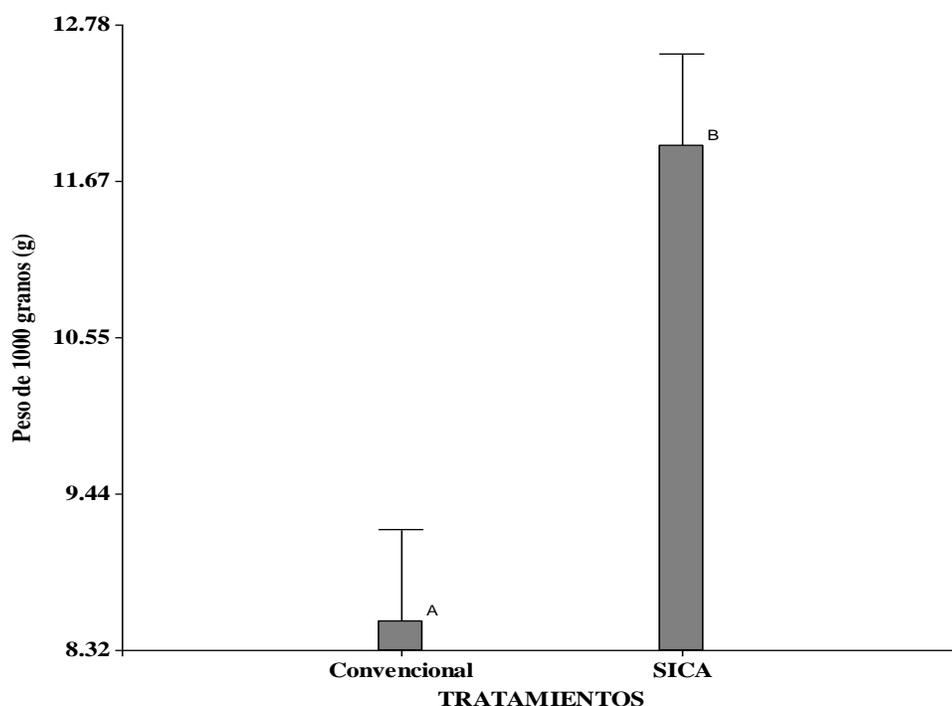


Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA). Medias con una letra común no son significativamente diferentes para Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

Figura 6. Impurezas del grano en arroz en dos sistemas de cultivo.

4.2.3. Peso de 1000 granos (g) de arroz

Según el análisis de varianza (Figura 7 y Anexo 7.24), hubo diferencias estadísticas significativas ($p= 0.0019$) entre los sistemas de producción de arroz comparados, para el peso de 1000 granos. El coeficiente de variación fue 22.20 %. En el sistema convencional el peso de 1000 granos fue 8.53 gramos y en el sistema intensivo del cultivo de arroz fue 11.92 gramos (Figura 10 y Anexo 7.25).



Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA). Medias con una letra común no son significativamente diferentes para Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

Figura 7. Peso de 1000 granos de arroz en dos sistemas de cultivo.

4.2.4. Número de granos llenos de arroz por panícula

Según el análisis de varianza (Anexo 7.26), no hubo diferencias estadísticas significativas ($p= 0.1878$) entre los sistemas de producción de arroz comparados, para el número promedio de granos llenos por panícula. El coeficiente de variación fue 8.15 %. En el sistema convencional el número promedio de granos llenos por panícula fue 118.50 y en el sistema intensivo del cultivo de arroz fue 113.08 (Figura 11 y Anexo 7.27).

4.2.5. Número de granos vanos de arroz por panícula

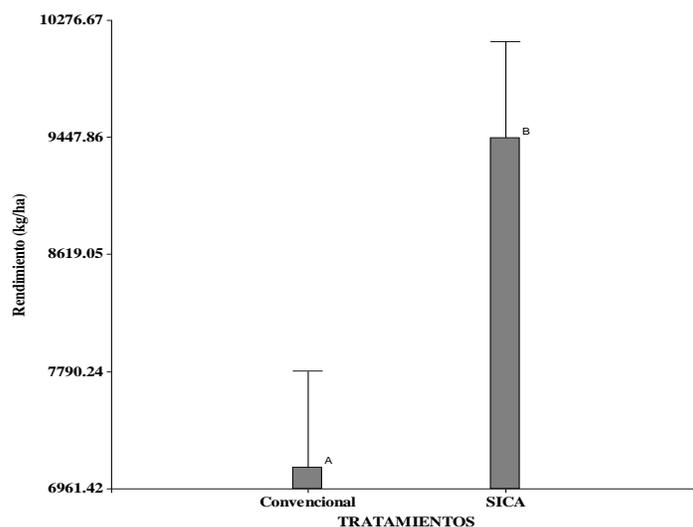
Según el análisis de varianza (Anexo 7.28), no hubo diferencias estadísticas significativas ($p= 0.1043$) entre los sistemas de producción de arroz comparados, para el número promedio de granos vanos por panícula. El coeficiente de variación fue 26.02 %. En este estudio no fue

posible estadísticamente determinar diferencias del vaneamiento entre ambos sistemas. En el sistema convencional el número promedio de granos vanos por panícula fue 32.83 y en el sistema intensivo del cultivo de arroz fue 39.42 (Figura 12 y Anexo 7.29).

