

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLA**

**“VALIDACIÓN DEL SISTEMA INTENSIVO DEL CULTIVO DE ARROZ (SICA)  
(*Oryza sativa L.*) EN SUELOS ULTISOLES DE DOS COMUNIDADES DE LA  
PROVINCIA DE PANAMÁ OESTE”**

**DIANA ISABEL MADRID GUERRERO**

**8-938-126**

**PANAMÁ, PANAMÁ**

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2023**

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLA**

**“VALIDACIÓN DEL SISTEMA INTENSIVO DEL CULTIVO DE ARROZ (SICA)  
(*Oryza sativa L.*) EN SUELOS ULTISOLES DE DOS COMUNIDADES DE LA  
PROVINCIA DE PANAMÁ OESTE”**

**DIANA ISABEL MADRID GUERRERO**

**8-938-126**

**PANAMÁ, PANAMÁ**

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2023**

**"VALIDACIÓN DEL SISTEMA INTENSIVO DEL CULTIVO DE ARROZ (SICA)  
(*Oryza sativa* L.) EN SUELOS ULTISOLES DE DOS COMUNIDADES DE LA  
PROVINCIA DE PANAMÁ OESTE"**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERÍA AGRONÓMICA EN CULTIVOS TROPICALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIA  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**


**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEBE  
SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**APROBADO:**

**PROF.ING. LEANNE URRIOLA**

  
\_\_\_\_\_  
**DIRECTOR**

**PROF.ING. BELMA SOTO**

  
\_\_\_\_\_  
**ASESOR**

**PROF.ING. MARYLIS QUINTERO**

  
\_\_\_\_\_  
**ASESOR**

**PANAMÁ, PANAMÁ  
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2023**

## AGRADECIMIENTOS

Primero dándole gracias a Dios por darme la salud sobre todas las cosas, para poder culminar mis estudios, además de guiarme, iluminar mi camino y darme las fuerzas para seguir.

Le doy gracias a mi familia que de una manera u otra me apoyaron con sus palabras y buenos deseos. A mi madre **Emilia Guerrero Solís** gracias por nunca permitirme caer y siempre estabas para aconsejarme, a mi padre **Pedro Madrid Barría (Q.E.P.D.)** que desde el cielo me manda su bendición. A mi **esposo Daniel Torres** por su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento y por ser mi compañero en este camino.

Mis hermanos, amigos y compañeros, por el apoyo brindado y por compartir sus conocimientos.

Al **Ing. José Isaac Mejía** por el tiempo que me dedico, la paciencia que tuvo en enseñarme y por compartir sus conocimientos.

Profesora **Leanne Urriola** por aceptar ser la supervisora de mi trabajo, gracias por su tiempo brindado.

Para los profesores que fueron parte de mi formación en el tiempo académico, agradecida por sus conocimientos brindados.

Al Instituto De Innovación Agropecuario (**IDIAP**) por permitirme realizar mi trabajo de graduación, sus instalaciones y personal administrativo.

## **DEDICATORIA**

A DIOS por darme la fortaleza y a mis padres **Emilia Guerrero Solís** y **Pedro Madrid Barría (Q.E.P.D.)**, este logro es por ustedes con todo mi corazón se los dedico.

***DIANA I MADRID G.***

## RESUMEN

En Panamá, el sistema de siembra convencional o tradicional tiene altos costos de producción, los cuales repercuten en el costo final del producto cosechado. Existen otros sistemas de producción que mejorarían la sustentabilidad del cultivo, tal es el caso del sistema intensivo del cultivo de arroz. Este estudio tuvo como objetivo comparar los sistemas de siembra convencional (al voleo) versus los sistemas de trasplante (sistema intensivo del cultivar arroz (SICA), en la productividad de la variedad IDIAP FL 069-18, realizado en el área de La Chorrera, Panamá Oeste. Se empleó el diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones. En el sistema de siembra convencional se sembró al voleo semillas previamente hidratadas. En el sistema intensivo de cultivo de arroz se utilizaron plántulas de 12 días de edad y se sembró a 0.25x0.25m. Los mayores rendimientos se obtuvieron en el sistema intensivo del cultivo de arroz, que rindieron 3.86 t/ha, 3.60 t/ha y 3.76 t/ha respectivamente. El sistema convencional alcanzó los menores rendimientos con 3.28 t/ha, 3.37 t/ha y 2.44 t/ha respectivamente. El sistema intensivo del cultivo de arroz fue manejado con una metodología diferente al del tradicional que usan los campesinos, aplicando bioinsumos, también abonos de síntesis química dependiendo los resultados del muestreo de suelo. Los resultados obtenidos indican que los sistemas de siembra directa son opciones viables para reemplazar, progresivamente, al sistema tradicional o al voleo.

**Palabras clave:** sistema convencional, arroz, rendimientos, trasplante, intensificado, productores.

## ABSTRACT

In Panama, the conventional or traditional planting system has high production costs, which impact the final cost of the harvested product. There are other production systems that would improve the sustainability of the crop, such as the intensive rice cultivation system. This study aimed to compare conventional sowing systems (broadcast) versus transplant systems (intensive rice cultivation system (SICA), in the productivity of the variety IDIAP FL 069-18, carried out in the area from La Chorrera, Panama Oeste. The complete randomized block design was used, with three repetitions. In the conventional sowing system, previously hydrated seeds were broadcast broadcast. In the intensive rice cultivation system, 12-day-old seedlings were used. age and was planted at 0.25x0.25m. The highest yields were obtained in the intensive rice cultivation system, which yielded 3.86 t/ha, 3.60 t/ha and 3.76 t/ha respectively. The conventional system achieved the lowest yields with 3.28 t/ha, 3.37 t/ha and 2.44 t/ha respectively. The intensive rice cultivation system was managed with a different methodology than the traditional one used by farmers, applying bioinputs, also chemical synthesis fertilizers depending the results of soil sampling. The results obtained indicate that direct sowing systems are viable options to progressively replace the traditional or broadcast system.

**Keywords:** conventional system, rice, yields, transplant, intensified, producers.

# INDÍCE GENERAL

## Tabla de contenido

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2 ANTECEDENTES</b> .....	<b>5</b>
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>1.4 OBJETIVOS</b> .....	<b>8</b>
1.4.1 OBJETIVO GENERAL:.....	8
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	8
1.5 HIPÓTESIS.....	8
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	9
<b>2. REVISIÓN LITERARIA</b> .....	<b>10</b>
2.1. Taxonomía y morfología .....	10
2.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL ARROZ.....	11
2.3. ORIGEN .....	12
2.4. DESCRIPCIÓN DE LA VARIEDAD .....	12
2.5. FENOLOGÍA.....	13
2.6. FLORACIÓN.....	13
2.7. MADURACIÓN.....	13
2.8. RENDIMIENTO DE GRANO.....	14
2.9. RENDIMIENTO DE MOLINERÍA Y CALIDAD CULINARIA.....	14
2.10. RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL CULTIVO.....	15
2.11. SUELOS ULTISOLES.....	17
2.12. DISTRIBUCIÓN DE LOS ULTISOLES EN PANAMÁ.....	18
2.13. Caracterización de los suelos.....	19
2.15. Propiedades físicas del suelo.....	19
2.16. AGRICULTURA FAMILIAR.....	24

2.16. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE ARROZ EN PANAMÁ.....	25
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
3.1. Ubicación de los ensayos.....	27
3.2. TRATAMIENTOS EVALUADOS .....	27
3.3. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS EVALUADOS.....	28
<b>3.4 MANEJO AGRONÓMICO .....</b>	<b>30</b>
3.4.1. PREPARACIÓN DE SUELO .....	30
3.4.2. SIEMBRA.....	30
3.4.3. FERTILIZACIÓN.....	31
3.4.4. MANEJO DE MALEZAS.....	32
3.4.5. RIEGO.....	32
3.4.6. COSECHA.....	33
<b>3.5. VARIABLES EVALUADAS .....</b>	<b>34</b>
3.5.1. VARIABLE DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO .....	35
3.6. VARIABLES DE RENDIMIENTO .....	37
<b>3.7. EVALUACIÓN DE ENFERMEDADES.....</b>	<b>39</b>
3.7.1. Pyricularia de la hoja (BI), Pyricularia en el cuello de la panícula y nudos (NBI)..	39
3.7.2. Añublo de la vaina (SHB).....	40
<b>3.7.3. VARIABLES EVALUADAS EN EL SUELO.....</b>	<b>41</b>
<b>3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>44</b>
3.8.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	45
<b>4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>46</b>
4.1. variable de crecimiento y desarrollo .....	46
4.1.1. Número de macollamiento.....	46
4.1.2. Altura de la planta (Ht).....	48
4.1.3. Acamé (Lg) .....	49
4.1.4. Vigor (Vg) .....	49
4.1.5. Floración.....	50
4.2. Variables Componentes de rendimiento.....	52
4.2.1. Números de panícula (Lp) .....	52
4.2.2. Longitud de panícula (LP).....	52
4.2.3. Número de granos llenos por panícula (Grllp).....	53
4.2.4. Peso de 1000 granos por muestras (P1000G).....	53

4.2.5. Peso fresco y porcentaje de humedad del grano .....	54
4.2.6. Rendimiento (T/ha).....	55
4.2.7. Enfermedades.....	57
A. Pyricularia de la hoja (BI), Pyricularia en el cuello de la panículas y nudos (NBI). 57_Toc152958250	
B. Añublo de la vaina (SHB).....	59
<b>4.3. Caracterización del suelo .....</b>	<b>61</b>
<b>5. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>64</b>
<b>6. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>66</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
CUADRO I.	CLASIFICACIÓN DE LOS ESTADOS FENOLÓGICOS DEL CULTIVO DE ARROZ.....	34
CUADRO II.	ESCALA PARA EVALUAR VIGOR EN PLANTAS DE ARROZ.....	35
CUADRO III.	ESCALA PARA EVALUAR ACAME EN PLANTAS DE ARROZ.....	36
CUADRO IV.	ESCALA PARA EVALUAR DE ENFERMEDADES EN PLANTAS DE ARROZ .....	40
CUADRO V.	ESCALA PARA EVALUAR ENFERMEDADES EN PLANTAS DE ARROZ ....	41
CUADRO VI.	COMPARACIÓN DE LOS VALORES MEDIOS PARA LA VARIEBLE DE MACOLLAMIENTO.....	47
CUADRO VII.	COMPARACIÓN DE LOS VALORES MEDIOS PARA LA VARIABLE ALTURA DE LA PLANTA. ....	48
CUADRO VIII.	COMPARACIÓN DE DIAS DE FLORACIÓN EN SISTEMAS DE SIEMBRA APLICADOS.....	51
CUADRO IX.	CUADRO DE COMPARACIÓN DE DIAS DE MADURACIÓN EN SISTEMAS DE SIEMBRA APLICADOS .....	51
CUADRO X.	COMPARACIÓN DE LOS VALORES MEDIOS PARA LA VARIABLE DE NUMERO DE PANÍCULAS.....	52
CUADRO XI.	COMPARACIÓN DE LOS VALORES MEDIOS PARA LA VARIABLE DE RENDIEMINTO PARA EL SISTEMA INTENSIVO DEL CULTIVO DE ARROZ. ....	55
CUADRO XII.	COMPARACIÓN DE LOS VALORES MEDIOS PARA LA VARIABLE DE RENDIEMINTO PARA EL SISTEMA CONVENCIONAL O TRADICIOANAL DEL CULTIVO DE ARROZ.....	56
CUADRO XIII.	COMPARACIÓN DE LOS VALORES MEDIOS PARA LA ENFERMEDADES MAS COMUNES EN EL CULTIVO DE ARROZ.....	57
CUADRO XIV.	COMPARACIÓN DE LOS VALORES MEDIOS PARA LA ENFERMEDADES MAS COMUNES EN EL CULTIVO DE ARROZ.....	59
CUADRO XV.	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL SUELO LAS PAVAS.....	62
CUADRO XVI.	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL SUELO LAS ZANGUENGA.....	63
CUADRO XVII.	COSTO DE DOS SISTEMAS DE SIEMBRA PARA 100 M <sup>2</sup> .....	75
CUADRO XVIII.	RESULTADOS DEL USO DE AGUA DE LOS SISTEMAS PARA COMPARAR LA CANTIDAD USADA. ....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
FIGURA 1:	Bandeja de semillero de arroz en SICA.....	29
FIGURA 2:	Semillero de arroz en sistema convencional, pre-hidratado .....	30
FIGURA 3:	Abonamiento con fertilizante 12-24-12 .....	31
FIGURA 4:	Arroz después de la cosecha.....	33
FIGURA 5:	Toma de altura de la planta .....	36
FIGURA 6:	Conteo de 1000 granos .....	38
FIGURA 7:	Bosquejo de melgas de arroz .....	44
FIGURA 8:	Macollamiento de plantas en parcela SICA .....	47
FIGURA 9:	Planta muy vigorosas en sistema SICA .....	50
FIGURA 10:	Parcelas de arroz.....	56
FIGURA 11:	<i>Pyricularia oryza</i> , en plantas de arroz.....	58
FIGURA 12:	Rhizoctonia solani en plantas de arroz .....	60
FIGURA 13:	Grafica de la encuesta a productores .....	73
FIGURA 14:	Grafica de la encuesta a productores .....	74
FIGURA 15:	Preparación de semilleros para sistema convencional con los productores .....	76
FIGURA 16:	Preparación de semilleros para SICA, con los productores .....	76
FIGURA 17:	Cosecha de arroz en el sistema convencional.....	77
FIGURA 18:	Cosecha de arroz en el SICA .....	77
FIGURA 19:	Preparación de melgas .....	78
FIGURA 20:	Capacitación con estudiantes del IPT México-Panamá .....	78
FIGURA 21:	Capacitación con productores.....	79
FIGURA 22:	Capacitación con productores y siembra de arroz .....	79
FIGURA 23:	Insumos utilizados para la elaboración de insecticidas orgánico .....	80
FIGURA 24:	Bioinsecticidas NEEM+BALO .....	80
FIGURA 25:	conteo de mil granos.....	81
FIGURA 26:	Desmalezador manual .....	81
FIGURA 27:	siembra al voleo de sistema convencional.....	82

## 1. INTRODUCCIÓN

Panamá es uno de los países del área centroamericana con mayor consumo de arroz del alrededor de 72 kg per cápita. (Vergara O, *et al*, 2011). Contribuyendo con el 24% de la ingesta calórica diaria promedio del panameño (Valdés, 2016).

El arroz es uno de los alimentos indispensables en la dieta del panameño, en consecuencia, su producción tiene gran importancia a nivel social, política, económica y, sobre todo en lo relacionado con la seguridad alimentaria del país. (MIDA, IICA 2009)

La agricultura de América Latina y el Caribe es uno de los sectores más vulnerables al cambio climático. En estas regiones el arroz es un grano básico de mucha importancia en ALC (América latina y el caribe) con más de 5,3 millones de hectáreas cultivadas, en su mayoría por pequeños productores. El aumento en la variabilidad climática está afectando y afectará la disponibilidad de agua y, en consecuencia, la producción de arroz. Es preciso disponer de sistemas de producción de arroz que sean más eficientes y amigables con el ambiente, para asegurar su competitividad y sostenibilidad frente al cambio climático (FAO, 2020).

Como alternativa tecnológica para enfrentar estos desafíos, se ha desarrollado el Sistema Intensivo de Cultivo Arrocero (SICA, por sus siglas en inglés), que consiste en un conjunto de prácticas agrícolas climáticamente inteligentes que promueven el desarrollo de sistemas radicales para resistir ciertos factores, además de aumentar los rendimientos por Ha.

Este sistema ha sido validado en más de 50 países de África, Asia y ALC (américa latina y el caribe), incluyendo a Panamá; obteniendo en muchos casos incrementos del 20% al 100% en rendimiento, hasta un 90% de ahorro de semilla y 50% de ahorro en el consumo de agua (FONTAGRO, 2020).

El Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz, es una metodología agroecológica que pretende intensificar el manejo del arroz, disminuir el agua de riego y el 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).

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).

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Debido a la problemática que ha generado el cambio climático, sobre diversos sistemas de producción, se hace necesario innovarnos con la implementación de nuevas técnicas que aseguren la producción de alimentos en diferentes zonas del área de nuestro país

La producción de una mayor cantidad de alimentos, con un menor uso de recursos (agua) e insumos, y ante los nuevos escenarios que presente el cambio climático, contribuye a promover la búsqueda de metodología de producción que ayude a alcanzar estos objetivos. Es así que la metodología SICA es fundamental en el incremento de productividad y sustentabilidad del arroz en América Latina y el Caribe. Esta metodología, ha sido probada en más de 50 países, en su mayoría asiáticos y africanos, en climas más bien tropicales, en donde la presión de producción de arroz tiene más demanda por su alto consumo (FLAR, 2019).

Este sistema ha permitido incrementar rendimientos y reducir el uso de agua y agroquímicos en la producción, contribuyendo al desarrollo de una agricultura más sustentable y permitiendo el desarrollo de plantas más resistentes a las afectaciones del cambio climático. Tanto en Panamá, Chile y Venezuela, la metodología SICA se ha adaptado y validado a nivel experimental y en el caso de Panamá y Venezuela se ha validado a pequeña escala comercial (FLAR, 2019).

La implementación de este sistema, en dos comunidades de Panamá Oeste, permitirá ver la adaptación y rendimiento de este cultivo, en suelos Ultisoles. Además de contribuir con la agricultura familiar en esta área, demostrando que las nuevas

tecnologías son de ayuda para mitigar el desaprovechamiento del agua, como también para llegar a alcanzar un mayor producción en el cultivo de arroz.

Los suelos bajo estudio pueden presentar características que generarían afectaciones sobre el correcto desarrollo del cultivo, tal es el caso de la acidez que puede presentarse en ellos. La acidez de los suelos se origina a partir de la presencia de altos contenidos de iones ácidos como  $Al^{+3}$  e  $H^+$  que reducen el pH e incrementa el nivel de acidez intercambiable, que llega a afectar el crecimiento de las plantas y la fertilidad del suelo (Espinosa y Molina 1999).

La acidez afecta de forma significativa algunas de las características químicas y biológicas del suelo, reduce el crecimiento de las plantas y provoca la disminución de la disponibilidad de algunos nutrientes como Ca, Mg, K y P entre otros, aspecto que favoreció la proliferación de elementos tóxicos para las plantas como el Al, Fe y Mn (Bertsch. *et al*, 1998).

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 y enfrenta grandes retos sociales, económicos y medioambientales. Los desafíos a enfrentar requieren de una intervención innovadora, eficaz, multidimensional y multidisciplinaria (IICA, 2016)

## 1.2 ANTECEDENTES

La implementación del sistema de producción SICA, ha sido ampliamente desarrollada en diversas áreas del mundo. Es así que, en Madagascar, utilizando variedades locales y fertilizado con abonos orgánicos, lograron un rendimiento en las cosechas entre 5 y hasta 10 t/ha (IICA, 2016).

En 1999, en la Universidad Agrícola de Nanjing en China, se establecieron sistemas de producción utilizando el método SICA, en donde se obtuvo un rendimiento de 9 ton/ha con una reducción en las necesidades de agua de un 50%, para luego llegar a obtener rendimientos de hasta 12 t/ha en el 2001 (IICA, 2016).

En República Dominicana se inicia el establecimiento del método SICA en el año 2011. Obteniéndose 8,9 t/ha de rendimiento para la variedad IDIAF 3 y 8,4 t/ha para la variedad Juma 67. Además de ello se obtuvo una reducción de semillas del 74.82%, un incremento de macollamiento de 46.94%, incremento de panículas/m<sup>2</sup> de 27.21% y un incremento del rendimiento de 54.72%, para el mismo sistema (IICA, 2016).

En el trabajo de investigación por (Martini *et al*, 2010), 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. Así mismo, la suspensión del riego al cultivo por 21 días permitió ahorrar 3, 300 m<sup>3</sup>/ha de agua por campaña.

En trabajo realizado por (Maqueeira *et al*, 2003) Las plantas desarrolladas bajo el SICA mostraron superioridad en todas las variables de crecimiento analizadas, logrando 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.

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 SICA se ha experimentado en el Perú, obteniendo rendimientos de 11 t/ha-1, a distanciamientos entre golpes de 0.25x0.25m (Fernández, 2003).

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La creciente demanda alimentaria nos obliga a adaptar los sistemas de producción a zonas que naturalmente no presentan las condiciones de fertilidad necesarias para suplir las necesidades del cultivo. Es en ese sentido en donde la importancia de aplicar sistemas de producción como el SICA se vuelve vital, debido a los beneficios que el mismo ofrece. El objetivo de implementar este sistema en el área de Panamá Oeste, se centra en promover la producción de arroz en zonas que, aunque no presenta gran actividad arrocera, en un futuro podría adoptar prácticas agrícolas sostenibles, que contribuyan con la agricultura familiar de la zona, adaptándose a las características de los suelos presentes en el lugar.

Con el conocimiento adquirido se llevará a cabo la validación del SICA convencional, el cual emplea trasplante manual de las plántulas jóvenes de 10 a 12 días, el control de malezas mecanizado, también se implementa el uso de producto orgánicos para el control de plagas, se usó el NEEM a base de materias primas que tenemos a nuestro alrededor.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL:**

- Evaluar la productividad del cultivo de arroz, utilizando el sistema SICA, en suelos ultisoles de Panamá Oeste, y los beneficios generados a la producción de arroz en sistemas de la agricultura familiar.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Comparar los rendimientos obtenidos en suelos Ultisoles de Panamá Oeste, utilizando dos sistemas de siembra.
- Mostrar a los productores que el sistema intensificado del cultivo de arroz es una buena opción para producir mayor rendimiento en la producción del mismo.
- Evaluar el impacto en la productividad y rentabilidad del cultivo de arroz

## **1.5 HIPÓTESIS**

### **HIPÓTESIS Ha**

El sistema intensificado de arroz (SICA) presenta efectos positivos, sobre el rendimiento del cultivo, con respecto al sistema convencional.

### **HIPÓTESIS Ho**

El sistema intensificado de arroz (SICA) no presenta efectos positivos, sobre el rendimiento del cultivo, con respecto al sistema convencional.

## **1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES**

Esta investigación se centra en aumentar la productividad del cultivo de arroz en el área de Panamá oeste, con el fin de buscar la eficiencia de nuevas tecnologías en la agricultura, ya que muchos productores desconocen de este sistema.

Promover el uso de abonos orgánicos, aumentar la eficiencia en el uso del agua para riego (particularmente en el área de entre ríos donde se extrae agua de acuíferos).

En Panamá, el SICA fue validado por un período de tres años con 16 pequeños productores, reduciendo el consumo de agua y utilización de semilla, e incrementando significativamente los rendimientos en comparación a los sistemas tradicionales de fangueo, logrando hacer el sistema más atractivo e interesante para que evalúen los beneficios en su manejo y los resultados del mismo (FONTAGRO,2020).

Como limitaciones tenemos la falta de recursos para la ejecución de proyectos, ya que en muchas ocasiones las entidades carecen de capital para ayudar con insumos, mano de obra, asesoramiento técnico. Los fenómenos climáticos extremos sería una limitación grave en el planteamiento de dicho proyecto.

La acidez de los suelos Ultisoles podrían causar un bajo rendimiento de los cultivos no obstante se pueden utilizar enmiendas que permitan neutralizar la acidez, ya que son suelos que pueden ser útiles para la producción del cultivo de arroz, conociendo sus características, para posteriormente dar un manejo adecuado del mismo.

## 2. REVISIÓN LITERARIA

### 2.1. Taxonomía y morfología del arroz:

División : Embryophitas

Sub-división : Angiospermas

Clase : Monocotiledonea

Orden : Glumiflorales

Familia : Poaceae

Sub familia : Poacoidea

Tribu : Oryceae

Género : *Oryza*

Especie : *Oryza sativa* L. (ANGLADETTE, 1975)

El arroz (*Oryza sativa*. L), se inició a cultivar hace aproximadamente 10,000 años en numerosas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. 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 género *Oryza* incluye 23 especies, de las cuales solo dos son cultivadas, *Oryza sativa*, de origen asiático, y *Oryza glaberrima*, procedente del delta del río Níger, en África, restantes 21 especies son silvestres. 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, 2004).

## 2.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL ARROZ

El arroz es una planta herbácea cultivada en condiciones de permanente, inundación o seco. Formado por tallos en macolla, con sistema radicular principal adventicio, raíces delgadas, fibrosas, y fasciculadas. La planta, cuenta con 7-11 hojas durante la fase vegetativa, puede alcanzar una altura variable entre 80 y los 150 centímetros (Bernis y Pamies, 2016).

Su tallo es recto, cilíndrico, formado por alteraciones de nudos y entrenudos de diferente longitud, por 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).

El pH del suelo es una característica muy importante, ya que de esta propiedad dependen una serie de funciones que tienen relación con los cultivos, como lo son: la asimilación de nutrientes por los cultivos, el desarrollo de la microflora y la generación de iones que pueden resultar tóxicos para las plantas, como el aluminio. El suelo que tiene un pH entre 6 y 7 resulta ideal, ya que en este intervalo de pH tiene lugar la asimilación de casi todos los nutrientes por las plantas y además ocurre la mayor actividad biológica. Es así como el cultivo puede llegar a crecer y tener un adecuado desarrollo sin tener ningún estrés por el pH. También en valores de pH muy bajo está presente gran cantidad de aluminio cambiante, tóxico para los cultivos y en valores muy altos, predominando el catión sodio, que resulta dañino también (Bernal A. *et al*, 2015).

### **2.3. ORIGEN**

La variedad de arroz IDIAP FL 069-18 corresponde al pedigrí FL 08242-2P-5-1P1P-M. Esta línea fue introducida al país en el año 2009, en el vivero del fondo Latinoamericano para arroz de riego (VIOFLAR 2009) en generación F7, fue evaluada y seleccionada durante varios ciclos dentro del sistema de evaluación de cultivares del IDIAP a nivel nacional, que comprende los siguientes ensayos de valor agronómico y calidad de grano: evaluación en un sitio (2009), VIOIDIAP F8 (2010), ensayos de rendimiento (2012 a 2017), pruebas regionales bajo condiciones de riego y seco (2017), descripción varietal (2016) y respuesta varietal al ácaro *S. spinki* (Quirós, E. *et al*, 2019).

### **2.4. DESCRIPCIÓN DE LA VARIEDAD**

La variedad IDIAP FL 069-18 ha mostrado buena adaptabilidad en todas las localidades estudiadas. Posee características agronómicas favorables. Se caracteriza por tener un ciclo vegetativo intermedio de 114 a 120 días, desde la germinación hasta la cosecha. Presenta un buen vigor inicial, es de porte intermedio, con altura de planta que oscila entre 90 y 97 cm (Quirós, E. *et al*, 2019).

Las glumas del grano y ápice son de color verde, la cubierta del grano presenta vellos cortos con mayor concentración hacia la quilla, con hojas, tallos y vaina de color verde, pero con nudos y entrenudos de color verde amarillento. Las hojas son pubescentes y están cubiertas de muchos vellos cortos y poca sensación áspera al tacto y con posición de su segunda hoja y la hoja bandera de intermedia a semi-erecta. La lígula es de color blanquecino y de forma hendida. Posee alta capacidad de macollamiento entre 6 y 13 hijos. Mostró una longitud de panícula entre 19 y 30 cm, la densidad de

panículas es intermedia y presentan un desgrane difícil. La ejerción de la panícula es bien emergida. El largo del grano en la cáscara varía de 8 a 11 mm y 3 mm de ancho (Quirós E. *et al*, 2019).

## **2.5. FENOLOGÍA**

Es muy importante conocer las etapas fenológicas y morfológicas en el crecimiento de la planta, para así, poder realizar las labores agronómicas necesarias para el cultivo, ya que estas pueden ser afectadas con diversos factores bióticos y abióticos (Quirós E. *et al*, 2019).

## **2.6. FLORACIÓN**

El comienzo de la floración se marca con la salida de la panícula de la vaina de la hoja bandera. Las flores inician la antesis o floración en el tercio superior de la panícula. En los estudios de evaluación y en las diferentes localidades, la variedad IDIAP FL 069-18, registró su floración entre 83 y 88 días después de germinación (Quirós, E. *et al*, 2019).

## **2.7. MADURACIÓN**

Representa más del 80% de las espiguillas en la panícula. La cariósida o grano está completamente desarrollada en tamaño, su consistencia es dura y sin tonalidades verdosas. Ocurre aproximadamente en 12 días, según la variedad. Esta variedad registró maduración de grano entre 115 y 119 días después de la germinación (Quirós, E. *et al*, 2019).