4.2.6. Rendimiento (kg/ha) del arroz

El análisis estadístico (Figura 8 y Anexo 7.30) detectó diferencias estadísticas significativas ($p= 0.0280$) entre los sistemas de producción de arroz comparados, para la principal variable de comparación, el rendimiento por unidad de área. El coeficiente de variación fue 28.69 %. En el sistema convencional el rendimiento en kg/ha fue 7,112.12 y en el sistema intensivo del cultivo de arroz fue 9,440.41 (Figura 13 y Anexo 7.31).

La diferencia estadística, para el rendimiento de arroz, entre el SICA y el sistema convencional concuerda con algunos reportes comparativos entre el SICA y sistemas de producción tradicionales. En Ecuador, se reportaron rendimientos 3.8 veces mayores en el SICA respecto al sistema de siembra tradicional (SRI-Rice, 2015). Uphoff (2002), utilizando el SICA, conjuntamente con altos insumos agrícolas, reporta que se alcanzaron rendimientos de hasta 12 t.ha⁻¹.



Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA). Medias con una letra común no son significativamente diferentes para Prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

Figura 8. Rendimiento de arroz en dos sistemas de cultivo.

4.2.7 Análisis económico en los sistemas de arroz SICA y convencional

El costo de semilla certificada es de \$ 52.52 /kilo, una hectárea se sembró con 107.44 kg/ha de semilla con métodos tradicionales empleados por el agricultor en el trasplante, con un costo de \$ 5,642.75 dólares americanos. Por lo tanto el sistema SICA únicamente utiliza 6.76 kg/ha de semilla con un costo de \$355.03, teniendo un ahorro notable en la utilización de semilla. El SICA representa una ventaja de producción en comparación al sistema de trasplante convencional por la reducción (94 %) de la cantidad de semilla necesaria para alcanzar un nivel más alto de producción (Tabla 1).

El SICA mostró mayores rendimientos (25%), junto con ahorros significativos en el uso de semilla (hasta 94 %) y ahorros en costos en promedio de 17.15%

Al aplicar la fórmula del porcentaje de rentabilidad para ambos sistemas de producción de arroz, el resultado fue el siguiente:

$$\% \text{ de rentabilidad} = \frac{IT - CT}{CT} \times 100$$

Donde:

IT= Ingreso Total

CT= Costo Total

SICA

$$\% \text{ de rentabilidad} = \frac{IT - CT}{CT} \times 100 = \frac{155,760.00 - 46,559.86}{46,559.86} \times 100 = 234.54\%$$

Convencional

$$\% \text{ de rentabilidad} = \frac{IT - CT}{CT} \times 100 = \frac{117,315.00 - 56,199.42}{56,199.42} \times 100 = 108.75\%$$

Esto indica que la siembra de arroz por el sistema intensivo tiene un 54 % de rentabilidad mayor al sistema de siembra convencional.

Tabla 1*Análisis de costos e ingresos por hectárea*

Componente del costo	Sistemas de producción de arroz	
	SICA	SC
Fertilizante	18,735.58	19,248.88
Riego	915.84	940.93
Mano de obra		21,566.86
Semilla	355.03	5,642.75
Siembra	4,796.80	8,800.00
Costo Total	46,559.86	56,199.42
Rendimiento	9,440.41	7,112.12
Precio/t	16,500.00	
Ingreso Total	155,760.00	117,315.00

Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA).

4.2.8 Consumo de agua

A cada parcela se realizaron 5 ciclos de riego, con una inundación permanente al sistema convencional, durante 35 horas, con un volumen de 1,706 m³/hora y al sistema SICA un riego intermitente, con 21 horas y un volumen de 1,693.8 m³/hora. La cantidad de agua empleada en cada turno riego fue: 341.6, 441.0, 425.7 y 497.7 m³, para el sistema convencional y 346.8, 436.6, 494.9, 415.6 m³ para el sistema SICA.

Como en la República Dominicana no se paga por la cantidad de agua usada, sino que el cobro de este recurso está en función de la superficie (monto fijo por hectárea cultivada), los productores siempre pagan lo mismo sin importar la cantidad de agua que utilicen en el ciclo de cultivo. Si las normativas de riego cambian, el ahorro de agua en SICA estimularía a hacer mediciones puntuales en los lotes de producción, ya que se crearía una necesidad en este sentido. Por el momento, la situación no incentiva el ahorro de agua.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se evaluó el sistema de manejo de la plantación de arroz dado por el productor Hitler Fuerte en Ranchito, La Vega, en comparación con el sistema intensivo del cultivo de arroz SICA.

Se determinó la superioridad del rendimiento en kilogramos por hectárea del sistema SICA sobre la producción convencional en el cultivo de arroz. Los componentes del rendimiento con mayor contribución a este resultado fueron la longitud de panículas, la humedad e impureza de los granos de arroz y peso de mil granos, que fueron mayores en el SICA, respecto al sistema convencional.

El comportamiento y desarrollo de la variedad de arroz Quisqueya en los dos sistemas evaluados, fue similar en altura y enraizamiento, pero diferente en ahijamiento, con mayor número de hijos en el SICA.

Los costos de producción de la variedad de arroz Quisqueya en los dos sistemas (mano de obra, plaguicida, fertilizante, agua, semilla y cosecha), fue superior para el sistema de siembra convencional en comparación al SICA.

La relación costo-beneficio fue 234.54% para el sistema intensivo de producción de arroz (SICA) y para el sistema convencional 108.75%. Esto resultó en un porcentaje de rentabilidad 54% mayor del SICA sobre el sistema convencional.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar otros ensayos en la zona de Ranchito con los otros sistemas de siembra: SICA, trasplante y voleo, etc., para confirmar resultados de rendimiento y variables componentes, para determinar el rendimiento por hectárea de cada uno de los tratamientos.

Se necesita investigar el comportamiento de diferentes variedades de arroz utilizadas en el país y en la zona de estudio, sometidas a los sistemas de siembra estudiados.

Atendiendo a los resultados obtenidos se recomienda producir arroz utilizando el sistema intensivo de producción (SICA), debido a menores costos de producción, menor consumo de agua, mayor rendimiento y mayor beneficio neto.

6. LITERATURA CITADA

- Acevedo, M.A., Castrillo W.A. y Belmonte U.C. 2006. Origen, Evolución y Diversidad del Arroz.
- Arthur, J. 2015. Experiencias del SRI en República Dominicana. Santo Domingo, República Dominicana, IICA. 35 p.
- Bernis F. y Pamies B. 2006. Economía de arroz: Variedades y mejoras.
- CEI-RD. 2010. Perfil Económico del Arroz Sitio Internet. Disponible en: www.ceird.gov.do/estudios_economicos/estudios_productos/perfiles/arroz. Consultado el 10 de noviembre del 2017.
- De Laulanié, H. 2011. Intensive Rice Farming in Madagascar. *Tropicultura* 29(3):183-187.
- FONTAGRO. 2016. Sitio Internet. Disponible en: <http://www.sririce.org>. Consultado el 16 de octubre del 2017.
- Gil, J.V. (2008). Cultivo de arroz sistema intensificado Sica-sri en Ecuador: experiencia dedicada a los pequeños agricultores de arroz. [En línea] FUNDEC, 2008. 68 p. [Consultado 5-2018] Disponible en: <http://ciifad.cornell.edu/SRI/countries/ecuador/EcuGilLibroCultivodiArroz08.pdf>.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR). Marzo 2016. Informe final Proyecto de Transferencia Tecnológica del Sistema Intensivo del Cultivo Arrocerero (SICA) para la Disminución del Vaneamiento y Aumento de la Competitividad del Arroz en la República Dominicana, Santo Domingo.
- InfoStat (2010). InfoStat, versión 2010. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina. S/np.
- Martín, Y.; Soto, F.; Rodríguez, Y.E.; y Morejón, R. 2010. El sistema intensivo de cultivo del arroz (SICA) disminuye la cantidad de semillas para la siembra, aumenta los rendimientos agrícolas y ahorra el agua de riego. *Cultivos Tropicales*, vol. 31, no. 1, p. 70-73.
- Maqueria, L. A., Torres, W.W., Díaz, G y Torres, K. 2003. Efecto del Sistema Intensivo en el Cultivo del arroz (SICA) sobre algunas variables del crecimiento y el rendimiento en una variedad de ciclo corto. Disponible en: <http://www.actaf.co.cu/revistas/revista->

grano/Revista%20en%20PDF%20(Vol%2010%20No%202)/trabajo3.pdf. Consultado el 3 de noviembre del 2017.

Ministerio de Agricultura. 2016a. El cultivo de arroz. Sitio Internet. Disponible en: <http://www.agricultura.gob.do/perfiles/los-cereales/el-arroz/>. Consultado 12 de octubre del 2017.