## **2.8. RENDIMIENTO DE GRANO**

El rendimiento corresponde a muestras de varios años, procedentes de localidades extremas con alta incidencia de enfermedades, marcado estrés hídrico en secano favorecido, de suelos ácidos como la localidad de Calabacito en la provincia de Veraguas y de parcelas con buen rendimiento en la provincia de Darién; todos obtenidos sin control para enfermedades y plagas. En los cuatro años de evaluación, se obtuvo un rendimiento entre 3.1 y 3.9 t.ha-1 al 14% de humedad, con una estimación de 77.5 a 97.5 qq.ha-1 con humedad de campo. En el año de evaluación de los ensayos regionales, el rendimiento promedio fue de 4.4 t.ha-1 al 14% de humedad, con una estimación de 110 qq.ha-1 con humedad de campo, aproximadamente. La variedad IDIAP FL 069-18, siempre mantuvo un rendimiento por encima de la media general, superando o igualando el rendimiento de las variedades comerciales del IDIAP de uso actual. Mostró también una buena estabilidad y adaptabilidad en todas las zonas arroceras del país. Además, bajo las condiciones de los ensayos sin controles, logró obtener un rendimiento sobresaliente en las localidades de Soná (5.9 t.ha-1), Barú (6.5 t.ha-1) y Darién (7.5 t.ha-1), (Quirós, E. *et al*, 2019).

## **2.9. RENDIMIENTO DE MOLINERÍA Y CALIDAD CULINARIA**

Se determinó el rendimiento de molinería y calidad de grano, con los parámetros de rendimiento total (RT), porcentaje de granos enteros (GE), porcentaje de granos quebrados (GQ), porcentaje de granos tiza (TZ), centro blanco (CB), bajo metodologías establecidas en el Laboratorio de Calidad de Grano, en muestras procedentes de las localidades en estudio (Quirós, E. *et al*, 2019).

En los ensayos de rendimiento, la variedad IDIAP FL 069-18 presentó un buen porcentaje de rendimiento total entre 60.4 y 69.7% y de grano entero de 44.7 a 52.7%, porcentaje de granos quebrados entre 8.7 y 12%, arrocillo entre 2.8 y 5.4%. Un valor medio de centro blanco de 2 y granos tiza entre 7.9 y 12.4% (Quirós, E. *et al*, 2019).

## **2.10. RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL CULTIVO**

- **SELECCIÓN DEL TERRENO**

El cultivo de arroz requiere suelos con textura arcillosa o franco-arenosa, pesados, con pH mayor a 4.5 y con pendiente no mayor de 3%, esto sería óptimo para garantizar buena calidad de arroz. Los suelos aluviales favorecen al cultivo (Quirós, E. *et al*, 2019).

- **DENSIDAD DE SIEMBRA**

La cantidad de semilla que se requiere por hectárea, va a depender del método de siembra, del tipo de preparación del terreno, variedad y calidad de semilla. En condiciones de secano se recomienda utilizar de 114 a 136 kg ha<sup>-1</sup> de semilla certificada, lo que garantiza una población inicial de 300 plantas/m<sup>2</sup>. En los sistemas de riego se recomienda de 40 a 97 kg/ha<sup>-1</sup> de semilla certificada (Quirós, E. *et al*, 2019).

- **FERTILIZACIÓN**

Es necesario realizar un análisis de suelo previo, para efectuar una fertilización adecuada al cultivo. El laboratorio proporciona un estado nutricional del suelo e indica la cantidad necesaria de fertilizante a utilizar por hectárea. Se debe aplicar una fórmula completa al momento de siembra y fraccionar el fertilizante nitrogenado en partes

iguales, al inicio de macollamiento, al máximo macollamiento y al inicio del primordio floral. Se sugiere recurrir a muestreos y análisis foliares, para monitorear el nivel nutricional del cultivo y poder ejecutar ajustes de insuficiencia de algún nutriente, dependiendo de las condiciones específicas del suelo (Quirós, E. *et al*, 2019).

- **MANEJO Y CONTROL DE MALEZA**

Las malezas constituyen uno de los mayores problemas en el cultivo de arroz. Para su control es necesario el manejo integrado del cultivo, es decir, utilizar varias prácticas culturales, como: el empleo de semilla certificada, densidad de siembra adecuada, rotación de cultivos, nivelación del terreno, buena preparación del terreno, limpieza del equipo agrícola y el control químico mediante el uso de herbicida pre y post emergentes, aplicados solos o en mezclas, cuando la maleza tenga tres hojas o menos. Se recomienda efectuar el monitoreo periódico, con el objetivo de identificar el nivel de infestación, tipo y especie de maleza predominante en el cultivo (Quirós, E. *et al*, 2019).

- **MANEJO Y CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES**

Para el control y manejo de plagas y enfermedades, también se recomienda el manejo integrado, que incluye prácticas culturales, como: el uso de variedades resistentes y el control químico medurado, utilizando productos específicos, sustentados con el monitoreo periódico, lo cual permite conocer las variaciones en el nivel de incidencia, severidad y población de las principales plagas y enfermedades, que causen daños al cultivo, lo mejor es consultar un técnico agropecuario que haga las recomendaciones pertinentes (Quirós, E. *et al*, 2019).

- **COSECHA Y SECADO**

Para garantizar el máximo rendimiento del arroz en cáscara y de molinería, se debe cosechar cuando el 80% del cultivo tengan dobladas las panículas y por lo menos 2/3 de los granos maduros, con una humedad entre 20 y 25%. El manejo del grano durante esta etapa de secado es fundamental para conservar un buen rendimiento en molinería. Durante el proceso de secado, la temperatura del flujo de aire no debe exceder los 45° C. Es recomendable darle reposo al grano cada vez que la humedad es reducida en más de 5%. Las condiciones climáticas y de manejo del cultivo pueden variar la expresión de la mayoría de las características, específicamente en las enfermedades, donde es frecuente la aparición de nuevas razas de patógenos (Quirós, E. *et al*, 2019)

## **2.11. SUELOS ULTISOLES**

Los Ultisoles son los suelos más extensos en las tierras bajas de América tropical, se localizan en posiciones geomorfológicas viejas bajo vegetación de bosque y se caracterizan por presentar un horizonte Argílico de acumulación de arcilla, nivel de lavado y meteorización (CIAT, 1983).

En el suelo la eluviación y la iluviación son los procesos más importantes en el desarrollo del perfil, dándose el caso de acumulación de arcillas en horizontes profundos del perfil, y produciéndose una pérdida de arcillas en los horizontes superficiales (Buol, 2004).

Los suelos presentes en la zona de estudio son típicos de las zonas tropicales. El clima húmedo y las temperaturas altas durante el año han sometido estos suelos a

procesos de lixiviación o lavado de sus bases intercambiables a través del perfil. Estos suelos se han desarrollado bajo la influencia de las condiciones climáticas imperantes a partir de un material parental casi uniforme de rocas ígneas, extruidas, basálticas, andesíticas de la formación Tucué (CICH, 2007).

## **2.12. DISTRIBUCIÓN DE LOS ULTISOLES EN PANAMÁ**

En Panamá, la importancia de los suelos Ultisoles radica que representan, a nivel del trópico latinoamericano, el 20% con una extensión estimada en 320 millones de hectáreas, cubriendo más del 40% del territorio nacional. Los Ultisoles predominan en toda la costa Atlántica de Colón, Veraguas y Bocas del Toro, también ocupan extensiones del sur de Chiriquí, Veraguas y en la zona central de Panamá y Panamá Oeste (Name. *et al.* 2004).

De suelos en el distrito de La Chorrera destacando principalmente los Oxisoles luego le siguen en importancia los Inceptisoles y Entisoles (CATAPAN, 1970) & (AED, 2004).

Los Ultisoles se encuentran en áreas planas y onduladas geomorfas, muy estables, desarrollados a partir de material sedimentario del mioceno, bajo régimen climático húmedo, en donde las precipitaciones medias anuales oscilan entre 2515 y 2974 mm. Estos suelos presentan un intenso proceso de translocación de las arcillas, que se manifiesta en horizontes argílicos muy desarrollados, presentan estructuras en bloques angulares y subangulares, de color rojo amarillento, pardo rojizo o pardo oscuro, medianamente profundos a profundos, con horizontes pobremente marcados, de drenaje pobre, de buena permeabilidad y bajo contenido de materia orgánica, medianamente ácidos a muy ácidos y con contenidos bajos de bases intercambiables

y de nutrientes, lo que determina una baja fertilidad natural pobre productividad agrícola (Jaramillo. *et al*, 1991).

### **2.13. Caracterización de los suelos**

Los suelos del área de estudio se caracterizaron tomando cinco muestras del perfil del suelo de un sitio representativo del área de estudio.

El horizonte superficial es un horizonte alterado por el arado se considera un (Ap), ha sido arada hasta una profundidad de 20 cm, la textura que domina es Arcillosa, presenta una densidad aparente de  $1.25 \text{ g/cm}^3$  y el agua útil está a 0.28 m.

El Horizonte (Bt1), es un horizonte argilico presenta un incremento en el contenido de Acilla de 42 a 73%, textura Arcillosa y una densidad Aparente de  $1.22 \text{ g/cm}^3$  y el agua útil a 0.64 m.

El horizonte (Bt2), con un espesor de (0.55-1.10 m), presenta una textura Arcillo Limosa, una densidad aparente de  $1.33 \text{ g/cm}^3$  y agua útil a 0.96 m.

Horizonte (Bt3), tiene un espesor de (1.10 -1.60 metros), textura Arcillosa y una densidad aparente de  $1.31 \text{ g/cm}^3$ .

Horizonte (C), espesor de (1.40 – 1.60 metros), presenta una textura Franco Arcillosa y una densidad aparente de  $1.44 \text{ g/cm}^3$  (Valdez,2017).

### **2.15. Propiedades físicas del suelo**

Las propiedades físicas del suelo se refieren a la forma como se observa, o se comporta el suelo en procesos que no implican modificaciones químicas sobre el comportamiento del cultivo. Estas propiedades son la textura, estructura, densidad

real, densidad aparente, profundidad, color, porosidad, estabilidad de los agregados, infiltración (Black *et al*, 1965).

#### **a) Textura**

Se refiere al porcentaje de fracciones granulométricas arena, limo y arcilla que presente el suelo y se clasifica según la clase textural que predomine de acuerdo al sistema que se utilice.

Debido a la presencia del horizonte argílico, los Ultisoles tienen mayores contenidos de arcilla, los Ultisoles tienen mayores contenidos de arcilla en el subsuelo y frecuentemente tienen una textura franca sobre un subsuelo arcilloso (CIAT,1983).

#### **b) Estructura**

Se denomina estructura del suelo a la manera en la que las partículas del suelo se encuentran agrupadas en conjunto de formas estables.

La forma de agregar las partículas del suelo en unidades de mayor tamaño y al espacio vacío asociado a ellas. Entre los tipos de estructuras están la laminar, prismática, bloques angulares, granulares (Baver *et al*, 1973)

#### **c) Densidad aparente**

Es la densidad de un volumen de suelo tomado tal como aparece en el perfil del terreno, en este volumen se incluyen no solo las partículas del terreno, sino también los espacios de aire y materiales orgánicos.

Blake (1965) la describe como la relación entre la masa de los sólidos y el volumen que estos ocupan, incluyendo el espacio poroso entre las partículas sólidas.

#### **d) Densidad Real**

Es la densidad de las partículas del suelo, determinada en una muestra de suelo homogeneizada. En un suelo de composición media, la densidad real tiene un valor aproximado de 2,65 g por centímetro cúbico.

Blake (1965) señala que la densidad real corresponde a la relación entre masa de las partículas sólidas del suelo y el volumen que estas ocupan excluyendo el volumen del espacio poroso que existe entre las partículas sólidas.

#### **e) Profundidad**

La profundidad se refiere al impedimento del suelo al crecimiento de las raíces (Baver *et al*, 1973), (Narro, 2004) y (Brady & Weil, 2013)

La mayoría de los Ultisoles tienen perfiles profundos y bien desarrollados con una transición difusa entre horizontes y no presentan impedimentos físicos para el crecimiento radical (CIAT, 1983).

#### **f) Color**

El color es una propiedad física que se encuentra relacionada con la capacidad de absorción de la radiación solar. La coloración del suelo, se debe a los elementos cromógenos que lo generan como el humus que resulta en suelos de color café oscuro y los compuestos de hierro o arcilla que generan los colores rojos, pardo y grises. Baver *et al* (1973), Narro (2004) y Brady y Weil (2013)

#### **g) Porosidad**

Se define como el porcentaje de volumen real de suelo que está ocupado por espacios de aire. Puede calcularse a partir de la relación entre densidad aparente entre densidad real.

En los Ultisoles el espacio poroso es menor y la densidad aparente mayor, debido a la ausencia de estructura granular y se comportan mejor en cuanto a sus características de retención de humedad (CIAT,1983).

Blake (1965) la describe como la relación entre la masa de los sólidos y el volumen que estos ocupan, incluyendo el espacio poroso entre las partículas sólidas.

#### **h) Estabilidad de los agregados**

La agregación del suelo es el proceso mediante el cual sus partículas primarias, arena, limo y arcilla, se unen formando unidades secundarias, agregados, debido a la acción de fuerzas naturales y a sustancias derivadas de exudados de las raíces y provenientes también de la actividad microbiana (Soil Science Society of America, 1997).

La estabilidad de la estructura, es una estimación de la capacidad del suelo para mantener la arquitectura de la fracción sólida y del espacio poroso cuando se someten a la acción de fuerzas originadas por la acción del agua o de esfuerzos mecánicos externos (Kay, 1990).

Los agregados del suelo están condicionados especialmente por la acción del agua como factor de degradación y por la cohesión en estado húmedo como factor de resistencia (Hénin et al,1958).