Ministerio de Agricultura. 2016b. Estadísticas Agropecuarias. Disponible en: <http://www.agricultura.gob.do/estadisticas/siembra-cosecha-produccion-y-rendimientos/>. Consultado el 25 de octubre del 2017.

Ministerio de Agricultura. 2014. Estadísticas Agropecuarias. Disponible en: <http://www.agricultura.gob.do/estadisticas/siembra-cosecha-y-produccion-agropecuaria/>. Consultado el 08 noviembre del 2017.

Moquete, C. 2004a. Generalidades del Cultivo de Arroz en la República Dominicana, Santo Domingo, DO. Primera edición. 57 p.

Moquete, C. 2004b. Guía Técnica, El cultivo de Arroz. Disponible en en: <http://es.slideshare.net/xescobar/genarroz-jaragua>. Consultado el 15 de noviembre del 2017.

Rojas, F.C. 2012. Características E Importancia Del Sector Arroceros En La República Dominicana. FRC Economía Y Consultoría Sectorial. República Dominicana, Santo Domingo, Do.

Pérez, R. 2002. Siembra Intensiva del arroz. Departamento de Coordinación y Asesoría de Proyectos. Consejo de Iglesias de Cuba. 7p.

Polón, R. 1990. Impacto nacional en el incremento del rendimiento agrícola, economizar agua de riego y energía en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) como consecuencia del estrés hídrico. XVI Fórum de Ciencia y Técnica, 1990. [Consultado 9-2009]. Disponible en: <http://www.forumcyt.cu/UserFiles/forum/Textos/0109604.pdf>.

Styger, E. 2009. System of Rice Intensification (SRI): producing more rice with less inputs, 3 years of experience from Mali. SRI International Network and Resources Center (SRI-RICE). Cornell University. New York.

SRI-Rice. 2015. System of Rice Intensification - Ecuador. Recuperado 26 de junio de 2018, disponible en: <http://sri.cals.cornell.edu/countries/ecuador/index.html>.

- SRI-Rice .2014a. Censuses and estimates of areas and farmers in SRI system. Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development. Cornell University. New York.
- SRI Rice. 2014b. The System of Crop intensification. Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development. Cornell University. New York.
- Uphoff, N. 2014. Revising Agronomic and Socio-economic Paradigms for Crop Improvement: Findings from SRI Research Globally. Research Workshop on System of Rice Intensification. Wageningen University and National Consortium on SRI. New Delhi. India.
- Uphoff, N. 2002. El Sistema Intensivo del Cultivo Arrocero: ¿una oportunidad para mejorar la producción de arroz en América Latina? En Memorias del 2do Encuentro Internacional del Arroz; 10 al 12 de Julio del 2002. Palacio de las Convenciones de La Habana, Cuba. p 23-28.
- Valdiviezo, F.E. 2007. Manejo y necesidades de agua en el cultivo de arroz. INIAP. E.E. Boliche. Manual No. 66. Guayaquil, EC. pp. 33-39.

7. ANEXO

Anexo 7.1. Cronograma de Ejecución.

Actividades*	2016			2017					2018		
	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A
Elaboración propuesta de tesis	■										
Recolección de informaciones bibliográficas	■	■	■								
Preparación anteproyecto de tesis			■	■							
Preparación semillero			■	■							
Preparación de suelo			■	■							
Marcado de ensayo en campo			■	■							
Identificación de bloques y parcelas			■	■							
Siembra			■	■							
Aplicación de riego			■	■	■	■					
Control de plagas y enfermedades			■	■	■	■	■				
Registro de informaciones de campo	■	■	■	■	■	■	■				
Cosecha								■			
Tabulación de datos									■		
Análisis de datos										■	
Preparación de informe de tesis									■	■	
Entrega de tesis											■

O=Octubre, N=Noviembre, D=Diciembre, E=Enero, F=Febrero, M=Marzo, A=Abril, M=Mayo, J=Junio, J=Julio, A=Agosto.

*El ensayo se desarrolló entre enero y mayo de 2017 fase de campo.

Anexo 7.2. Presupuesto.

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Total RD\$
Visita de reconocimiento del área del estudio.	Día/h	20	1,000.00	20,000.00
Visita para explicación del ensayo al productor seleccionado	Día/h	1	1,000.00	1,000.00
Gastos de tesis y actividades de campo		1	25,000.00	25,000.00
Encuadernación	Unidad	1	5,000.00	5,000.00
Total General				51,000.00

Día/h=Días/hombres; los gastos de la tesis serán cubiertos por el IDIAF.

Anexo 7.3. Análisis se suelo antes de la siembra.

FERTILIZANTES QUIMICOS DOMINICANOS, S.A.
 Departamento Técnico
 Laboratorio de Análisis Agrícola
 Reporte de Análisis de Suelos

FERQUIDO
 Cliente: Idiat - Fontagó, SRL
 Solicitante: Ardió Pérez
 Cultivo: Arroz
 Zona: Puente Camú, Rancho, La Vega
 Fecha: Mayo 11, 2017
 File: Idiat-AB11817
 Caja: 17-20

MOLAB	IDENT.	Relación 1:2										%										ppm									
		ph	Ca	Mg	K	Na	H	Al	Cl	CaMg	Mg/K	Ca+Mg/K	PSCa	PSK	PSNa	PSAl	Fe	Mn	Cu	Zn	P	% MO	VVI								
AB118-17	SRI	5.4	5.9	0.32	21.09	18.54	0.52	0.38	0.20	38.74	1.3	31.5	71.7	54.4	42.7	1.4	1.0	0.5	186.5	47.9	18.0	6.3	2	4.90	0.96						
AB118-17	Com:	6.0	6.4	0.70	25.95	18.17	0.58	0.80	0.00	43.51	1.8	27.8	72.3	50.0	37.3	1.3	1.4	0.0	258.5	57.0	15.0	6.7	2	5.04	1.01						
Rango Desirable*		5.7	5.5-7.5	< 0.75	3.5-30	1.5-10	0.5-2.0	< 2.0	< 0.5	7-40	2-8	3-12	10-40	60-85	10-30	3-7	< 5	< 10	10-100	10-40	3-15	3-15	20-50	3-7							

* Estos son rangos generales y se le ofrecen solo como una información general. La interpretación, y en consecuencia, el programa de fertilización, produce muchos otros factores a considerar.
 • Establezca suelos con los contenidos de humedad y aireación. Mantenga adecuada humedad y aireación. Cultive siempre con la asesoría de un técnico agrícola a nivel de campo.



Anexo 7.4. Estadísticas regionales de la producción de arroz Enero- Junio (2016).

Región	Siembra Cantidad (Ta)	Cosecha Cantidad (Ta)	Producción Cantidad (QQ/Ta)
Norte	22,401	8,787	48,379
Nordeste	846,168	681,640	3,553,287
Noroeste	412,648	194,150	979,131
Norcentral	251,259	222,361	1,305,780
Central	19,212	9,410	40,250
Sur	-	-	-
Suroeste	45,333	2,948	16,599
Este	23,374	20,804	93,359
Total	1,620,396	1,140,100	6,036,784

Fuente: Tomada de Ministerio de agricultura (2016b); Ta= tareas; QQ/Ta= Quintales/tareas;

Anexo 7.5. Producción y rendimiento de arroz a nivel mundial.

País	Producción (tm)	Rendimiento (kg/ha)
Mundo	592.873.253	3.863
China	190.389.160	6.241
India	135.000.000	3.027
Indonesia	51.000.000	4.426
Vietnam	32.000.000	4.183
Bangladesh	29.856.944	2.852
Tailandia	23.402.900	2.340
Myanmar	20.000.000	3.333
Japón	11.750.000	6.528
Brasil	10.940.500	3.010
Filipinas	12.500.000	3.205
USA	8.692.800	6.963
Rep. de Corea	7.270.500	6.880
Colombia	2.100.000	4.773
Perú	1.664.700	5.549
Venezuela	737.000	4.913

Fuente: Infoagro.com. tm= Tonelada métrica; kg/ha= Kilogramo/hectárea.

Anexo 7.6. Superficie Sembrada y Cosechada, Volumen de Producción y Rendimiento por Tarea, 2014-2015.

Área sembrada, cosechada, rendimiento y producción de arroz/Años							
2014				2015			
Área sembrada (Ta)	Área cosechada (Ta)	Rend (QQ/Ta)	Prod (QQ)	Área sembrada (Ta)	Área cosechada (Ta)	Rend (QQ/Ta)	Prod (QQ)
2,616,440	2,594,197	4.52	11,729,081	2,571,143	2,571,143	4.66	11,981,526

Fuente: Ministerio de Agricultura (2016b). Rend= Rendimiento; Prod= Producción. *Nota:* Ta=tareas; QQ/Ta= Quintales/tarea.

Anexo 7.7. Costos de producción de arroz en República Dominicana.

Producto	Unidad	Rend. QQ/Ta	Insumos	Prep. Tierra.	Mano de Obra	Semilleros	Otros	Costo/ Total/Ta	Costo/ Unidad
Arroz Trasplante	Fanega	4.03	3,154.70	1,613.90	2,300.05	221.58	517.6	7,807.84	1,680.67
Arroz Directo	Fanega	3.93	3,154.70	1,775.00	1,835.84	0	480.4	7,245.90	1,843.74

Fuente: Ministerio de Agricultura (2016b); Ta= Tareas; Rend QQ/Ta= Rendimiento quintales/tareas; Prep. Tierra= Preparación de tierra; El costo total de producción de arroz por trasplante es 7,807.84, costo total por arroz directo es 7,245.90 (Tabla 4).