#### **l) pH del suelo**

El pH del suelo determina el grado de adsorción de iones ( $H^+$ ) por partículas del suelo indicando si un suelo es ácido o alcalino. También se considera el principal indicador

de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influye en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo. En áreas con alta precipitación, los cationes básicos tienden a filtrarse del perfil del suelo; además, los suelos desarrollados en estas áreas tienen concentraciones más altas de materia orgánica, que contienen componentes y residuos ácidos. Por lo tanto, estos suelos tienden a tener valores de pH disminuidos y son de naturaleza ácida. Los suelos en áreas áridas no sufren tal lixiviación, y las concentraciones de materia orgánica son más bajas. Además, el agua tiende a evaporarse en tales áreas, permitiendo que se acumulen sales. Estos suelos son, por lo tanto, alcalinos, con valores de pH más altos. El pH del suelo afecta la solubilidad de los productos químicos debido a que influye en el grado de ionización de los componentes del suelo. Clasificación de suelo de acuerdo al pH: Acido >5.5, neutro 6-8, alcalino >8.5 (Pepper & Brusseau, 2019).

## **2.16. AGRICULTURA FAMILIAR**

El concepto de pequeños productores se traslada, sin ser igual, con otros conceptos: con el de la agricultura familiar (donde la mayoría sustantiva de la fuerza de trabajo la aporta la familia, reduciendo los costos de transacción unitario de la fuerza de trabajo); con el de agricultores de tiempo parcial (en que el responsable dedica una parte sustancial de su tiempo a otras actividades) o con el de agricultura de subsistencia (unidades deficitarias que producen fundamentalmente granos básicos). Cada uno de estos tres suele ser calificado, con poca o ninguna evidencia, como “no viables”. En particular, la agricultura de subsistencia suele contrastarse absurdamente con la agricultura comercial a pesar de que la primera -aunque generalmente adversa al riesgo-suele estar bajo intensas presiones para actuar comercialmente para su sobrevivencia (Lipton, 2005).

Para la clasificación de la agricultura familiar, FAO/BID consideraron tres categorías: Agricultura familiar de subsistencia (AFS) en la que predomina el autoconsumo, el empleo extra parcelario agrícola y no agrícola, y una tendencia a la “descomposición y asalarización”. Agricultura familiar en transición (AFT), con mayores recursos agropecuarios para el autoconsumo y la venta, que si bien son suficientes para la reproducción de la unidad familiar no alcanzan para generar excedentes para una reproducción ampliada (FAO/BID, 2007).

## **2.16. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE ARROZ EN PANAMÁ**

Panamá es uno de los países del área centro americana con mayor consumo per cápita de arroz, uno de los alimentos indispensables en la dieta del panameño. En consecuencia, su producción tiene gran importancia a nivel social, político, económico y sobre todo en lo relacionado con la seguridad alimentaria del país (IICA y MIDA, 2009).

En el arroz la producción de granos está en función del potencial genético del cultivar y de las condiciones ambientales (manejo). La fertilización se considera una práctica fundamental para obtener mayores rendimientos de granos, los requerimientos del cultivo van según las condiciones y características del sistema de producción (Acevedo et al 2006).

Un total de 75,939.3 hectáreas de arroz se han sembrado a nivel nacional, lo que representa el 84 % de lo programado anual (90,000 Ha), detalla un informe de la Dirección Nacional de Agricultura del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), sobre el avance de preparación de suelo y siembra de arroz mecanizado (MIDA, 2022).

Además, se reportó la cosecha de 13,515.1 ha, con la participación de 358 productores, lo que representan el 17.8 % de la superficie sembrada (75,939.3 Ha), para una producción de 1,474, 665 qq. húmedos y sucios, con un rendimiento total de 109 qq/Ha (MIDA,2022).

Hasta el momento del total sembrado, la provincia de Chiriquí registra el mayor porcentaje de siembra con un 3.94 % (18,154.1 Ha con 536 productores), y le siguen en orden descendente Panamá Este, con 19.4 % (14,741.3 Ha de 138 productores),

Veraguas con 14.4 % (10,899.7 Ha de 173 productores), Coclé 13.4 % (10,200.9 Ha de 212 productores), Los Santos 12.9 % (9,762.7 Ha de 179 Productores), Darién con 11.6 % (8,776.9 Ha con 81 productores), Herrera 4.3 % (3,252.4 Ha de 48 productores) y Panamá Oeste 0.2 % (151.5 Ha de 2 productores) (MIDA, 2022)

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación de los ensayos**

La primera localización de este ensayo se dio en los terrenos pertenecientes a la finca de los hermanos Pérez Vargas, ubicada en la comunidad de Las Pavas, en el corregimiento de Cerro Cama, Distrito de La Chorrera, con coordenadas UTM 17P 621370.85 m Este y 1005570.23 m Norte. Según Holdridge el sitio experimental se encuentra dentro de la zona de vida correspondiente al bosque húmedo tropical (bh-T), con temperatura de 24- 26 °C y con una precipitación anual entre los 1,850 – 3,400 mm, distribuidos en siete meses, de mayo a noviembre (ANAM, 2010).

La segunda localización se da en los terrenos del IDIAP en la comunidad de Las Zanguengas, corregimiento de Herrera, Distrito de la Chorrera, específicamente en el Subcentro de Investigación e Innovación Agropecuaria y Forestal de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, con coordenadas UTM 17P 624405.76 m Este y 990689.90 m Norte. El área bajo estudio se encuentra en una zona de vida de Bosque Húmedo Tropical con precipitaciones anuales que oscilan entre 1850 y 3400mm y temperatura promedio anual de 26°C, y una altitud de 110 msnm. La vegetación corresponde a área de cultivo, sabanas, vegetación secundaria pionera, con un clima tropical de sabana (Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia, 1988)

#### **3.2. TRATAMIENTOS EVALUADOS**

El tratamiento se llevó a cabo con una variedad IDIAP-FL-069-18, línea que fue introducida al país en el año 2009, en el Vivero del Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (VIOFLAR 2009), en generación F7, y dos sistemas de siembra el sistema convencional y el SICA.

### 3.3. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS EVALUADOS

**SISTEMA INTENSIFICADO DEL CULTIVO DE ARROZ:** fue desarrollado en Madagascar durante los primeros años de la década de 1980 por el padre Henri de Laulanfe, un sacerdote Jesuita que pasó 30 años en ese país trabajando con los campesinos. Este sistema involucra el uso de ciertas prácticas de manejo que en conjunto proporcionan mejores condiciones de crecimiento para la planta de arroz, especialmente en la zona radicular, en comparación con las plantas cultivadas con métodos tradicionales. Este sistema crea condiciones que garantizan un mayor desarrollo del sistema radicular, ahijamiento y la obtención entre 30 a 80 panículas por plantas (Berkelaar, 2001).

Los cinco aspectos o prácticas relacionados con el cultivo de arroz trasplantando que el SICA modifica son:

- Las plántulas se trasplantan cuando solamente han emergido las primeras dos hojas verdaderas o tallo inicial, usualmente cuando tienen de 8-15 días. Se colocan las plántulas en tierra húmeda, casi de forma horizontal, más bien en forma de un “L”.
- Se trasplantan solo una mata por hueco en vez de dos, tres o más. De esta manera, se elimina cualquier competencia para que una sola planta de arroz pueda obtener los nutrientes disponibles en su área.
- las plántulas se siembran en un patrón cuadrado con mucho espacio entre ellas en todas las direcciones, el distanciamiento es 0.25 x 0.25 m
- Reducción del consumo de agua. En vez de mantener las parcelas inundadas durante la etapa vegetativa, se mantiene solo húmedas, nunca saturadas.

- El control de malezas se realiza de manera manual. Con el objetivo de añadir más oxígeno al suelo y a la vez eliminar cualquier competencia de las malas hierbas por los nutrientes, se realiza un desyerbe más antes de la formación de las panículas.



FIGURA 1: Bandeja de semillero de arroz en SICA.  
(Fuente: El Autor)

**SISTEMA CONVENCIONAL:** Este sistema requiere una preparación especial del terreno por melgas o compartimientos, para contener el agua y mantenerla al nivel deseado. Para esto se requiere la construcción de canales de drenaje (para drenar el terreno y controlar los niveles), construcción de diques, el terreno debe de estar bien nivelado y debe de contarse con una fuente de agua que asegure el suministro durante todo el tiempo que el cultivo lo requiera (Somarriba, 1998).



FIGURA 2: Semillero de arroz en sistema convencional, pre-hidratado

(Fuente: El Autor)

## **3.4 MANEJO AGRONÓMICO**

### **3.4.1. PREPARACIÓN DE SUELO**

Procedimos a medir el terreno buscando un lugar que fuera adecuado para la construcción de las melgas, medimos un cuadro  $100\text{ m}^2$  para cada uno de los tratamientos. Realizamos muros alrededor de la melga para la retención de agua con una profundidad de  $0.30\text{ m}$ , con la ayuda de un motocultor removimos el suelo dándole dos y tres pases, hicimos un encalado del terreno con Cal agrícola la cual nos ayuda a corregir la acidez excesiva del suelo esta resulta ser toxica para las raíces del cultivo, debido a que los suelo en el cual sembramos son suelos ultisoles y esta es una de sus características.

### **3.4.2. SIEMBRA**

La siembra se efectuó el día 1 y 12 de junio, la siguiente siembra se hizo el 11 y 27 de julio del 2022. Con buenas condiciones de humedad, el ensayo se realizó en un área total de  $600\text{ m}^2$ , contando cada parcela con  $100\text{ m}^2$  cada una. La siembra se

realizó al voleo en el sistema Convencional y 0.25 cm entre planta en el SICA. Con una cantidad de semilla 140 g para sistema convencional y 40 g para el SICA para cubrir los 100 m<sup>2</sup> de cada parcela.

Las semillas del sistema SICA se pusieron a germinar en bandejas de plástico de un tamaño de (0.3 m x 0.6 m x 0.03 m), con un sustrato de abono orgánico y suelo de aluvión, ya germinadas a los 12 a 14 ddg con ( tres o cuatros hojas verdaderas) se procedió hacer el trasplante, a una distancia de 0.25 cm entre planta y 0.25 cm entre hileras con una plantas por golpe, para una densidad de siembra de 160,000 plantas por ha<sup>-1</sup>, el trasplante de en suelo se realizó húmedo y luego a las 24 horas se aplicó una lámina de agua.

### 3.4.3. FERTILIZACIÓN

Aplicamos 12-24-12 (nitrógeno, fósforo y potasio) después de la siembra a razón de 1.15 kg por parcela.



FIGURA 3: Abonamiento con fertilizante 12-24-12

(Fuente: El Autor)

El arroz es exigente en nutrientes y por ende debe asimilar este elemento durante todo su ciclo vegetativo (Hernandes *et al*, 2010), El N es requerido para estimular el desarrollo radicular y promover aumentos de expresión de las plantas como macollamiento, número de panículas por área, número de espigas por panículas y masa de granos formados (Buzetti *et al*, 2006). Las aplicaciones fueron a los 20, 45 y 60 dds, urea al 46% N, a razón de 1.37 kg por parcela.

#### **3.4.4. MANEJO DE MALEZAS**

El control varió dependiendo de cada sistema utilizado, en el Sistema convencional se aplicó un herbicida NOMINE 40 SC a razón de 7.5 ml/5 lts de H<sup>2</sup>o en 100 m<sup>2</sup>, para el control de hoja ancha o angosta, este actúa de forma sistémica selectiva de post-emergencia siendo absorbido de forma foliar y radicular.

Para el SICA se realizó un manejo manual mecanizado utilizando un desyerbador, el cual se pasa entre las parcelas arrancando la maleza, se debe inundar la melga primero para facilitar el manejo. Este método se hizo cuando ya las plantas no deseadas habían emergido evitando que ganaran tamaño, días antes de la floración se hará otro pase con el desyerbador.

#### **3.4.5. RIEGO**

Se instaló un sistema de riego con tuberías de PVC de dos pulgadas de diámetro, que van conectadas a una bomba de 7 HP. La cual suministra el agua de una quebrada cerca del área del cultivo. Pozo de observación: el cual consiste en un tubo de PVC de 10-12 cm de diámetro y 50 cm de largo. Este se coloca en una de las esquina de las parcelas del SICA, luego con la cinta métrica, se mide el nivel freático del suelo, el cual

no debe de bajar mas alla de la zona de raíces efectivas, (15 cm por debajo de la superficie del suelo), si esta se señala debajo de los 15 cm se debe aplicar el riego.



#### 3.4.6. COSECHA

La cosecha se procedió cuando culmino su estado de llenado del grano a los 120 dds, con una cuchilla, se utilizó un cuadro de 1.00 m<sup>2</sup> para recoger 3 muestras por cada tratamiento del cual se van a procesar una de las variables.



FIGURA 4: Arroz después de la cosecha

(Fuente: El Autor)

### 3.5. VARIABLES EVALUADAS

En el ensayo se evaluarán las siguientes características durante su ciclo de desarrollo del cultivo de arroz: Vigor (**Vg**), floración (**Fl**), maduración a los ddg (**Mat**), altura de la planta (**Ht**), altura del nudo ciliar, habilidad de macollamiento (**HM**), cantidad de panículas (**Panic m<sup>2</sup>**) y acamé (**Lg**). Los caracteres evaluados asociados a los componentes de rendimiento en postcosecha fueron: Longitud de la panícula (**LP**), número de granos llenos por panícula (**Grllp**), peso de mil granos en kg (**1000g**) y rendimiento del grano en kg ha<sup>-1</sup> (**Rdto**).

CUADRO I. CLASIFICACIÓN DE LOS ESTADOS FENOLÓGICOS DEL CULTIVO DE ARROZ. Fuente: Mejía, José 2022.

Escala	Estado vegetativo
0	Germinación
1	plántula
2	Ahijamiento
3	Elongación del tallo
4	Cambio de primordio
5	Embuchamiento de la panoja o macollo
6	Floración
7	Estado lechoso del grano
8	Estado pastoso del grano
9	Madurez fisiológica

### 3.5.1. VARIABLE DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO

### 3.5.2. Vigor (vg)

El vigor se tomó observando en general la parcela, luego se escogió plantas al azar y se evaluaron. Este se influencia por varios factores como: habilidad de macollamiento y altura de la planta. El estado de la escala en el cual se avaluó fue en el de ahijamiento (tabla 3).

CUADRO II. ESCALA PARA EVALUAR VIGOR EN PLANTAS DE ARROZ. Fuente: CIAT,1983.

<b>Escala para variable vigor</b>
<b>1</b> material muy vigoroso (100-90%)
<b>3</b> vigoroso (90-80%)
<b>5</b> plantas intermedias o normales (80-70%)
<b>7</b> plantas menos vigorosa que lo normal (70-60%)
<b>9</b> plantas muy débiles y pequeñas (00-50%)

### 3.5.3. Acamé

Esta variable se realizó mediante una estimulación visual del porcentaje de las plantas acamadas, para ver la habilidad que tienen los tallos de permanecer erectos en el campo. La medición de esta variable se determinó de forma visual y se registró en el estado fenológico 09 (grano maduro).