Anexo 7.8. Análisis de la varianza para altura de plantas (cm).

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Altura de plantas (cm)	24	0.65	0.52	2.46

Análisis de varianza para Altura de plantas (cm) (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	138.72	6	23.12	5.18	0.0034
Repeticiones	17.93	3	5.98	1.34	0.2945
Tratamientos	0.02	1	0.02	3.7E-03	0.9522
Muestreo	120.77	2	60.38	13.54	0.0003
Error	75.83	17	4.46		
Total	214.55	23			

n= Tamaño de la muestra; R²= Coeficiente de determinación del modelo; R²Aj= Coeficiente de determinación ajustado; CV= Coeficiente de variación; SC= Suma de cuadrado; gl= grados de libertad; CM= Cuadrado medio y F= fcalculada y p-valor= Valor probabilístico.

Anexo 7.9. Comparación de medias para altura de plantas (cm) entre sistemas de producción de arroz.

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
SC	85.81	12	0.61	A
SICA	85.87	12	0.61	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$). Test: Duncan Alfa=0.05. Error: 4.4605, gl: 17; n= tamaño de muestra; E.E= Error experimental. Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA).

Anexo 7.10. Análisis de la varianza para número de hijos.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Número de hijos	24	0.50	0.32	18.55

Análisis de varianza para Número de hijos (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	338.66	6	56.44	2.84	0.0419
Repeticiones	160.84	3	53.61	2.70	0.0782
Tratamientos	91.53	1	91.53	4.61	0.0465
Muestreo	86.29	2	43.14	2.17	0.1444
Error	337.48	17	19.85		
Total	676.14	23			

n= Tamaño de la muestra; R²= Coeficiente de determinación del modelo; R²Aj= Coeficiente de determinación ajustado; CV= Coeficiente de variación; SC= Suma de cuadrado; gl= grados de libertad; CM= Cuadrado medio y F= fcalculada y p-valor= Valor probabilístico.

Anexo 7.11. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para el número de hijos.

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
SC	22.07	12	1.29	A
SICA	25.98	12	1.29	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$); Test: Duncan Alfa=0.05; Error: 19.8517, gl: 17; n= tamaño de muestra; E.E= Error experimental. Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA).

Anexo 7.12. Análisis de la varianza para plantas/m².

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Plantas por m ²	24	0.49	0.32	13.32

Análisis de varianza para plantas por m² (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	120.83	6	20.14	2.77	0.0459
Repeticiones	114.83	3	38.28	5.26	0.0094
Tratamientos	6.00	1	6.00	0.82	0.3765
Muestreo	0.00	2	0.00	0.00	>0.9999
Error	123.67	17	7.27		
Total	244.50	23			

n= Tamaño de la muestra; R²= Coeficiente de determinación del modelo; R²Aj= Coeficiente de determinación ajustado; CV= Coeficiente de variación; SC= Suma de cuadrado; gl= grados de libertad; CM= Cuadrado medio y F= fcalculada y p-valor= Valor probabilístico.

Anexo 7.13. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para planta/m².

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
SC	19.75	12	0.78	A
SICA	20.75	12	0.78	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$); Test: Duncan Alfa=0.05; Error: 7.2745, gl: 17; n= tamaño de muestra; E.E.= Error experimental. Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA).

Anexo 7.14. Análisis de la varianza para la variable longitud de raíces (cm).

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Longitud de raíces (cm)	24	0.64	0.51	7.18

Análisis de Covarianza para Longitud de raíces (cm) (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	58.30	6	9.72	5.03	0.0039
Repeticiones	39.47	3	13.16	6.81	0.0032
Tratamientos	0.26	1	0.26	0.13	0.7180
Muestreo	18.57	2	9.29	4.81	0.0221
Error	32.82	17	1.93		
Total	91.13	23			

n= Tamaño de la muestra; R²= Coeficiente de determinación del modelo; R²Aj= Coeficiente de determinación ajustado; CV= Coeficiente de variación; SC= Suma de cuadrado; gl= grados de libertad; CM= Cuadrado medio y F= fcalculada y p-valor= Valor probabilístico.

Anexo 7.15. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para la variable longitud de raíces (cm).

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
SC	19.24	12	0.40	A
SICA	19.45	12	0.40	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$); Test: Duncan Alfa=0.05; Error: 1.9309, gl: 17; n= tamaño muestra; E.E.= Error experimental. Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA).

Anexo 7.16. Análisis de la varianza para la variable peso de raíces (g).

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Peso de raíces (g)	24	0.57	0.42	31.48

Análisis de varianza para la variable peso de raíces (g) (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	739.44	6	123.24	3.73	0.0149
Repeticiones	608.22	3	202.74	6.14	0.0051
Tratamientos	34.20	1	34.20	1.04	0.3231
Muestreo	97.02	2	48.51	1.47	0.2580
Error	561.46	17	33.03		
Total	1300.90	23			

n= Tamaño de la muestra; R²= Coeficiente de determinación del modelo; R²Aj= Coeficiente de determinación ajustado; CV= Coeficiente de variación; SC= Suma de cuadrado; gl= grados de libertad; CM= Cuadrado medio y F= fcalculada y p-valor= Valor probabilístico

Anexo 7.17. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para variable peso de raíces (g).

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
SC	17.06	12	1.66	A
SICA	19.45	12	1.66	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$); Test: Duncan Alfa=0.05; Error: 33.0271, gl: 17; n= tamaño muestra; E.E.= Error experimental. Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA).

Anexo 7.18. Análisis de la varianza para la variable longitud de panícula (cm).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud de panícula (cm)	24	0.63	0.50	3.12

Análisis de Covarianza para longitud de panícula (cm), (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13.89	6	2.32	4.79	0.0049
Repeticiones	1.63	3	0.54	1.12	0.3675
Tratamientos	10.53	1	10.53	21.79	0.0002
Muestreo	1.73	2	0.86	1.79	0.1973
Error	8.22	17	0.48		
Total	22.11	23			

n= Tamaño de la muestra; R²= Coeficiente de determinación del modelo; R²Aj= Coeficiente de determinación ajustado; CV= Coeficiente de variación; SC= Suma de cuadrado; gl= grados de libertad; CM= Cuadrado medio y F= fcalculada y p-valor= Valor probabilístico.

Anexo 7.19. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para la variable longitud de panícula (cm).

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
SC	21.63	12	0.20	A
SICA	22.96	12	0.20	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$); Test: Duncan Alfa=0.05; Error: 33.0271, gl: 17; n= tamaño muestra; E.E.= Error experimental. Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA).

Anexo 7.20. Análisis de la varianza para humedad %.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Humedad %	24	0.54	0.38	7.59

Análisis de varianza para humedad % (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15.43	6	2.57	3.33	0.0236
Repeticiones	7.62	3	2.54	3.29	0.0076
Tratamientos	7.07	1	7.07	9.15	0.0462
Muestreo	0.73	2	0.37	0.47	0.6302
Error	13.14	17	0.77		
Total	28.57	23			

n= Tamaño de la muestra; R²= Coeficiente de determinación del modelo; R²Aj= Coeficiente de determinación ajustado; CV= Coeficiente de variación; SC= Suma de cuadrado; gl= grados de libertad; CM= Cuadrado medio y F= fcalculada y p-valor= Valor probabilístico.

Anexo 7.21. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para humedad.

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
SC	11.04	12	0.25	A
SICA	12.13	12	0.25	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$); Test: Duncan Alfa=0.05; Error: 33.0271, gl: 17; n= tamaño muestra; E.E.= Error experimental. Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA).

Anexo 7.22. Análisis de la varianza para impureza %.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Impureza %	24	0.63	0.50	28.28

Análisis de varianza para impureza % (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20.82	6	3.47	4.77	0.0051
Repeticiones	13.41	3	4.47	6.14	0.0235
Tratamientos	4.51	1	4.51	6.19	0.0051
Muestreo	2.90	2	1.45	1.99	0.1668
Error	12.38	17	0.73		
Total	33.19	23			

n= Tamaño de la muestra; R²= Coeficiente de determinación del modelo; R²Aj= Coeficiente de determinación ajustado; CV= Coeficiente de variación; SC= Suma de cuadrado; gl= grados de libertad; CM= Cuadrado medio y F= fcalculada y p-valor= Valor probabilístico.

Anexo 7.23. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para impureza %.

Tratamientos	Medias	N	E.E.	
SC	2.58	12	0.25	A
SICA	3.45	12	0.25	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$); Test: Duncan Alfa=0.05; Error: 33.0271, gl: 17; n= tamaño muestra; E.E.= Error experimental. Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA).

Anexo 7.24. Análisis de la varianza para la variable peso de 1000 granos (g).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de 1000 granos (g)	24	0.53	0.36	22.20

Análisis de varianza para peso de 1000 granos (g), (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	98.27	6	16.38	3.18	0.0281
Repeticiones	25.91	3	8.64	1.68	0.2098
Tratamientos	69.24	1	69.24	13.43	0.0019
Muestreo	3.13	2	1.56	0.30	0.7424
Error	87.61	17	5.15		
Total	185.88	23			

n= Tamaño de la muestra; R²= Coeficiente de determinación del modelo; R²Aj= Coeficiente de determinación ajustado; CV= Coeficiente de variación; SC= Suma de cuadrado; gl= grados de libertad; CM= Cuadrado medio y F= fcalculada y p-valor= Valor probabilístico.