CUADRO III. ESCALA PARA EVALUAR ACAME EN PLANTAS DE ARROZ Fuente: CIAT,1983.

<b>Escala para variable acame</b>
<b>1</b> tallos fuertes, sin volcamiento
<b>3</b> tallos moderados fuertes. La mayoría de las plantas (60%)
<b>5</b> tallos moderados débiles. Plantas moderadamente débiles.
<b>7</b> tallos débiles. La mayoría de las plantas casi caídas
<b>9</b> tallos muy débiles. Todas las plantas volcadas.

#### 3.5.4. Habilidad de macollamiento

Se hizo un conteo y registro del número de macollos por plantas, se escogieron 15 plantas aleatoriamente y se evaluaron. Se evaluó a los 80 días (dds).

#### 3.5.5. Altura de la planta

Se procedió a escoger 15 plantas al azar, la cual se le tomó la medida de altura en cm desde la superficie del suelo hasta el último grano de la panícula más larga.



FIGURA 5: Toma de altura de la planta

(Fuente: El Autor)

### **3.5.6. Floración**

Anotamos el número de días desde la emergencia hasta cuando el 50 % de las plantas estaban florecidas. Tiempo de evaluación: entre los 75 y 84 días después de la siembra, estado de crecimiento 06 (floración).

### **3.5.7. Maduración**

Se tomó apuntes del número de días desde la emergencia hasta cuando las plantas llegaron a su madurez fisiológica. Tiempo de evaluación: 121 y 123 dds estado de crecimiento 09 (maduración fisiológica).

## **3.6. VARIABLES DE RENDIMIENTO**

Tomamos 15 plantas aleatorizadas dentro de la parcela y se realizó el conteo del número de panículas y macollos. Además, se cosecharon 5 panículas al azar con el fin de tomar datos como; longitud de panículas, números de granos por panículas. La fórmula que se aplicó para calcular el rendimiento fue: 
$$= ((\text{peso fresco} * 10,000) / 1) * ((100 - \% \text{ de humedad}) / 86)$$
. (CIAT, 1989)

### **3.6.1. Número de panículas por plantas (NPP)**

Se contaron el número de panículas por planta, obteniéndose posteriormente una media, dato utilizado en el análisis de varianza. De las 15 plantas que se eligen, se registra el número de panículas de cada una. Por cada tratamiento se sacan 3 muestras en un cuadro de tubo PVC que mide 1 metro cuadrado, de la cual se contarán el número de panículas que cosechamos dentro del cuadro.

### 3.6.2. Longitud de panícula (LP)

De las 5 panículas que se toman por parcela, se realizó la medición en cm desde el nudo ciliar hasta el extremo superior.

### 3.6.3. Número de granos por panícula (Grllp)

De las 5 panículas de cada parcela, tomada para determinar la variable longitud de la panícula se procedió a contar los granos totales por panícula, para extraer posteriormente el promedio.

### 3.6.7. Peso de 1000 granos por muestras (P1000G)

Se tomó una muestra de 1000 granos llenos en una placa petri, por tratamiento y se pesó en gramos.



FIGURA 6: Conteo de 1000 granos

(Fuente: El Autor)

### 3.6.8. Peso fresco y porcentaje de humedad

Después de contar los mil granos, el resto se desgrana por muestras y se pesan para obtener un peso por muestra y luego se lleva a una planta de semillas para por medio

de una máquina obtener el porcentaje de humedad, el cual utilizaré para calcular el rendimiento.

### **3.6.9. Rendimiento en kg por ha<sup>-1</sup> (Rdto)**

Cosechamos el grano en el área de la parcela de cada tratamiento para determinar el rendimiento potencial en granza (arroz en cáscara o paddy). El rendimiento de cada tratamiento fue expresado en kg ha<sup>-1</sup>. Tiempo de evaluación: estado de crecimiento 09 (maduración fisiológica).

## **3.7. EVALUACIÓN DE ENFERMEDADES**

Las enfermedades que se observaron fueron registradas por el sistema de evaluación estándar CIAT (1983). Las principales enfermedades que fueron evaluadas fueron: Pyricularia de la hoja (*Pyricularia oryzae*) y añublo de la vaina (*Rhizoctonia solani* Khun).

### **3.7.1. Pyricularia de la hoja (BI), Pyricularia en el cuello de la panícula y nudos (NBI).**

Aplicamos la escala de la siguiente manera, recorriendo la parcela y ver los diferentes síntomas según el área foliar afectada, se hizo en el estado vegetativo 5, embuchamiento del macollo.

CUADRO IV. ESCALA PARA EVALUAR DE ENFERMEDADES EN PLANTAS DE ARROZ. Fuente: CIAT,1983.

<b>Evaluación de Pyricularia Oryzae</b>	
<b>0</b>	ninguna lesión
<b>1</b>	pequeñas manchas café del tamaño de la cabeza de un alfiler
<b>3</b>	manchas cafés más grandes
<b>4</b>	manchas necróticas grises, pequeñas casis redondeada a ligeramente alargadas, de 1-2 mm de diámetro con un margen café
<b>5</b>	lesiones típicas de pyricularia, elípticas, de 1-2 cm de largo generalmente confinadas al área de las dos venas principales
<b>6</b>	menos del 10% del área foliar
<b>7</b>	10 al 25%
<b>8</b>	26 al 50 %
<b>9</b>	51 al 75%
<b>10</b>	Toda el área foliar muerta

### 3.7.2. Añublo de la vaina (SHB)

Produce lesiones verdes grisáceas, las cuales pueden agrandarse y unirse con otras, principalmente en las vainas foliares y ocasionalmente en las hojas (CIAT, 1983). Aplicamos la escala según el área foliar afectada de la planta, en el estado vegetativo, 7 estados lechoso del grano.

CUADRO V. ESCALA PARA EVALUAR ENFERMEDADES EN PLANTAS DE ARROZ.  
Fuente: CIAT,1983.

<b>Evaluación de Añublo de la vaina (SHB)</b>
<b>0</b> Ninguna lesión.
<b>1</b> Lesiones en la vaina hasta $\frac{1}{4}$ de la altura de las macollas.
<b>3</b> Lesiones de la vaina hasta la mitad de la altura de la macollas.
<b>5</b> Lesiones hasta más de la mitad de la altura de las macollas.
<b>7</b> Lesiones presentes en más de $\frac{3}{4}$ de la altura de las macollas.
<b>9</b> Lesiones llegan al extremo superior de los tallos.

### **3.7.3. VARIABLES EVALUADAS EN EL SUELO**

Se tomarán muestras aleatorias en el área de Las Zanguenga y Las Pavas, donde se va a instalar el ensayo con una profundidad de 25 cm utilizando el barreno, la cual realizarán en los laboratorios de suelos del IDIAP, sus respectivos análisis de fertilidad, en la que se evaluara lo siguiente:

#### **I. Color**

La determinación del color, se utilizó el método estándar utilizando la tabla de Munsell (Munsell 2013). En Panamá, Villareal y Name (1996) realizaron estudios y encontraron que esta metodología es adecuada a suelos panameños, basada en el matiz (hue), tonalidad (value) y la intensidad (chroma); para el cual se tomó una pequeña muestra de suelo en seco y luego en húmedo, colocándose en un vidrio reloj, pasándolo luego por las diferentes cartas de la tabla hasta conseguir el color indicado.

## **II. Textura**

Para determinar la textura, se utilizó el método de Bouyoucos (1962) y triángulo de textura USDA. En Panamá, Villareal y Name (1996) hicieron estudios y encontraron que esta metodología es adecuada a los suelos panameños, ya que el propósito del análisis granulométrico con dos lecturas del hidrómetro es conocer en qué proporción se encuentran en el suelo las partículas de arena, limo y arcilla.

## **III. Densidad Parente**

Esta propiedad se determinó a través del método del Cilindro (Klute, A. 1986) en cada horizonte del perfil de suelo, con un cilindro de acero inoxidable con 4.5 centímetros de diámetro, cinco centímetros de altura y utilizando la siguiente ecuación:

$D_a = \frac{m_s}{y}$  Donde;  $D_a$ , corresponde a la densidad aparente de las partículas del suelo ( $\text{g cm}^{-3}$ ),  $m_s$ , es el peso de la muestra seca a  $110^\circ\text{C}$  en el horno (g),  $y$ , es el volumen del anillo ( $\text{cm}^3$ ).

## **IV. Densidad real**

Se determinó con el método de Matraz aforado con alcohol (Black et al. 1965a y Forsythe 1980), utilizando una bureta de 50 centímetros cúbicos, un matraz volumétrico de 25 centímetros cúbicos y alcohol etílico; en las muestras de diez gramos tomadas en cada horizonte del perfil de suelo y utilizando la siguiente ecuación:  $D_r = \frac{m_s}{(25 - v_g)}$  Donde;  $D_r$ , corresponde a la densidad real de las partículas

del suelo ( $\text{g cm}^{-3}$ ),  $m_s$ , es el peso de la muestra seca a  $105^\circ\text{C}$  en el horno (g),  $V$ , es el volumen del matraz ( $\text{cm}^{-3}$ ),  $v_g$ , es el volumen de alcohol etílico gastado ( $\text{cm}^{-3}$ ).

## **V. pH**

La actividad iónica del H en la suspensión del suelo, se evaluó a través de la acidez potencial en relación suelo:  $\text{KC1- 1N}$  de 1: 2.5 (p: y) y acidez activa en relación suelo: agua de 1: 2.5 (p: y) (Black et al. 1965b). En Panamá, Villareal y Name (1996) realizaron estudios y encontraron que esta metodología se adecua a condiciones locales, determinada con el potenciómetro Crison pH meter GLP 22.

## **VI. Materia orgánica**

Para obtener el contenido de materia orgánica se aplicó el método de (Walkley y black 1934), que consiste en la determinación de la materia orgánica oxidable por dicromato; el exceso de dicromato es determinado por titulación con  $\text{FeSO}_4$  y la cantidad de materia oxidada es calculada de la cantidad de dicromato reducida.

## **VII. Capacidad de intercambio catiónica efectiva**

Puesto que la capacidad de intercambio catiónica depende en parte del pH del suelo, principalmente para cargas negativas variables, su determinación debe efectuarse con soluciones que no modifiquen el pH natural. En consecuencia, la determinación más apropiada en suelos ácidos, se realizó por el método de sumatoria de cationes de cambio y la acidez intercambiable (Chapman 1965).

**VIII. Contenido de cationes intercambiables** ( Mg, Ca, K, Na, Fe, Mn, Zn, Cu) la cual se determinó con el método absorción atómica. En Panamá, Villareal y Name (1996) encontraron que esta metodología se adecua para la determinación de estos

elementos, utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica A-A-7000 Shimadzu.

### 3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se realizará con un diseño de bloques completos al azar, con 3 repeticiones separadas con 2 m de distancia entre ambas melgas en las cuales serán sembradas las plántulas. La unidad experimental consistió en parcelas que tienen como medida  $100 \text{ m}^2$ , ( $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ ) y con una profundidad de 0.30 m. en cada parcela se escogerán 3 muestras aleatoriamente, dentro de un cuadro de un  $1.00 \text{ m}^2$  y evitando los bordes.

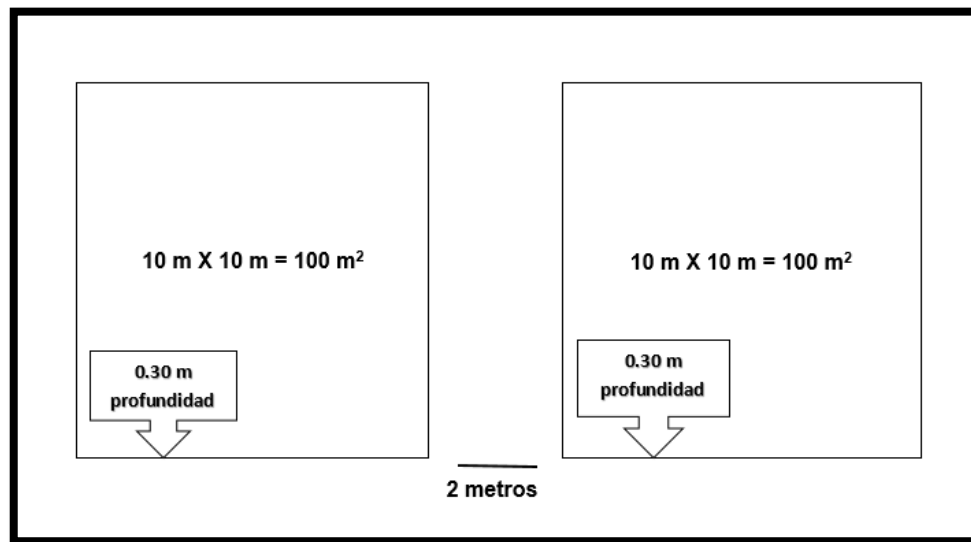


FIGURA 7: Bosquejo de melgas de arroz

(Fuente: El Autor)

### **3.8.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

La variable rendimiento, al igual que las otras variables medidas, serán analizadas mediante un análisis de varianza (ANVA, (Snedecor y Cochran, 1980). Cuando se encuentren efectos significativos, se utilizará el test de diferencias mínimas significativas (*least significant difference* –LSD-) para comparar las medias de los tratamientos (Infostat/P v1.1, 2002).

## **4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. variable de crecimiento y desarrollo**

#### **4.1.1. Número de macollamiento**

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 Tascon (1988), la planta de arroz macolla con una lámina baja de agua y no es necesario drenar el lote para que ocurra esta etapa del desarrollo. Conviene drenar en cambio, para fertilizar antes del primordio, y luego se inunda el campo hasta el llenado del grano. Sin embargo, Agro síntesis (2000), muestra experiencia obtenida en Madagascar, donde se ha constatado que el arroz no es una planta acuática que exige inundación, sino que simplemente soporta o tolera tal estado. Además, aclara que el arroz especialmente en su fase de crecimiento vegetativo, necesita buena aireación, por tanto, no debiera inundarse los campos, sino hacer riegos mínimos e intermitentes. En cambio, en su fase reproductiva sí podría recurrirse a una inundación controlada mínima, de no más de 1–2 cm de lámina de agua, por cortos períodos (que es el caso precisamente del riego intermitente).

Según los análisis estadísticos para la variable de número de macollos no hubo diferencia significativa ya que el p- valor (0.1071) mayor de ( $P < 0.05$ ). Los promedios del sistema convencional fueron bajos con un promedio de 9,12 N° de macollos y para el sistema intensivo del cultivo de arroz más altos con un promedio de 13,80 N°

de macollos. Es decir, genéticamente todos son iguales, pero fueron influenciados o afectados por el medio ambiente.

El macollamiento es deseable para lograr una productividad máxima con poblaciones moderadas y densas, además el número de hijos formados determina el número de panículas, es el factor más importante para obtener altos rendimientos de granos (Narváez, 1998).

CUADRO VI. COMPARACIÓN DE LOS VALORES MEDIOS PARA LA VARIEBLE DE MACOLLAMIENTO. Fuente: El Autor.

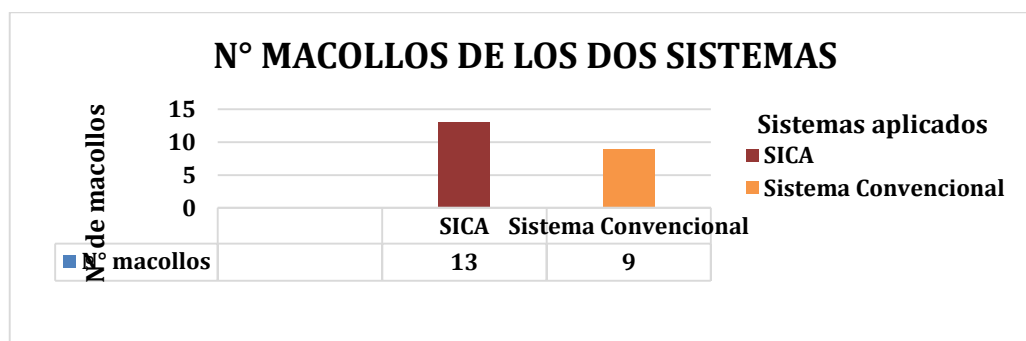


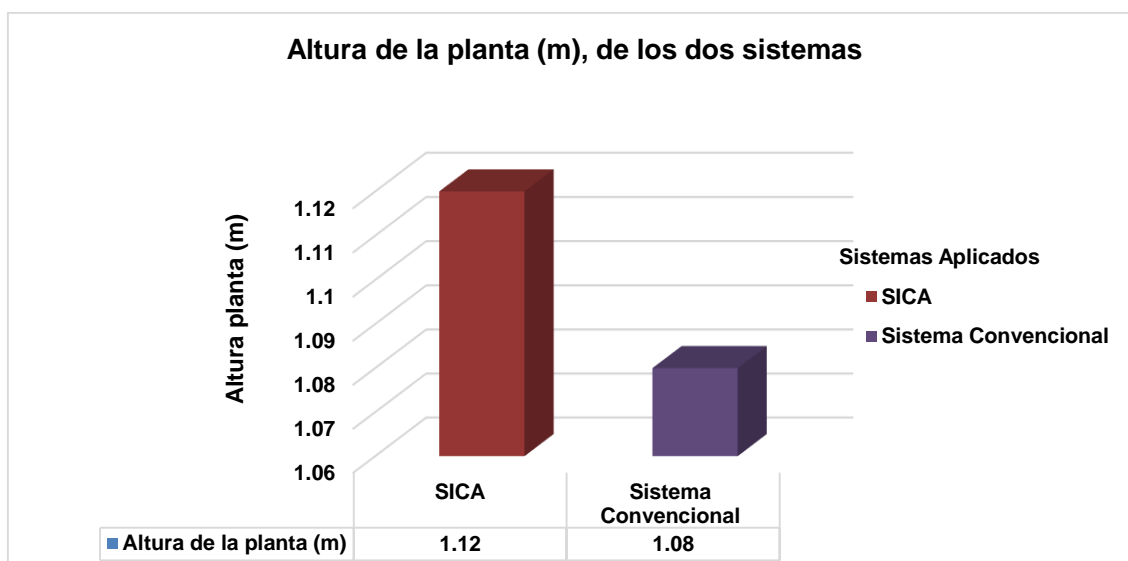
FIGURA 8: Macollamiento de plantas en parcela SICA

(Fuente: El Autor)

#### 4.1.2. Altura de la planta

Según el análisis estadístico realizado en la variable altura entre los sistemas, sistema intensivo del cultivo de arroz y tradicional, nos muestra que no hubo diferencias significativas, ya que el p- valor (0.7292) es mayor de ( $P < 0.05$ ). En los resultados obtenidos muestran que el tratamiento SICA obtuvo una media de 1,12 m y en comparación al tratamiento convencional que obtuvo una media 1,08 m. La altura de la planta de arroz es fuertemente influenciada por condiciones ambientales (CIAT,1983).

CUADRO VII. COMPARACIÓN DE LOS VALORES MEDIOS PARA LA VARIABLE ALTURA DE LA PLANTA. Fuente: El Autor.



El arroz posee una altura variable, ya que existen variedades de porte bajo, intermedio y alto, la altura de las variedades comerciales oscila entre 1 a 1.5 m (Zavala y Ojeda, 1988).

#### **4.1.3. Acamé (Lg)**

Con la escala utilizada para evaluar acamé, se visualizaron: (1 tallos fuertes, sin volcamiento) para el sistema intensivo del cultivo de arroz y para el sistema convencional (3 tallos moderados fuertes). La mayoría de las plantas (60%) esto debido a la mayor densidad de plantas.

La densidad de la siembra se encuentra definida por el marco de plantación y la distancia en la que se encuentran plantadas; respecto al marco de plantación puede realizarse de varias formas, en el caso puntual del arroz por lo general es al voleo, lo cual significa que los agricultores riegan las semillas en el suelo sin seguir una disposición fija, consecuentemente unas plantas quedaran a distancias cortas y otras más distanciadas, sin embargo, en promedio se respeta una cantidad de plantas por área. Es necesario considerar que la distancia de siembra y los marcos de plantación afectan a la densidad (Hernández, 2018).

#### **4.1.4. Vigor (Vg)**

La evaluación del vigor se observó en el estado de ahijamiento de la planta, en el sistema convencional según la escala (tabla 3), escala 5 plantas intermedias o normales y en el sistema intensivo del cultivo de arroz plantas escala 1 material muy vigoroso.



FIGURA 9: Planta muy vigorosas en sistema SICA

(Fuente: El Autor)

El vigor es tan importante para siembras directas como para el trasplante debido a que disminuye la competencia de malezas, compensa las pérdidas de plantas (Cardoza y Gonzáles, 2004).

#### **4.1.5. Floración**

La época de floración se inicia cuando la panícula emerge de la vaina en la hoja bandera, e inmediatamente la floración es seguida por la fecundación de las flores en el tercio superior de la panícula. Entre la fecundación y la floración ocurre de 8 a 10 horas (Somarriba, 1998).

CUADRO VIII. COMPARACIÓN DE DIAS DE FLORACIÓN EN SISTEMAS DE SIEMBRA APLICADOS. Fuente: El Autor.

<b>Floración (ddg)</b>	
<b>S.C</b>	<b>SICA</b>
<b>91</b>	89
<b>93</b>	88
<b>93</b>	88
<b>Total :</b>	<b>88</b>

#### 4.1.6. Maduración

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

CUADRO IX. CUADRO DE COMPARACIÓN DE DIAS DE MADURACIÓN EN SISTEMAS DE SIEMBRA APLICADOS. Fuente: El Autor.

<b>Maduración (ddg)</b>	
<b>S.C</b>	<b>SICA</b>
<b>122</b>	115
<b>122</b>	117
<b>122</b>	117
<b>Total:</b>	<b>116</b>

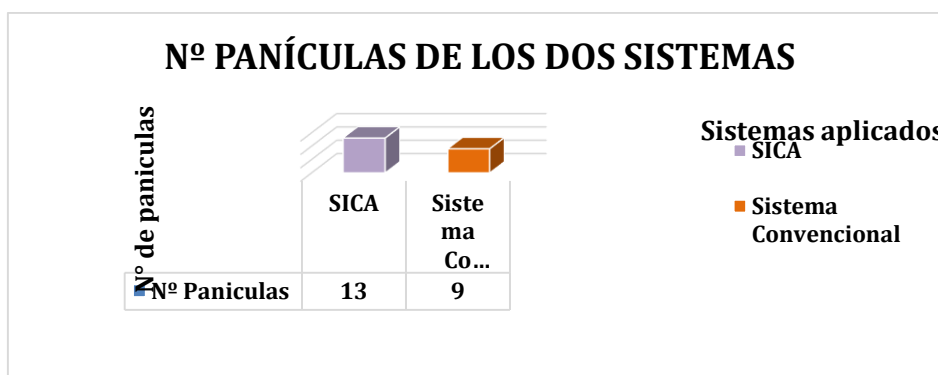
## 4.2. Variables Componentes de rendimiento

### 4.2.1. Números de panícula

El espaciamiento óptimo, para obtener mayor número de tallos fértiles, depende de la estructura del suelo, los nutrientes del suelo, la temperatura, humedad y otras condiciones (Berkelaar, 2001).

Los datos estadísticos arrojaron que no hubo diferencia significativa, ya que el p-valor (0.0723) mayor de ( $P < 0.05$ ). En la variable de números de panícula, los resultados obtenidos muestran que el tratamiento SICA obtuvo una media de 13 panículas y en comparación con el tratamiento sistema convencional fue de 9 panículas y el promedio.

CUADRO X. COMPARACIÓN DE LOS VALORES MEDIOS PARA LA VARIABLE DE NUMERO DE PANÍCULAS. Fuente: El Autor.



### 4.2.2. Longitud de panícula

Según Jeannings, *et al* (1981), deberían de esperarse rendimientos más altos de las líneas que combinan buen macollamiento con panículas largas. Sin embargo, muchos investigadores se preocupan innecesariamente por el tamaño de la panícula como objetivo de mejoramiento.

De los datos obtenidos no hubo estadísticamente diferencia significativa en cuanto a la variable longitud, El promedio general por sistema para esta variable osciló entre 260.85 mm para el sistema intensivo del cultivo de arroz y para el sistema convencional un promedio de 253.5 mm.

#### **4.2.3. Número de granos llenos por panícula**

Según el análisis estadístico, no hubo diferencias estadísticas significativas, p-valor (0.0723) es mayor de ( $P < 0.05$ ) entre los sistemas de producción de arroz aplicados, para el número promedio de granos llenos por panícula. En el sistema convencional el número promedio de granos llenos por panícula fue 175.5 N.º granos y en el sistema intensivo del cultivo de arroz fue 193.3 N.º granos.

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

#### **4.2.4. Peso de 1000 granos por muestras**

El peso de mil granos es un carácter muy estable en buenas condiciones del cultivo y depende fundamentalmente de la variedad; sin embargo, un incremento en el rendimiento se puede lograr seleccionando materiales de mayor peso en el grano, los

granos largos a extra largos son los que obtienen mayor peso de los cuales fluctúan entre 25 y 35 g (López, 1991).

Según el análisis estadístico, no hubo diferencias significativas p-valor (0.4398) es mayor de ( $P < 0.05$ ) entre los sistemas de producción de arroz comparados, para el peso de 1000 granos. En el sistema convencional el peso de 1000 granos fue 26.67 g y en el sistema intensivo del cultivo de arroz fue 27.02 g.

#### **4.2.5. Peso fresco y porcentaje de humedad del grano**

En el peso fresco para el sistema convencional fue de 294.1 g y para el sistema intensivo del cultivo de arroz fue de 363.8 g. En el porcentaje de humedad para sistemas de arroz utilizados fueron en el sistema convencional 15.02% y en el sistema intensivo del cultivo de arroz fue de 14.54%.

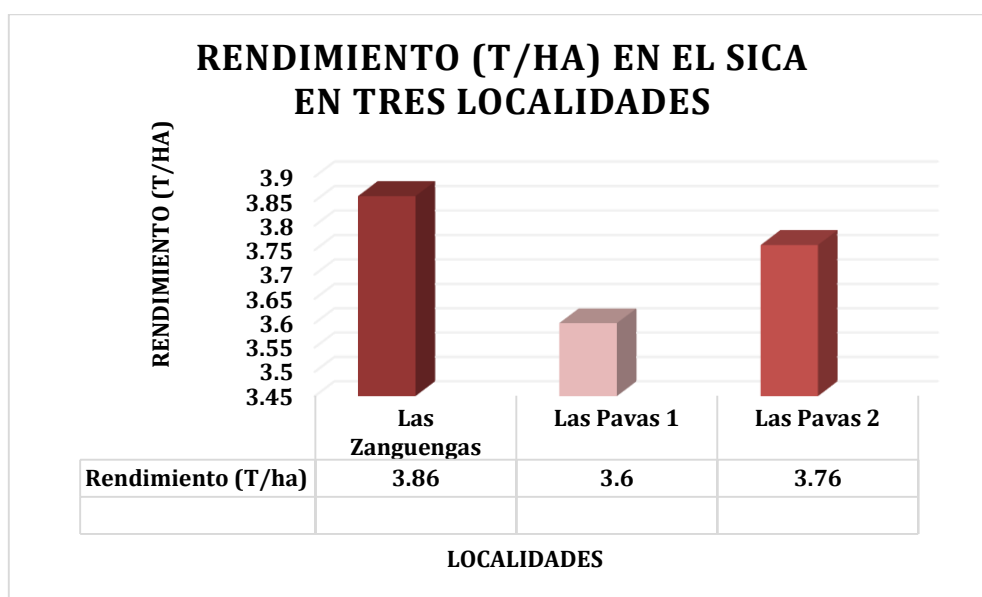
#### 4.2.6. Rendimiento (T/ha)

La meta que generalmente cuenta en la producción del arroz es el rendimiento en grano. El macollamiento efectivo por planta, el tamaño y peso de la panícula, son responsable en gran parte del rendimiento del cultivo de arroz (FEDEARROZ, 2001).