Anexo 7.25. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para la variable peso de 1000 granos (g).

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
SC	8.53	12	0.66	A
SICA	11.92	12	0.66	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$); Test: Duncan Alfa=0.05; Error: 33.0271, gl: 17; n= tamaño muestra; E.E.= Error experimental. Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA).

Anexo 7.26. Análisis de la varianza para la variable número de granos llenos por panícula.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Número de grano llenos por panícula	24	0.42	0.21	9.93

Análisis de varianza para número de grano llenos por panícula (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1584.83	6	264.14	2.02	0.1183
Repeticiones	632.50	3	210.83	0.74	0.2229
Tratamientos	96.00	1	96.00	1.62	0.4030
Muestreo	856.33	2	428.17	3.28	0.0624
Error	2219.00	17	130.53		
Total	3803.83	23			

n= Tamaño de la muestra; R²= Coeficiente de determinación del modelo; R²Aj= Coeficiente de determinación ajustado; CV= Coeficiente de variación; SC= Suma de cuadrado; gl= grados de libertad; CM= Cuadrado medio y F= fcalculada y p-valor= Valor probabilístico.

Anexo 7.27. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para variable número de grano llenos por panícula.

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
SC	113.08	12	3.30	A
SICA	117.08	12	3.30	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$); Test: Duncan Alfa=0.05; Error: 33.0271, gl: 17; n= tamaño muestra; E.E.= Error experimental. Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA).

Anexo 7.28. Análisis de la varianza para la variable número de granos vanos por panícula.

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Número de granos vanos por panícula	24	0.33	0.09	26.02

Análisis de varianza para número de granos vanos por panícula (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	741.17	6	123.53	1.40	0.2715
Repeticiones	408.13	3	136.04	2.94	0.2404
Tratamientos	260.04	1	260.04	1.54	0.1043
Muestreo	73.00	2	36.50	0.41	0.6680
Error	1501.46	17	88.32		
Total	2242.63	23			

n= Tamaño de la muestra; R²= Coeficiente de determinación del modelo; R²Aj= Coeficiente de determinación ajustado; CV= Coeficiente de variación; SC= Suma de cuadrado; gl= grados de libertad; CM= Cuadrado medio y F= fcalculada y p-valor= Valor probabilístico.

Anexo 7.29. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para variable número de granos vanos por panícula.

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
SC	32.83	12	2.71	A
SICA	39.42	12	2.71	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$); Test: Duncan Alfa=0.05; Error: 33.0271, gl: 17; n= tamaño muestra; E.E.= Error experimental. Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA).

Anexo 7.30. Análisis de la varianza para la variable Rendimiento (kg/ha).

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	24	0.36	0.13	28.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	53802828.5	6	8967138.1	1.590	0.2103
Tratamientos	32525792.2	1	32525792.2	5.767	0.0280
Bloques	16356051	3	5452017.0	0.967	0.4312
Muestreo	4920985.33	2	2460492.7	0.436	0.6535
Error	95879960.4	17	5639997.7		
Total	149682789	23			

n= Tamaño de la muestra; R²= Coeficiente de determinación del modelo; R²Aj= Coeficiente de determinación ajustado; CV= Coeficiente de variación; SC= Suma de cuadrado; gl= grados de libertad; CM= Cuadrado medio y F= fcalculada y p-valor= Valor probabilístico.

Anexo 7.31. Comparación de medias entre sistemas de producción de arroz, para rendimiento (kg/ha).

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
SC	7112.12	12	685.57	A
SICA	9440.41	12	685.57	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$); Test: Duncan Alfa=0.05; Error: 33.0271, gl: 17; n= tamaño muestra; E.E.= Error experimental. Sistema Convencional (SC) y el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA).

Anexo 7.32. Álbum de fotografías.



Los tesisistas en labores de siembra.



Germinador de semillas de arroz.



Plantas de arroz listas para trasplante.



Trasplante mecanizado de arroz SICA.



Planta en sistema convencional (A). Plantas de arroz en sistema SICA (B).



Uso de aforador para medir el riego.



Uso de regla para medir riego con uso de aforador.



Plantación de Convencional (A) y SICA (B).



Cosecha de arroz en los tratamientos.



Midiendo la espiga del ñ arroz en campo.



Midiendo el Sistema radicular del arroz en campo.



Evaluando los granos llenos y los vanos.



SICA



Convencional



Punto de muestreo