El análisis estadístico realizado indicó que no hubo diferencias estadísticas significativas ya que el valor de P (0.0769) fue mayor de ( $P < 0.05$ ) entre los sistemas. Donde el rendimiento fue mayor en el sistema intensivo del cultivo de arroz por localidad fueron: 3.86 t/ha para Las Zanguengas, 3.60 t/ha Las Pavas 1 y 3.76 t/ha Las Pavas 2. En el sistema convencional fueron: 3.28 t/ha Las Zanguengas, 3.37 t/ha Las Pavas 1 y 2.44 t/ha Las Pavas 2. Un espaciamiento óptimo para un rendimiento máximo, depende de la variedad, fertilidad del suelo, niveles de fertilización y la época que se lleve a cabo el trasplante (FEDEARROZ, 2001).

CUADRO XI. COMPARACIÓN DE LOS VALORES MEDIOS PARA LA VARIABLE DE RENDIMIENTO PARA EL SISTEMA INTENSIVO DEL CULTIVO DE ARROZ.

Fuente: El Autor.



CUADRO XII. COMPARACIÓN DE LOS VALORES MEDIOS PARA LA VARIABLE DE RENDIMIENTO PARA EL SISTEMA CONVENCIONAL O TRADICIONANAL DEL CULTIVO DE ARROZ. Fuente: El Autor.

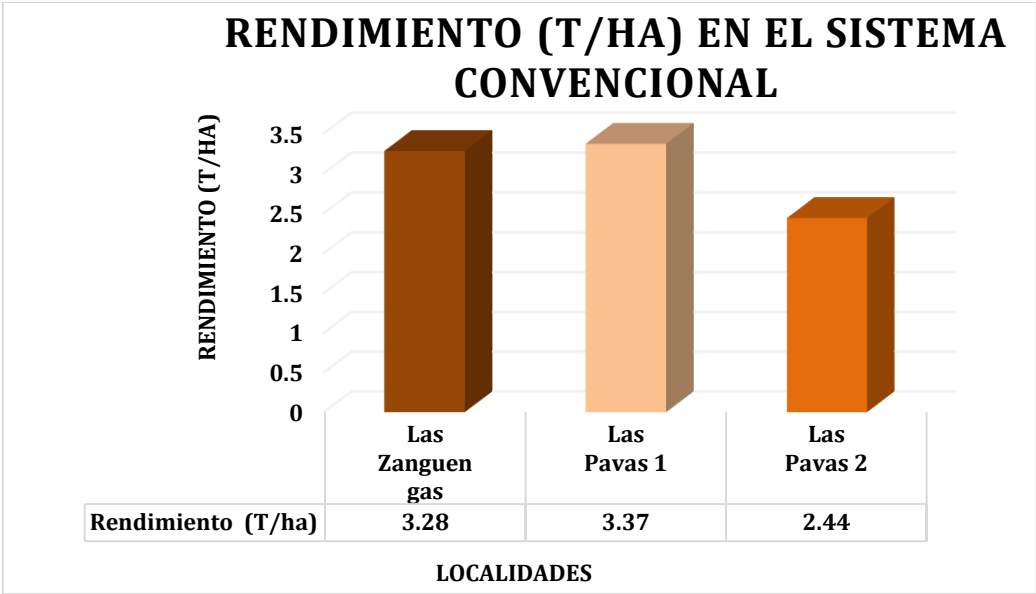


FIGURA 10: Parcelas de arroz  
(Fuente: El Autor)

#### 4.2.7. Enfermedades

##### A. Pyricularia de la hoja (BI), Pyricularia en el cuello de la panículas y nudos (NBI).

Es causado por el hongo (*Pyricularia oryzae*), el cual permanece en el residuo de la cosecha donde se producen estructuras reproductoras que por acción del viento alcanzan a las plantas sanas; también se transmite por semilla. Está enfermedad se observa en toda la zona donde se cultiva el arroz, pero se manifiesta con mayor intensidad en el arroz de secano que en el de riego (Villalobos, 1994).

En el sistema convencional, como podemos ver en el cuadro, se dio una afectación de 4, que en la escala indica que hubo un daño de lesiones típicas de piricularia, elípticas de 1-2 cm, generalmente confinadas al área de las dos venas principales.

CUADRO XIII. COMPARACIÓN DE LOS VALORES MEDIOS PARA LA ENFERMEDADES MAS COMUNES EN EL CULTIVO DE ARROZ. Fuente: El Autor.

Afectación según la escala, de ( <i>Pyricularia oryzae</i> ) en el cultivo de arroz para los dos sistemas. Piricularia (BI)	
<b>SICA</b>	2
<b>Sistema convencional</b>	4

Afectación según la escala, de ( <i>Pyricularia oryzae</i> ) en el cultivo de arroz para los dos sistemas. Piricularia en el cuello (NBI)	
<b>SICA</b>	5
<b>Sistema convencional</b>	3

Dentro de los factores que más inciden en la producción y productividad de arroz están las enfermedades, siendo el añublo del arroz causado por el hongo *Pyricularia oryzae* Cav. Uno de los problemas fitosanitarios más graves de este cultivo (Montoya, 1985). La *Pyricularia oryzae* se desarrolla cuando las temperaturas oscilan entre 22° - 29° y se alcanzan elevadas humedades relativas en torno al 90%.

La enfermedad se presenta en toda la parte aérea de la planta, pero la infección en la panícula es la responsable de la pérdida en rendimientos pues afecta directamente la formación y peso de los granos provocando daños conforme a la intensidad del ataque o estado en que la panícula es atacada (Prabhu *et al*, 1978)



FIGURA 11: *Pyricularia oryzae*, en plantas de arroz

(Fuente: El Autor)

## B. Añublo de la vaina (SHB)

Los síntomas de la enfermedad se observan inicialmente sobre las vainas y luego en las hojas de la base del tallo. Las lesiones típicas son de forma elíptica un poco irregular, de 2 a 3 cm de longitud, de color blanco grisácea, margen de color café rojizo. Las lesiones pueden juntarse causando la muerte de las hojas superiores, las manchas aparecen en vaina de las hojas, cerca de la superficie del agua (en condiciones de riego) o sobre la superficie del suelo en condiciones de humedad, la enfermedad progresa rápidamente desde un comienzo, extendiéndose desde la vaina hacia las hojas (CIAT, 1992).

Con el uso de los dos métodos se pudo observar que sistema convencional y el SICA alcanzaron llegar a la escala 1, que son lesiones en la vaina hasta  $\frac{1}{4}$  de la altura de las macollas.

CUADRO XIV. COMPARACIÓN DE LOS VALORES MEDIOS PARA LA ENFERMEDADES MAS COMUNES EN EL CULTIVO DE ARROZ. Fuente: El Autor.

Promedio de afectación según la escala, de ( <i>Rhizoctonia solani</i> ) en el cultivo de arroz para los dos sistemas	
<b>SICA</b>	1
<b>Sistema convencional</b>	3



FIGURA 12: Rhizoctonia solani en plantas de arroz  
(Fuente: El Autor)

### **4.3. Caracterización del suelo**

Si bien sabemos el área de Panamá Oeste, tiene poca demanda de producción en el cultivo de arroz, el IDIAP decidió optar por adaptar este sistema a esta área, dándole al cultivo las necesidades nutricionales para su desarrollo, adecuado por siguiente ver su adaptación y rendimiento en los suelos Ultisoles. Añadiendo la agricultura familiar en esta área, demostrando que las nuevas tecnologías son de buena ayuda para mitigar el desaprovechamiento del agua, como también llegar a alcanzar mayor rendimiento en el cultivo de arroz.

En ese sentido, observamos que, en el cuadro XV y XVI, a pesar de que los resultados de los análisis del suelo indican un pH ácido y el contenido bajo de algunos elementos, se presentan resultados alentadores en el rendimiento del cultivo utilizando el sistema bajo estudio, lo que indicaría que la respuesta del cultivo no se vio afectada importante a pesar del pH característico de estos suelos, mostrando otro beneficio del sistema bajo estudio.

CUADRO XV. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL SUELO

LAS PAVAS. Fuente: Laboratorio de suelos.

Parámetros	Resultado		Interpretación	Información Adicional	
	mg/l	Cmol/kg			
Fósforo (P)	0.00			<b>Relación con la CICE %</b>	
Potasio (K)	52.50		Medio	K/CICE	0.87
Calcio (Ca)		3.60	Medio	Ca/CICE	23.48
Magnesio (Mg)		4.80	Alto	Mg/CICE	31.30
Sodio (Na)				Na/CICE	
Hierro (Fe)	90.70		Alto	Acidez	
Manganeso (Mn)	117.90		Alto		
Cobre (Cu)	15.70		Alto	<b>Relaciones</b>	
Zinc (Zn)	7.70		Medio	Ca/Mg	0.75
Aluminio (Al)		6.80	Alto	Mg/K	35.82
Saturación de bases	%	55.65	Bajo	Ca+Mg/K	62.69
CICE		15.33	Bajo	Ca/K	26.87

\*CICE = Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva

\*Aluminio Intercambiable = Acidez Intercambiable

Ph	4.50	Muy ácido	Are. L. Arc %	60-20-20
%MO	2.08	Bajo	Textura	Franco arcillo arenoso
*%MO = Porcentaje de materia orgánica		Color	Pardo amarillento	

Aplicación época
A la siembra
25-30 días después de la siembra
45 días después de la siembra
60 días después de la siembra

Recomendación	
Fertilizante	Kg/Ha
N	110
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	55
K <sub>2</sub> O	14
15-30-8-6	181
Urea (46%N)	90
Urea (46%N)	90
Urea (46%N)	45

CUADRO XVI. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL SUELO

LAS ZANGUENGA. Fuente: Laboratorio de suelos.

Parámetros	Resultado		Interpretación	Información Adicional	
	mg/l	Cmol/kg			
Fósforo (P)	4.00			<b>Relación con la CICE %</b>	
Potasio (K)	44.70		Bajo	K/CICE	2.27
Calcio (Ca)		3.10	Medio	Ca/CICE	61.83
Magnesio (Mg)		1.70	Alto	Mg/CICE	33.91
Sodio (Na)				Na/CICE	
Hierro (Fe)	20.30		Bajo	Acidez	
Manganeso (Mn)	449.30		Alto		
Cobre (Cu)	1.90		Bajo	<b>Relaciones</b>	
Zinc (Zn)	2.60		Bajo	Ca/Mg	1.82
Aluminio (Al)		0.10	Bajo	Mg/K	14.91
Saturación de bases	%	98.01		Ca+Mg/K	42.11
CICE		5.01	Bajo	Ca/K	27.19

\*CICE = Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva

\*Aluminio Intercambiable = Acidez Intercambiable

Ph	4.80	Muy ácido	Are. L. Arc %	32-20-48
%MO	1.87	Bajo	Textura	Arcilloso
*%MO = Porcentaje de materia orgánica		Color	Pardo amarillento oscuro	

Aplicación época
A la siembra
25-30 días después de la siembra
45 días después de la siembra
60 días después de la siembra

Recomendación	
Fertilizante	Kg/Ha
N	110
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	55
K <sub>2</sub> O	14
15-30-8-6	181
Urea (46%N)	90
Urea (46%N)	90
Urea (46%N)	45

## 5. CONCLUSIÓN

- Con los resultados obtenidos de esta investigación se puede concluir que los suelos Ultisoles de Panamá Oeste, pueden llegar a alcanzar excelentes cosechas, si hacemos un manejo agronómico y preparación del terreno adecuado, empleando el sistema SICA.
- Se pudo demostrar que los productores que aplican este método, llegan a obtener beneficiosos resultados en su producción, lo que favorece el consumo familiar y la venta local, además de que tecnifican los sistemas de producción convencional, en los resultados estadísticamente son iguales pero la metodología cambia a favor del productor.
- En cuanto a los beneficios al ambiente, el SICA muestra ser más sostenible ya que se trata de evitar el uso de agroquímicos y busca la utilización de productos orgánicos, como también puede llegar a consumir menos agua, menos semillas, también debido al espaciamiento se puede observar menos enfermedades y disminuimos el costo de producción.

## 6. RECOMENDACIONES

- Darle un seguimiento a este sistema utilizado (SICA), con el fin de promover y adquirir nuevas técnicas y conocimientos, que sirvan como ayuda a los productores de agricultura familiar que con menos tendrán mejores resultados y así puedan subsistir sus necesidades.
- Utilizar abonos orgánicos los cuales son de menor costo y de beneficio para el suelo, como también ayuda al cultivo a tener mejores rendimientos.
- Elaborar productos insecticidas orgánicos como el NEEM, con productos que se encuentren en casa a la disposición del productor.
- Brindar capacitaciones a productores de toda la región, para orientarlos sobre los beneficios que el sistema nos rinde, tomando en cuenta que lo podemos producir en un espacio pequeño y tendrán disminución en los costos de producción y un incremento en los rendimientos.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, M.A., Castrillo W.A. y Belmonte U.C. 2006. Origen, Evolución y Diversidad del Arroz

ANAM (Autoridad Nacional del Medio Ambiente). 2010. Atlas Ambiental de la República de Panamá. Panamá, PAN. Novo Art, S.A. 187 p.

Andy Bernal, Dr.C. Alberto Hernández, Ms.C. Michel Mesa, Osmel Rodríguez, Ms.C. Pedro J. González, Reynerio Reyes. Características de los suelos y sus factores limitantes de la región de murgas, provincia La Habana. La Habana abr.-jun. 2015

Andy Bernal, Dr.C. Alberto Hernández, Ms.C. Michel Mesa, Osmel Rodríguez, Ms.C. Pedro J. González, Reynerio Reyes

ANGLADETTE, A. 1975. El arroz. Editorial Blume. Barcelona, España. 864 p.

Baver, LD; Gardner, WH; Gardner, WR. 1973. Física de Suelos. Editorial Hispano Americana. México DF, Mx. 529 p.

Bernal, A; Hernández, A; Mesa, M; Rodríguez, O; González, P; Reyes, R. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS Y SUS FACTORES LIMITANTES DE LA REGIÓN DE MURGAS, PROVINCIA LA HABANA Cultivos Tropicales, vol. 36, núm. 2, abril-junio, 2015, pp. 30-40 Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba

Bernis F. y Pamies B. 2006. Economía de arroz: Variedades y mejoras

BLACK CA; EVANS DD; ENSMINGER LE; WHITE JL; CLARK FE; and DINAVER RC. 1965a. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties,

including statistic of measurement and sampling. American Society of Agronomy. Inc. Publisher. Madison Wisconsin, USA. p. 1-770.

BLACK CA; EVANS DD; ENSMINGER LE; WHITE JL; CLARK FE; and DINAVER RC. 1965b. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy. Inc. Publisher. Madison Wisconsin, USA. p. 771-1572.

Blake, GR. 1965. In Black CA; Evans DD; Ensminger LE; White JL; Clark FE; Dinaver RC. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistic of measurement and sampling. American Society of Agronomy. Inc. Publisher. Madison Wisconsin, USA. 1-770 p.

BOUYOUCOS, G. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal* 54: 464-465.

Cardoza, I. E. Gonzáles. 2004. Evaluación y prueba de rendimientos de catorce líneas promisorias y dos variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo condiciones de riego en el valle de Sébaco, Matagalpa. Primera 2003. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 35 p.

CATAPAN (Catastro Rural de Tierras y Aguas de Panamá, PA). 1970. Final Report on the Catastro Rural de Tierras y Agua de Panamá. Panamá, PA. Comisión de Reforma Agraria/AID. 504 p.

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1989. Componentes del rendimiento en Arroz. Guía de Estudio. Contenido Científico: Internacional Rice Research Institute.

Traducción y adaptación: Óscar Arregocés. Cali, Colombia. CIAT. 19 P. disponible en: [https://www.finagro.com.co/sites/default/files/protocolo\\_de\\_muestreo\\_para\\_la\\_operacion\\_de\\_la\\_poliza.pdf](https://www.finagro.com.co/sites/default/files/protocolo_de_muestreo_para_la_operacion_de_la_poliza.pdf)

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1983. Oxisoles y Ultisoles en America tropical. I Distribución, importancia y propiedades físicas; guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Auditorial sobre el mismo tema. Cali, CO. CIAT. 56 p

De Datta, S.K. 1986. Producción de Arroz. Fundamentos Prácticos. Editorial Limusa. Primera Edición. D. F. México. 690 p.

De Laulanié, H. 2011. Intensive Rice Farming in Madagascar. Tropicultura 29(3):183-187.

FAO, 2020. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT. 2020. FAO Statistical Pocket Bok. Rome: FOOD & AGRICULTURE ORG.

FAO/BID. 2007. Políticas para la agricultura familiar en América Latina. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

FEDEARROZ. 2001. Densidad de plantas. "Factor clave para mejorar rendimientos". Sante Fe, Bogota, D. C. Colombia. Vol. 50 No. 430. INSS 0120 - 1441. (Ene – Feb). 29 p.

Fernández, A. (2003). Ensayo de adaptabilidad del SRI y cinco variedades en Rioja. Recuperado de [sri.cals.cornell.edu/countries/peru/perufnl.pdf](http://sri.cals.cornell.edu/countries/peru/perufnl.pdf)

FLAR. (2019). Encuesta de monitoreo y seguimiento al sector Arrocerero Latinoamericano (EMSAL). Laboratorio económico del arroz para Latinoamérica

FONTAGRO. El sistema intensivo del cultivo de arroz (sica): una opción inteligente. Publicado el 15 de enero 2020

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>.

Hénin, S; G Monnier & A Combeau. 1958. Méthode pour l'étude de la stabilité structurale des sols. Ann. Agron. 9: 73-92 p.

Hernandes, A.; Buzetti, S.; Andretotti, M.; Arf, O. y Sá, M. E. (2010). Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. Ciência e Agrotecnologia, 34(2), 307-312. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000200006>

[http://www.mida.gob.pa/jupload/documentos/lan\\_de\\_accion\\_de\\_arroz\\_para\\_la\\_competitividad\\_de\\_la\\_cadena%5B1%5D.pdf](http://www.mida.gob.pa/jupload/documentos/lan_de_accion_de_arroz_para_la_competitividad_de_la_cadena%5B1%5D.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.

Informe final Proyecto de Transferencia Tecnológica del Sistema Intensivo del Cultivo Arrocero (SICA) para la Disminución del Vaneamiento y Aumento de la Competitividad del Arroz en la República Dominicana, Santo Domingo. IICA, 2016

Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (1988). Atlas Nacional de la República de Panamá. <https://www.ign.es/web/catalogo-cartoteca/resources/html/023759.html>

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA (IICA)/ Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) 2009 Plan de acción para la competitividad de la cadena de arroz de Panamá hacia un mecanismo de reconocimiento de la calidad 79 p (En línea) Consultado 13 de octubre de 2015 Disponible en:

Jennings, P. R., Coffman, W. R. y H. Kanffman. 1981. Mejoramiento Genético de las Características Agronómicas y Morfológicas del Arroz. CIAT, Cali. 124 p

Klute, A. 1986. Water Retention: Laboratory Methods. In: Methods of soil Analysis-Physical and Mineralogical. Methods 2ne ed. (Ed. Klute A. Am. Soc. Agron. Madison, USA, p 635-662.

Lipton, 2005. Can small farmers survive, prosper or be the key channel to cut mass poverty? Presentation to FAO Symposium on Agricultural Commercialization and the Small Farmer, Rome 4-5 May.

López B, L. 1991. Cultivos herbáceos. Cereales 1era. Edición Barcelona, España.

Malavolta, E. (2006). Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronomica Ceres Ltda.

MIDA (2 de octubre 2022), *informe de arroz registra 76 mil hectáreas sembradas en Panamá*. Disponible en: <https://mida.gob.pa/informe-de-arroz-registra-76-mil-hectareas-sembradas-en-panama/?csrt=10979205739648662161>

MOLINA E. 1998. Encalado para la corrección de la acidez del suelo. ACCS. San José, Costa Rica. 45 p.

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

MUNSELL, AH. 2013. Munsell Soil Color Charts: With Genuine Munsell Color Chips. Munsell Color. New York, US. 29 p.

NAME, B; y VILLAREAL, J. 2004. Compendio de los resultados de investigación del programa de suelos del IDIAP: Estudio de suelos Ultisoles y Alfisoles realizados en las estaciones experimentales de Calabacito, Guarumal y Rio Hato. Panamá, PA, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 229 p

Pérez, H.; Rodríguez, I. 2018. Cultivos Tropicales de Importancia Económica en Ecuador. Machala, Ecuador, UTMACH. 45-54 p.

Plan de acción para la competitividad de la cadena de arroz de Panamá: hacia un mecanismo de reconocimiento de la calidad / IICA, MDA – San José, C.R.: IICA, 2009. 79 p.; 23 cm. ISBN13: 978-92-9039-983-4  
<http://repiica.iica.int/docs/B0747e/B0747e.pdf>

Quirós E. *et al.* (2019). IDIAP FL 069-18 Tecnología varietal para los sistemas mecanizados de arroz. Instituto de innovación agropecuaria de Panamá. Disponible en: [https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/IDIAP\\_FL\\_069-18.pdf](https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/IDIAP_FL_069-18.pdf)

Sadeghian, S. ., & Díaz Marín, C. (2020). Corrección de la acidez del suelo: alteraciones químicas del suelo. *Revista Cenicafé*, 71(1), 7-20. <https://doi.org/10.38141/10778/1116> (Original work published 1 de septiembre de 2020)

Soto, B. S. 1991. Estudio de Observación de 20 variedades USA y 7 líneas promisorias nacionales en comparación con dos testigos comerciales de arroz. Managua, Nicaragua. 145 p.

Valdes, E. 2017. Evaluación de las características Hidro-Edáficas que afectan en sistemas de producción de piña en la Zanguenga (Panamá).

Vergara O; Camargo Buitrago I; Henríquez T; Vergara de Caballero E; Mojica de Torres E; Espinosa J; Montenegro S. (28 de septiembre de 2011.) Evaluación sensorial de arroz biofortificado, variedad *IDIAP Santa Cruz 11*, en granjas autosostenibles del Patronato de Nutrición en la Provincia de Coclé, Panamá. *Perspect Nut Hum* vol.13 no.2.

## 8. ANEXOS

### 8.1. Encuestas realizadas

- En la figura 13 podemos observar la respuesta de los agricultores, la cual un 28% respondió que tiene poco conocimiento sobre este sistema, un 28% no tiene idea sobre el tema y un 44% si hay escuchado sobre este sistema.



FIGURA 13: Grafica de la encuesta a productores

(Fuente: El Autor)

- En la figura 14 de los diversos agricultores de la zona que visitamos un 11.5% nos respondió que este sistema no se puede aplicar en la agricultura familiar, en cuanto un 88.5% si cree en este método como para aplicarlo a su producción ya que explicándole de cómo es su manejo, les pareció interesante.

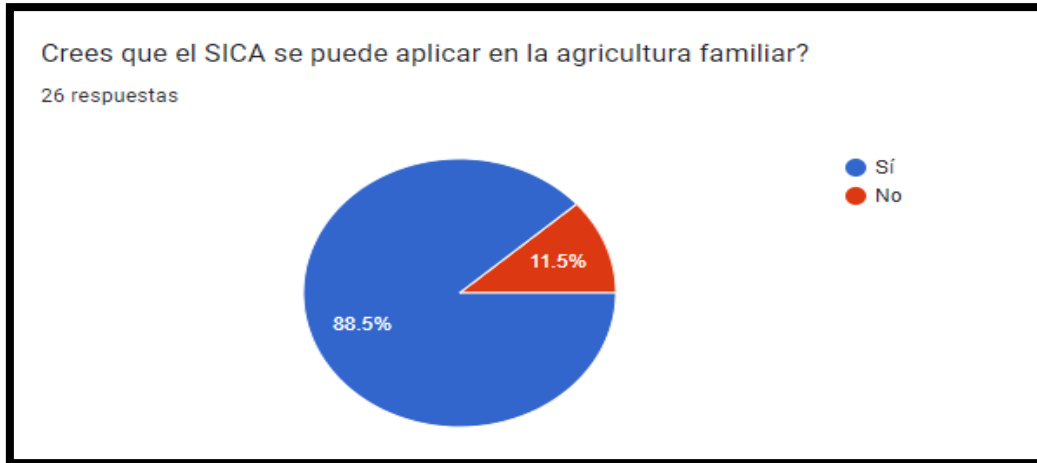


FIGURA 14: Grafica de la encuesta a productores  
(Fuente: El Autor)

- En la figura 15 se observa que un 100% de los productores les interesaría aplicar este sistema en su producción de agricultura familiar, ya que los favorecería en sus cosechas ya que ellos producen de manera de subsistencia y sostenibilidad.

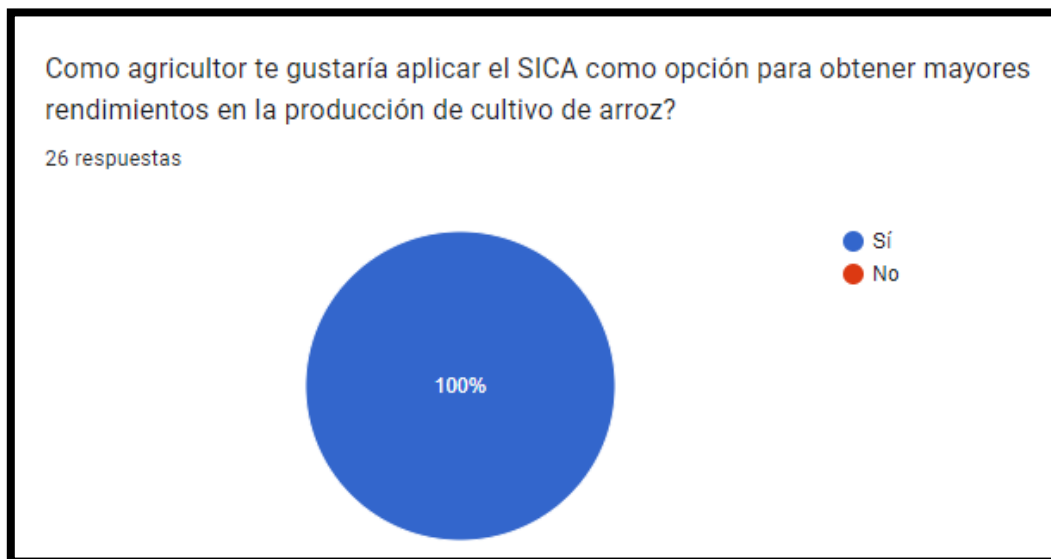


FIGURA 15: grafica encuesta a productores  
(Fuente: El Autor)

CUADRO XVII. COSTO DE DOS SISTEMAS DE SIEMBRA PARA 100 M2. Fuente:

El Autor.

<b>SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ARROZ</b>		
<b>Detalles</b>	<b>SICA</b>	<b>Sistema Convencional</b>
Fertilizantes	51\$	45\$
Riego	169.75\$	
Mano de obra	50\$	100\$
Semilla	70\$	195\$
Siembra	15\$	30\$
Manejo de maleza		51.50\$
Insecticidas		35\$
Fungicidas		30\$
Imprevistos y otros	100\$	100\$
<b>TOTAL</b>	<b>455.75\$</b>	<b>586.50\$</b>

CUADRO XVIII. RESULTADOS DEL USO DE AGUA DE LOS SISTEMAS PARA COMPARAR LA CANTIDAD DE VOLUMEN CONSUMIDO (M<sup>3</sup>). Fuente: El Autor.

<b>Sistemas</b>	<b>Volumen consumido en m<sup>3</sup></b>
Sistema convencional	<b>1117.83</b>
SICA	<b>993.72</b>



FIGURA 15: Preparación de semilleros para sistema convencional con los productores  
(Fuente: Mejía, José)



FIGURA 16: Preparación de semilleros para SICA, con los productores  
(Fuente: García, Mauricio)



FIGURA 17: Cosecha de arroz en el sistema convencional  
(Fuente: El Autor)



FIGURA 18: Cosecha de arroz en el SICA  
(Fuente: El Autor)



FIGURA 19: Preparación de melgas

(Fuente: El Autor)



FIGURA 20: Capacitación con estudiantes del IPT México-Panamá

(Fuente: El Autor)



FIGURA 21: Capacitación con productores  
(Fuente: Causadias, José)



FIGURA 22: Capacitación con productores y siembra de arroz  
(Fuente: García, Mauricio)



FIGURA 23: Insumos utilizados para la elaboración de insecticidas orgánico  
(Fuente: El Autor)



FIGURA 24: Bioinsecticidas NEEM+BALO  
(Fuente: Mejía, José)



FIGURA 25: conteo de mil granos  
(Fuente: Ávila, Carlos)



FIGURA 26: Desmalezador manual  
(Fuente: Ávila, Carlos)



FIGURA 27: siembra al voleo de sistema convencional  
(Fuente: El Autor)